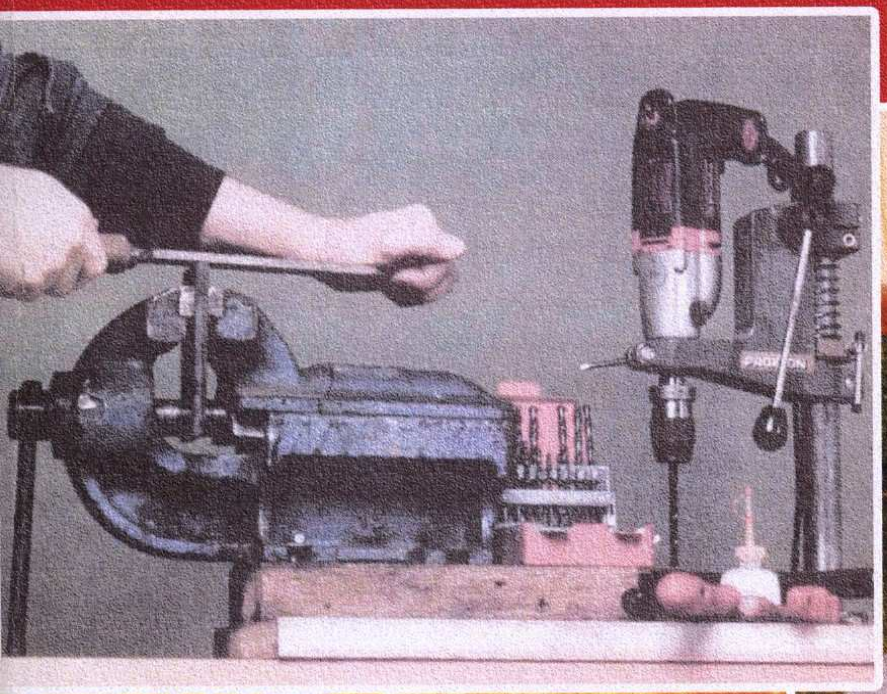
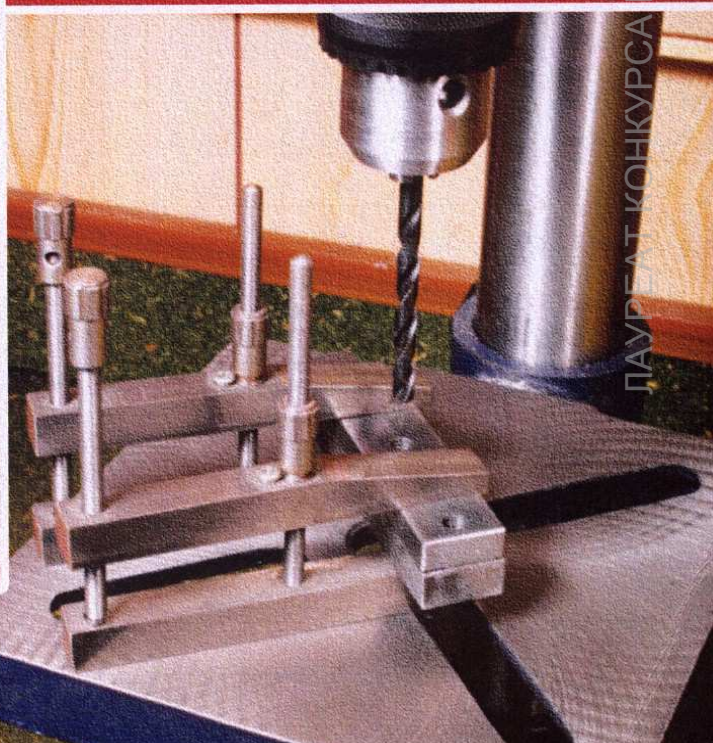
СЛЕСАРНОЕ ДЕЛО





ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ" - 2016 г. WWW.ENKOR.RU

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Слесарное дело

Под общей редакцией
М.И. Чеботарева

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по агроинженерному образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений по следующим образовательным программам:

110800 — «Агроинженерия» по профилям: «Технические системы в агробизнесе» и «Технический сервис в агропромышленном комплексе» (бакалавриат, магистратура), «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

190600 — «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» по профилю «Автомобили и автомобильное хозяйство» (бакалавриат).

190109 — «Наземные транспортно-технологические средства» (специалитет).

140400 — «Электроэнергетика и электротехника».

К р а с н о д а р

2013

УДК 683.3(075)
ББК 34.68
С47

Рецензенты:

В. П. Артемьев — заведующий кафедрой материаловедения, доктор технических наук, профессор (Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар);

Е.И. Виневский — заведующий лабораторией машинных агропромышленных технологий, доктор технических наук, профессор (ГНУ ВНИИТТИ Россельхозакадемии, г. Краснодар).

Авторский коллектив: Н. И. Богатырев, В. Л. Лихачев, Б. Ф. Тарасенко, М. И. Чеботарев

С47 Слесарное дело: учебное пособие для вузов I Н. И. Богатырев и др.; под. ред. М. И. Чеботарев. — Краснодар: КубГАУ, 2013. — 712 с.
ISBN 978-5-94672-630-6

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров и магистров направления 110800 — «Агроинженерия» по профилям «Технические системы в агробизнесе» и «Технический сервис в агропромышленном комплексе» (бакалавриат, магистратура), 190600 — «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» по профилю «Автомобили и автомобильное хозяйство» (бакалавриат), 190109 — «Наземные транспортно-технологические средства» (специалитет); 140400 — «Электроэнергетика и электротехника».

В современных условиях необходимы, специалисты, обладающие высоким уровнем профессиональной подготовки, надежными и глубокими знаниями и хорошей практической подготовкой для выполнения специальных видов работ, связанных с безотказной работой машин и оборудования. В системе двух- уровневой подготовки кадров высшей квалификации для сельского хозяйства заложены возможности реализации данных требований. Особое место при этом, отведено качественному проведению учебных и производственных практик. При их организации и проведении существенная роль отводится приобретению навыков в ремонтно-слесарном и сварочном деле, без которых практически невозможно выполнение ремонтно-экс-плуатационных работ современных технических систем.

Учебное пособие направлено на получение обучающимися по программам подготовки бакалавров и магистров глубоких знаний и профессиональных навыков в ремонтно-слесарном деле. Оно будет также полезно при подготовке кадров массовых профессий механизаторов, слесарей-ремонтников, электро-слесарей, сварщиков; переподготовке специалистов среднего звена.

УДК 683.3(075)
ББК 34.68

© Н.И. Богатырев, В.Л. Лихачев,
Б.Ф. Тарасенко, М.И. Чеботарев 2013
© ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет», 2013

ISBN 978-5-94672-630-6

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Введение 5
1. Общие сведения о ремонтно-слесарном и сварочном деле. 6
1.1. Слесарные и сварочные работы в агропромышленном производстве 6
1.2. Организация слесарно-монтажных работ 7
1.3. Организация сварочных работ 10
1.3. Материалы применяемые в ремонтно-слесарном и сварочном производствах 13
1.3.1. Строение и свойства металлов и сплавов 13
1.3.2. Черные металлы 28
1.3.3. Цветные металлы и сплавы 52
1.3.4. Термическая обработка металлов и сплавов 54
1.3.5. Порошковые металлические материалы 100
1.3.6. Неметаллические материалы 103
2. Ремонтно-слесарное производство 119
2.1. Организация ремонтно-слесарных работ 119
2.2. Рабочее место слесаря 123
2.2.1. Слесарный верстак 123
1.2.2. Тиски 124
2.3. Слесарный и контрольно измерительный инструмент слесаря-ремонтника 129
2.3.1. Рабочий инструмент слесаря 129
2.3.2. Контрольно-измерительный инструмент слесаря 141
2.4. Общий контроль качества ремонтно-слесарных работ 176
2.4.1. Особенности контроля ремонтно-слесарных работ 176
2.4.2. Точность обработки, допуски и посадки 178
2.4.3. Шероховатость поверхности 206
3. Приемы выполнения слесарных работ 215
3.1. Слесарная обработка 215
3.2. Разметка плоских поверхностей 215
3.2.1. Безопасность труда при разметке 215
3.2.2. Инструмент и приспособления для разметки 217
3.2.3. Подготовка поверхности к разметке 234
3.2.4. Выполнение разметки 236
3.2.5. Заточка разметочного инструмента 267
3.2.6. Брак при плоскостной разметке и меры его предупреждения 268
3.3. Резка металла 269
3.3.1. Безопасность труда при резке металла 269
3.3.2. Оборудование и инструменты применяемые для резки металла 270
3.3.3. Ручная резка металла 293
3.3.4. Механическая резка металла 303
3.3. Рубка металла 314
3.3.1. Безопасность труда при рубке металла 314
3.3.2. Инструмент, применяемый для рубки металла 315
3.3.3. Приемы рубки металла 321
3.3.4. Контроль качества рубки 332
3.4. Гибка и правка металла 333
3.4.1. Безопасность труда при правке и гибке металла 333
3.4.2. Приемы гибки металла. 333
3.4.3. Жестяницкие работы 352
3.4.4. Приемы правки металла 382
3.4.5. Контроль качества при гибке и правке металла 389
3.5. Опиливание металла 391
3.5.1. Безопасность труда при опиливании металла 391
3.5.2. Инструменты, применяемые при опиливании металла 392

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

3.5.3. Приемы и способы опиливания 408
3.5.4. Контроль качества опиливания 440
3.6. Абразивная обработка металла 444
3.6.1. Безопасность труда при абразивной обработке 444
3.6.2. Оборудование и инструмент, применяемые при абразивной обработке 447
3.6.3. Механическое опиливание 487
3.6.4. Контроль качества абразивной обработки 495
3.7. Сверление, зенкерование, зенкование и развертывание 498
3.7.1. Безопасность труда при устройстве отверстий 498
3.7.2. Инструмент и оборудование, применяемые при изготовлений отверстий 500
3.7.3. Приемы сверления, зенкерования, зенкования и развертывания отверстий 521
3.7.4. Заточка инструмента 557
3.7.5. Контроль качества сверлильных работ 565
3.8. Нарезание резьбы 569
3.8.1. Безопасность труда при нарезании резьбы 569
3.8.2. Общее понятие о резьбе и ее элементах 570
3.8.3. Оборудование и инструмент, применяемый при нарезании резьбы 596
3.8.4. Приемы и способы нарезания резьбы 604
2.8.5. Контроль качества изготовленной резьбы 621
3.9. Клепка соединений 624
3.9.1. Безопасность труда при клепке 624
3.9.2. Инструмент для клепки 625
3.9.3. Приемы и способы клепки 627
3.9.4. Контроль качества клепки 641
3.10. Шабрение, притирка, доводка 643
3.10.1. Безопасность труда при шабрении, притирке и доводке 643
3.10.2 Инструмент, применяемый при шабрении, притирке и доводке 644
3.10.3. Приемы и способы шабрения, притирки и доводки 647
3.10.4. Контроль качества шабрения, притирки и доводки 665
4. Кузнечные работы 667
4.1. Безопасность при выполнении кузнечных работ 667
4.2. Организация ремонтно-кузнечных работ 669
4.3. Инструмент и оборудование применяемое при ковке металла 670
4.4. Ковка металла 681
4.4.1. Нагрев металла 681
4.4.2. Течение металла при ковке 686
4.4.3. Кузнечные операции 687
4.5. Контроль качества ковки 708
Список литературы 710

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Введение

Современное сельское хозяйство характеризуется высоким уровнем механизации и электрификации технологических процессов, выполняемых в процессе производства продуктов питания для человека и технологического сырья для промышленности. Доля ручного труда в сельскохозяйственных технологиях в настоящее время достаточно мала и, как считают специалисты, не превышает 3-5%.

Существенно изменился и технический уровень машин и оборудования. Это, как правило, сложные технические и технологические системы, насыщенные средствами автоматического управления и контроля за работой узлов и механизмов, обеспечивающее высокие производительность и качество выполняемых технологических операций.

Для поддержания таких технических систем в работоспособном состоянии, обеспечения их высокой эксплуатационной надежности и долговечности необходимы, специалисты, обладающие высоким уровнем профессиональной подготовки, надежными и глубокими знаниями и хорошей практической подготовкой для выполнения специальных видов работ, связанных с безотказной работой машин и оборудования.

В системе двухуровневой подготовки кадров высшей квалификации для сельского хозяйства заложены возможности реализации данных требований. Особое место при этом, отведено качественному проведению учебных и производственных практик, без чего не может сформироваться высококлассный бакалавр или высокообразованный магистр.

При их организации и проведении существенная роль отводится приобретению навыков в ремонтно-слесарном и сварочном деле, без которых практически невозможно выполнение ремонтно-эксплуатационных работ современных технических систем.

Настоящее учебное пособие направлено на получение обучающимися по программам подготовки бакалавров и магистров глубоких знаний и профессиональных навыков в ремонтно-слесарном и сварочном деле.

Оно будет также полезно при подготовке кадров массовых профессий механизаторов, слесарей-ремонтников, электрослесарей, сварщиков; переподготовке специалистов среднего звена.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

1 Общие сведения о ремонтно-слесарном и сварочном деле

1.1 Слесарные и сварочные работы в агропромышленном производстве

Дальнейший подъем сельскохозяйственного производства предусматривает его комплексную механизацию, более полное использование достижений науки, техники и передового опыта.

Качественный ремонт сельскохозяйственной техники обеспечивает надежную и безотказную эксплуатацию машин, что во многом способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. От качества ремонта зависит своевременность полевых работ, проведение их в агротехнические сроки.

В основе повышения производительности труда при ремонте сельскохозяйственной техники, улучшения качества и снижения себестоимости ремонтных работ лежат механизация различных трудоемких работ, постоянное совершенствование технологии разборки, мойки, дефектовки и сборки узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин, прогрессивные способы восстановления деталей.

Ремонт сельскохозяйственной техники, которая развивается необычайно быстрыми темпами – это такая область деятельности, где еще имеются огромные резервы для совершенствования технологических процессов ремонта применяемых инструментов и оборудования, что открывает большие возможности для творчества перед инженерно-техническими работниками и рабочими ремонтниками.

Слесарь – одна из наиболее распространенных рабочих профессий. Нет такой отрасли народного хозяйства, которая бы обходилась без слесарей. Но ни в какой отрасли не может быть такого разнообразия машин, деталей и материалов, таких многочисленных, не похожих один на другой технологических процессов и приемов, с какими приходится встречаться в процессе работы слесарю, занятому ремонтом сельскохозяйственной техники.

В последнее время в системе АПК растет потребность в рабочих, которые владеют профессиями широкого профиля и имеют высокую квалификацию. Это, в частности, слесарь механосборочных работ, слесарь-ремонтник и слесарь-инструментальщик.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Переход агропромышленного комплекса России на ведение хозяйства в рыночных условиях при частной собственности на землю и средства сельскохозяйственного производства сопровождается значительным уменьшением машинотракторного парка сельскохозяйственных предприятий, что ведет к увеличению удельной нагрузки на технику и, как следствие – к ее повышенному износу. В этих условиях проблема ремонта сельскохозяйственной техники вообще и с применением электродуговых технологий, включающих сварочные и (или) наплавочные работы в частности, становится особенно острой.

В настоящее время в качестве источников питания оборудования для электродуговой сварки и наплавки в ремонтном производстве используются преимущественно двухфазные сварочные трансформаторы и трехфазные сварочные выпрямители разработки 60-70-х годов прошлого века, энергетические характеристики и сварочные свойства которых существенно уступают современным аналогам.

Применение устаревшего оборудования приводит к снижению качества восстановительных и ремонтных работ, завышению уровня энергопотребления и, в конечном итоге – к увеличению затрат на ремонт сельскохозяйственной техники. Сложившаяся ситуация дополнительно усугубляется особенностями построения и современного состояния сельских электрических сетей, которые из-за своей большой протяженности и, как правило, недостаточной пропускной способности оказываются очень чувствительными к такой специфической нагрузке, как электродуговая сварка и наплавка.

Следует также отметить, что, в большинстве регионов имеется значительный (более 60%) дефицит генерирующих мощностей и, возникающие по этой причине, частые ограничения электропотребления вынуждают многих сельскохозяйственных производителей приобретать автономные источники питания. Обычно это бензиновые или дизельные электростанции мощностью от 5 до 200 кВт. При этом устаревшее электросварочное оборудование часто оказывается соизмеримым по мощности с данными источниками, что приводит к недопустимым искажениям кривой напряжения этих источников и ограничивает их потенциальные возможности по электроснабжению других потребителей.

Решение задач своевременного и качественного ремонта приобретает тем большее значение, чем больше сельское хозяйство оснащается энергонасыщенной техникой. Все это усложняет решение технических задач при ремонте и повышает ответственность ремонтной службы хозяйства за техническую готовность и безотказность машин. Несмотря на то, что значительный объем сложных видов ремонта и технических обслуживаний выполняется на ремонтных предприятиях, большую же часть (75% и более) работ производится в ремонтно-обслуживающей базе хозяйства, включая такие виды ремонта, как текущий ремонт и сезонные виды технических обслуживаний.

Переход на новые формы хозяйствования требует разумного подхода к имеющейся ремонтной базе, а, следовательно, и к способам поддержания техники в высокой работоспособности. Для этого в хозяйстве целесообразно иметь мастерскую, оснащённую прогрессивным технологическим оборудованием, участками по восстановлению изношенных деталей, где должны работать квалифицированные кадры. На данном этапе развития сельского хозяйства, когда все сложные ремонты хозяйство пытается проводить самостоятельно, потребуются участки, оборудование которых отвечало бы всем требованиям восстановительных работ. Необходимо также подготовить рабочих для работы на этих участках.

1.2 Организация слесарно-монтажных работ

АПК страны располагает развитой системой ремонтно-обслуживающих предприятий и заводов, центральных ремонтных мастерских хозяйств и пунктов технического обслуживания машин. Но обеспеченность аграриев центральными ремонтными мастерскими и пунктами технического обслуживания в наше время составляет лишь менее 60%. И даже имеющиеся в настоящее время мастерские не отвечают требованиям для проведения качественного ремонта и технического обслуживания.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Одной из таких причин является, как правило, отсутствие в сельхозпредприятиях малого и среднего бизнеса материальной базы и низкая оснащенность ЦРМ в крупных акционерных обществах современными квалифицированными инженерными кадрами и оборудованием. Но, для успешного выполнения производственных задач недостаточно располагать современными оборудованием, механизмами, приспособлениями, инструментами и квалифицированными рабочими – нужно соответствующим образом организовать труд. Решению этих задач и способствует научная организация труда.

Организация труда включает в себя такие элементы, как оборудование мастерских, организация рабочих мест (планировка, освещение) и трудового процесса (рабочая поза, рабочие движения и их элементы), разработка режима труда (темп, ритм), создание оптимальных санитарно-гигиенических (микроклимат, шум, вибрации, освещенность, личная гигиена) и эстетических (цвет окраски, одежда, музыка) условий труда, противопожарные мероприятия и обеспечение безопасности труда.

Окружающая рабочего изо дня в день производственная обстановка оказывает на него и его работу большое влияние. Она может вызвать подъем настроения, активность, желание лучше и больше работать или, наоборот, равнодушие, безразличие и даже уныние, пассивность и нежелание трудиться. Следовательно, нельзя недооценивать производственную обстановку, необходимо правильно использовать этот резерв улучшения качества работы и повышения производительности труда.

В ремонтных мастерских АПК могут работать работники ряда профессий разной квалификации: слесари, кузнецы, жестянщики, механики по ремонту автомобилей и сельскохозяйственной техники, электромеханики, сварщики, токари, фрезеровщики и др.

Процесс обработки или сборки деталей машин состоит из отдельных операций, строго определенных технологическим процессом ремонта и выполняемых в заданной последовательности. При этом под *операцией* понимается законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Отдельные операции отличаются характером и объемом выполняемых работ, используемым инструментом, приспособлением и оборудованием.

При выполнении слесарных работ операции подразделяются на следующие виды: *подготовительные* (связанные с подготовкой к работе), *основные* технологические (связанные с обработкой, сборкой или ремонтом), *вспомогательные* (демонтажные и монтажные).

К *подготовительным операциям* относятся: ознакомление с технической и технологической документацией, подбор соответствующего материала, подготовка рабочего места и инструментов, необходимых для выполнения операции.

Основными операциями являются: отрезание заготовки, резание, опиливание, сверление, развертывание, нарезание резьбы, шабрение, шлифование, притирка, полирование и др.

К *вспомогательным операциям* относятся: разметка, кернение, измерение, закрепление обрабатываемой детали в приспособлении или слесарных тисках, правка, гибка материала, клепка, туширование, пайка, склеивание, лужение, сварка, пластическая и тепловая обработки.

При демонтаже к *основным* относятся все операции, связанные с разборкой (с помощью ручного или механизированного инструмента) машины или агрегата на комплекты, сборочные единицы и детали.

В монтажные операции, относятся также к основным, входят сборка деталей, сборочных единиц, комплектов, агрегатов и сборка из них машин или механизмов. Кроме сборочных работ монтажные операции включают контроль соответствия основных монтажных размеров технической документации и требованиям технического контроля, а в отдельных случаях – изготовление и подгонку деталей. К монтажным операциям относится также регулировка собранных сборочных единиц, комплектов и агрегатов, а также всей машины в целом.

Слесарные работы различных видов объединяет единая технология выполнения основных и вспомогательных операций.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рабочее место слесаря может находиться как на закрытой, так и на открытой площадке в соответствии с планировкой производственного помещения и технологией производственного процесса.

Площадь рабочего места слесаря зависит от характера и объема выполняемой работы. На промышленных предприятиях рабочее место слесаря может занимать 4–8 м^2, в мастерских АПК – не менее 2 м^2.

Рабочее место слесаря в закрытом помещении, как правило, постоянное, рис. 1.1. Рабочее место вне помещения может перемещаться в зависимости от производственной обстановки и климатических условий.

Для повышения качества ремонта слесарно-монтажных работ и снижения его стоимости большое значение имеет правильная организация рабочего места слесаря. Рабочее место слесаря-ремонтника – это не только слесарный верстак или стенд, на котором он работает, но и вся зона рядом, в которой располагается вспомогательное оборудование, приспособления и материалы, используемые при работе. Рабочее место должно быть удобным и иметь размеры, достаточные для размещения верстака с тисками, стеллажа для хранения деталей, шкафа для инструмента, стола для разборочно-сборочных работ, хорошее освещение и защитные устройства, обеспечивающие безопасность работы. Оно должно содержаться в чистоте и порядке, не захламляться, на нем должны находиться только те предметы, которые нужны для выполнения текущего задания.

На рис. 1.1 приведен пример компоновки слесарно-монтажного участка.

Рабочее место слесаря-сборщика или слесаря по ремонту оборудования может размещаться на сборочном участке.

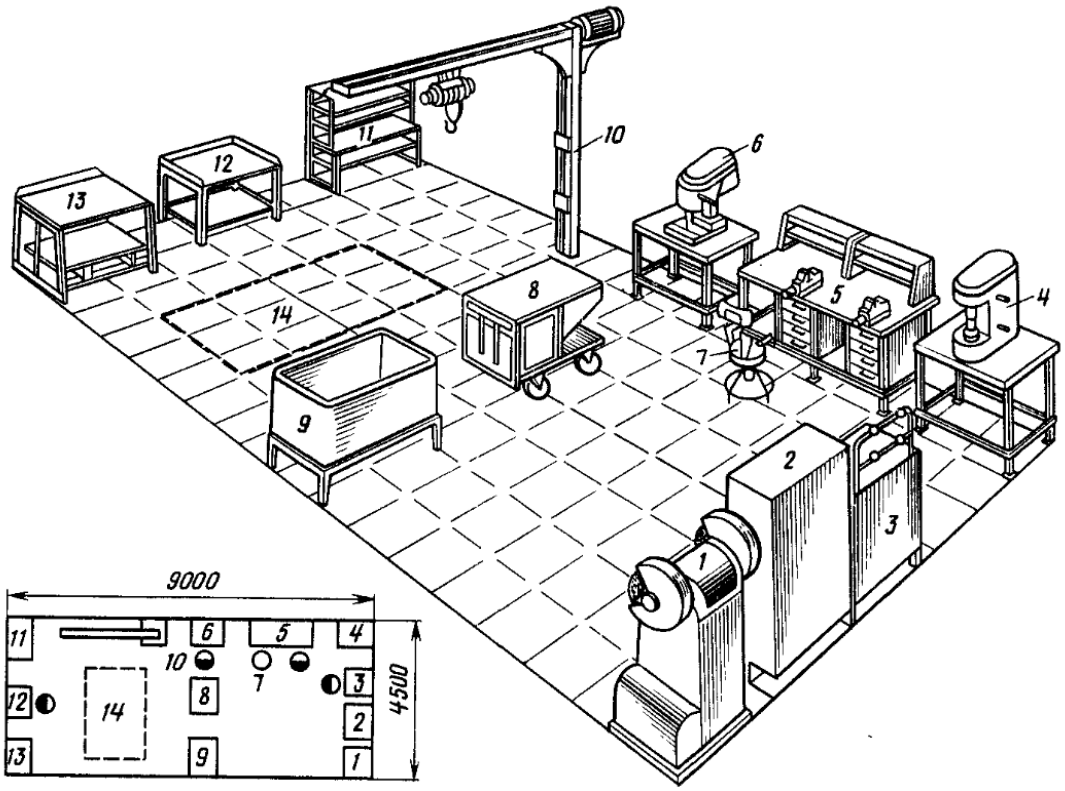


Рис. 1.1. Пример компоновки слесарно-монтажного участка *1* – заточной станок; *2* – инструментальный шкаф; *3* – тумбочка бригадира; *4* – настольный пресс; *5* – стационарный верстак; *6* – сверлильный станок; *7* – стул; *8* – передвижной верстак; *9* – ванна для мойки деталей; *10* – консольный кран; *11* – стеллаж для материалов и запасных частей; *12* – монтажный стол; *13* – приемный столик; *14* – ремонтная площадка

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Помимо основного рабочего места (за верстаком) у слесаря могут быть вспомогательные рабочие места, например, у разметочной, притирочной или контрольной плит, сверлильного станка, механической пилы, ручного пресса, плиты для правки и т.д.

Вспомогательное рабочее место становится основным, если работа имеет специальный характер, например, рабочее место у сверлильного станка, который обслуживает слесарь-сверловщик, рабочее место у притирочной плиты, за которой работает слесарь-притирщик, и т.д.

В слесарных мастерских располагается оборудование индивидуального и общего пользования. К оборудованию индивидуального пользования относятся верстаки с тисками. К оборудованию общего пользования относятся: сверлильные и простые заточные станки (точильно-шлифовальные); опиловочно-зачистные станки; поверочные и разметочные плиты; винтовой и гидропресс; ножовочный станок; рычажные ножницы; плиты для правки и др.

Слесарный участок должен быть оборудован верстаками, укомплектованными тисками, ручными и механическими сверлильными станками, станками для заточки инструмента, механическими пилами, рычажными ножницами, плитами для правки и притирки, разметочной плитой, переносными электрическими шлифовальными машинками, станками и инструментом для пайки, печью для термической обработки, ванной для охлаждения деталей, подвергнутых термической обработке, средствами механизации подъемных и транспортных работ, стеллажами и тарой для деталей, емкостями для отходов, инструментальной кладовой.

Кроме того, слесарный участок может быть оборудован пневматическими зубилами и молотками, прессами для штамповки и правки, оборудованием для нанесения покрытий, домкратами, компрессорами, станками, кранами, оборудованием для газовой и электрической сварки.

На слесарно-монтажном участке занимаются изготовлением отдельных деталей, вышедших из строя: втулок, болтов, гаек, шпилек, зубьев борон, расточкой тормозных барабанов автомобилей и расточек накладок на заданный размер, также и других несложных деталей.

1.3 Организация сварочных работ

Сварочные работы, как правило, должны проводиться в специально предназначенных для этого помещениях на участках сварки (наплавки), которые относятся к категории тепловых.

Согласно противопожарным требованиям огнеопасные участки (сварочный, кузнечный и др.) рекомендуется располагать группами у наружных стен и изолировать от других помещений огнестойкими стенами.

Сварку и наплавку крупногабаритных деталей (деталей рам, балок передних осей), требующих применения стендов, целесообразно выполнять на отдельных рабочих местах, сварку деталей кузовов и кабин – на участках их ремонта и сборки.

В сварочном участке основной проход принимают шириной не менее трех метров, расстояние между верстаками – 15 м. Ширина оконных проемов – 1,2 м, дверей – 1,2-1,5 м.

Для защиты рабочих от лучистой энергии сварочных дуг на постоянных местах электродуговой ручной сварки (наплавки) для каждого сварщика должна быть оборудована отдельная кабина (рис. 1.2) размером от 2х2 до 2х3 м (не считая площади, занятой оборудованием) и высотой 1,8-2 м. Для лучшей вентиляции кабины стены ее не доводят до пола на 15-20 см. Материалом для стен кабины может быть тонкое железо или другие огнестойкие материалы. Каркас кабины собирается из стальных труб или уголковой стали. Чтобы лучистая энергия сварочной дуги не попадала в остальную часть помещения, дверной проем кабины обычно закрывают брезентовым занавесом на кольцах. Для уменьшения поглощения световой энергии стенками кабины их окрашивают в светлые матовые тона. Окраска сварочных цехов и особенно сварочных кабин в темные тона не рекомендуется из-за ухудшения общей освещенности при перерывах в сварке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

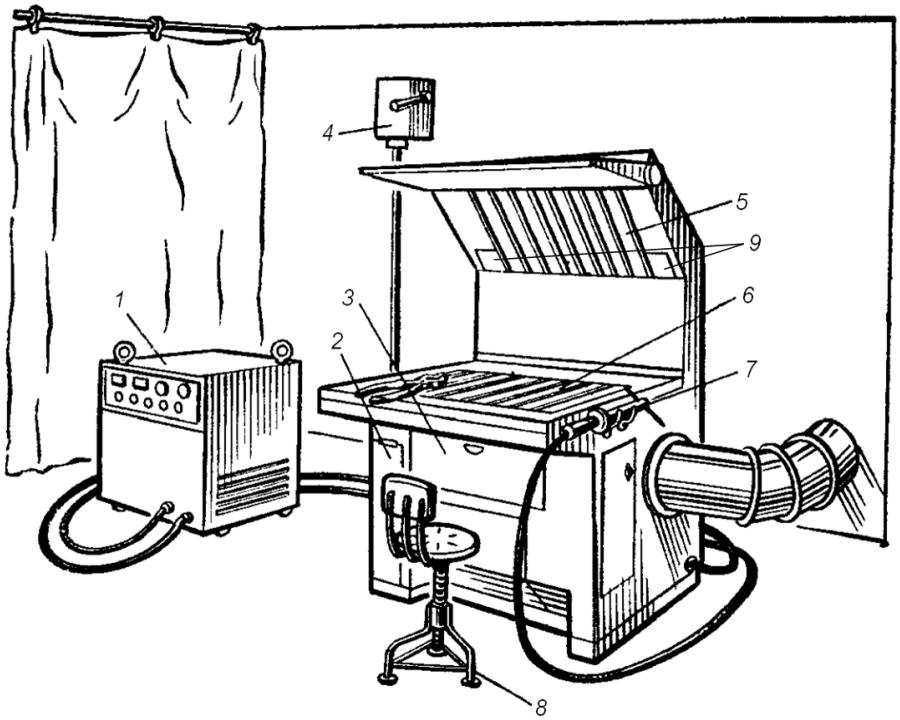


Рис. 1.2. Стационарный сварочный пост ручной дуговой сварки: *1* – источник сварочного тока, *2* – ящик для электродов, *3* – ящик для инструмента, *4* – рубильник, *5* – наклонная вытяжная панель, *6* – нижняя вытяжная панель, *7* – электрододержатель, *8* – стул сварщика; *9* – светильники

Полы в кабине должны быть кирпичными, цементными, бетонными или из другого огнестойкого материала. Места сварочных работ должны быть достаточно хорошо освещены дневным или электрическим светом. Однако даже правильно подобранное естественное или искусственное освещение может быть недостаточным, если уход за окнами, световыми фонарями и светильниками будет плохим, а потолки и стены грязными. Стекла в окнах и светильниках искусственного освещения сварочных помещений необходимо очищать не реже четырех раз в год, а помещения красить не реже одного раза в год.

Искусственное освещение сварочных цехов и кабин должно быть комбинированным – из общего и местного освещения. Освещенность рабочих мест – не менее 80-100 лк.

Сварочные машины следует располагать или в кабине или вне ее. Наличие сварочных машин в кабине удобно для регулирования сварочного тока, уменьшает количество электропроводов от машин к рабочему месту, но стесняет сварщика и ухудшает условия труда. Сварочные трансформаторы ставят обычно в кабинах, так как они занимают мало места. При выполнении сварочных работ в сборочном цехе сварочные трансформаторы могут устанавливаться как в отдельных помещениях, так и в цехе вблизи рабочего места.

Стационарное сварочное оборудование в цехе ограждают сеткой или барьером. Проходы между оборудованием и стенками делают шириной не менее 1 м. Свободная площадь в кабине для сварщика должна составлять 3-4 м^2.

На рабочем месте сварщика следует устанавливать стеллажи для складирования деталей, требующих ремонта. На стеллажах вывешивают или делают надписи яркой несмываемой краской с указанием допустимой грузоподъемности стеллажа.

Для сварки и наплавки деталей на рабочем месте устанавливают столы с размером рабочей поверхности 700х900 мм и высотой 800-900 мм (большую высоту имеет стол газосварщика).

В зависимости от габаритных размеров свариваемых изделий неподвижные сварочные столы для работы сидя делают высотой не более 500-700 мм, свариваемые изделия устанавливаются на таком столе в удобном для сварки положении. Целесообразно применять столы-манипуляторы, снабженные винтовыми подъемными и поворотными механизмами, позволяющими ставить свариваемое изделие в нужное положение.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При массовой сварке однотипных деталей вместо сварочного стола используют поворотный кондуктор, в котором изделия собираются и свариваются. Применение кондукторов облегчает работу сборщиков и сварщиков, ускоряет производственный процесс, улучшает качество работы и делает ее более безопасной.

При сварке мелких разнотипных изделий применяют специальные сварочные столы. Крышку стола делают из чугуна толщиной 20-25 мм и в ней устанавливают поворотный круг такой же толщины. Круг поворачивается с помощью механизма, приводимого в действие ногой сварщика. Сбоку стола смонтирован ящик для хранения инструмента и приспособлений. У одной ножки стола имеется зажимное приспособление для крепления обратного провода.

Устройство для подвешивания электрододержателя исключает возможность замыкания электрической цепи через стол. Местное освещение стола осуществляется светильником 9, смонтированными на наклонной панели вытяжной камеры 5, рис. 1.2.

На столе газосварщика предусмотрены скобы для установки горелки в безопасное положение (при кратковременных прекращениях работы). На столе справа от сварщика находится ванна с водой для охлаждения сварочной горелки.

Стол газосварщика отличается от стола электросварщика отсутствием наклонной панели 5 (рис. 1.2) с вентиляционным отсосом.

Рабочие места сварщиков, когда можно работать сидя, должны быть укомплектованы стульями на четырех опорах с мягкими спинкой и сиденьем, регулируемым по высоте. Рабочее место должно быть обеспечено приспособлениями для сварки деталей (упоры, зажимы, стяжки, распоры и т.п.).

Сварщик на стационарном сварочном посту должен работать сидя.

На рабочем месте газосварщика постоянного сварочного поста должны быть, кроме сварочного стола, ответвления от кислородного и ацетиленового трубопроводов для присоединения шлангов горелки. Кроме того, на рабочем месте нужно иметь ящик для хранения сварочной проволоки нужной длины.

Детали, подлежащие сварке или наплавке, необходимо хранить на стеллажах, а горячие, остывающие детали – на отведенной для этого площадке.

Вентиляция поста может быть общей и местной. Общая вентиляция должна быть приточно-вытяжной. Однако на постоянных рабочих местах она недостаточно эффективна, поэтому в сварочных цехах общая вытяжная вентиляция должна лишь дополнять местную.

Кабина должна вентилироваться местным отсосом. Если свариваемые детали имеют большую протяженность швов, можно устраивать вентиляционные отсосы гибкими рукавами. Их передвижение в процессе сварки согласуется с движением сварочной дуги по детали. На рабочем месте устанавливается ящик с набором электродов, а также ящик для огарков.

Вентиляцию следует оборудовать с расчетом, что вытяжная вентиляция при дуговой сварке должна удалять на 1 кг расходуемых электродов 1200-2000 м^3/ч загрязненного воздуха.

К сожалению, вытяжные зонты и кабины с верхней вытяжкой, которыми часто оборудуются электросварочные посты, не всегда оправдывают свое назначение, так как загрязненный воздух в этом случае проходит через зону дыхания сварщика.

Радикальными местными вентиляционными устройствами, отклоняющими сварочный поток от лица рабочего и удаляющими загрязненный воздух, являются вытяжные панели, рис. 1.3.

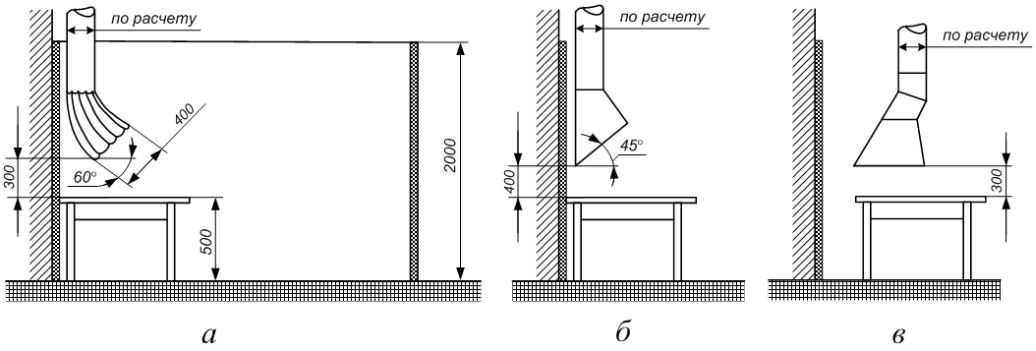


Рис. 1.3. Схемы местной вентиляции: *а* – при сварке малых изделий; *б* – при сварке средних изделий; *в* – поворотная, для перемены места отсоса

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

1.3 Материалы применяемые в ремонтно-слесарном и сварочном производствах

1.3.1 Строение и свойства металлов и сплавов

К машиностроительным материалам относятся металлы и их сплавы, а также древесина, пластмассы, резина, картон, бумага, стекло и др. Наибольшее применение в качестве машиностроительных материалов получили металлы и их сплавы.

Металлами называют вещества, обладающие высокой электропроводностью, теплопроводностью, пластичностью и своеобразным металлическим блеском и другими характерными свойствами.

Указанными свойствами обладают не только чистые металлы, но и сложные вещества, являющиеся сочетанием неметаллов, карбидов, оксидов и двух и более металлов, называемые металлическими сплавами, которые в широком смысле также относят к металлам, так как эти однородные системы сохраняют металлические свойства. В настоящее время в технике используются более десяти тысяч различных сплавов металлов.

В мировой практике сложилось деление металлов на две большие группы – черные и цветные. К черным металлам относятся железо и сплавы на его основе – чугуны, стали, ферросплавы, к цветным металлам – все остальные (Си, Al, Mg, Pb, Zn, Sn, Ti, Cr, Ni, Mo, Co и т.д.). На долю черных металлов приходится около 90% всей металлопродукции. Наибольшее распространение из цветных металлов получил алюминий.

Для того чтобы правильно выбрать материал для изготовления или восстановления деталей машин с учетом условий их эксплуатации, механических нагрузок и других факторов, влияющих на работоспособность и надежность машин, необходимо знать строение, физико-химические, механические и технологические свойства металлов.

В зависимости от условий окружающей среды (температуры и давления) металлы и сплавы могут находиться в разных агрегатных состояниях (твердом, жидком, газообразном, плазменном), которые различаются степенью закономерности расположения частиц вещества, величиной и природой сил, действующих между частицами, характером движения самих частиц.

В *твердом агрегатном состоянии* металлы имеют *кристаллическое строение*, когда атомы вещества расположены в пространстве закономерно, в строго определенном порядке и образуют *пространственную кристаллическую решетку*.

В частности, кристаллическое строение металлов характеризуется тем, что их атомы образуют пространственную кристаллическую решетку, состоящую из элементарных кристаллических ячеек, расположенных регулярно в трехмерном пространстве.

Наименьший комплекс атомов, который при многократном повторении в пространстве воспроизводит решетку, называется *элементарной кристаллической ячейкой*.

Для большинства металлов характерны следующие типы кристаллических решеток:

- объемно-центрированная кубическая (ОЦК);
- гранецентрированная кубическая (ГЦК);
- гексагональная плотноупакованная (ГПУ).

Основные типы кристаллических решеток представлены на рис. 1.4. В объемно-центрированной кубической решетке (рис. 1.4, *а*) восемь атомов располагаются по вершинам и один в центре куба, на пересечении диагоналей. ОЦК решетку имеют кристаллы железа при комнатной температуре, хрома, вольфрама, молибдена, ванадия и др. Эта решетка характеризуется всего одним параметром решетки – расстоянием между центрами двух ионов, расположенных по одному ребру, обозначенным на рисунке *а*.

Многие металлы, используемые в технике, имеют гранецентрированную кубическую решетку, рис. 1.4, *б*. В элементарной решетке гранецентрированного куба атомы располо-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

жены по вершинам куба и в центре каждой грани (на пересечении ее диагоналей), т.е. ГЦК содержит 8 атомов в углах куба и 6 атомов в центрах граней, каждый из которых принадлежит двум элементарным ячейкам, при этом центр куба остается свободным. Такую кристаллическую решетку имеют кристаллы меди, никеля, алюминия, свинца, серебра и др. гранецентрированная решетка также характеризуется одним параметром – длиной ребра куба *a*.

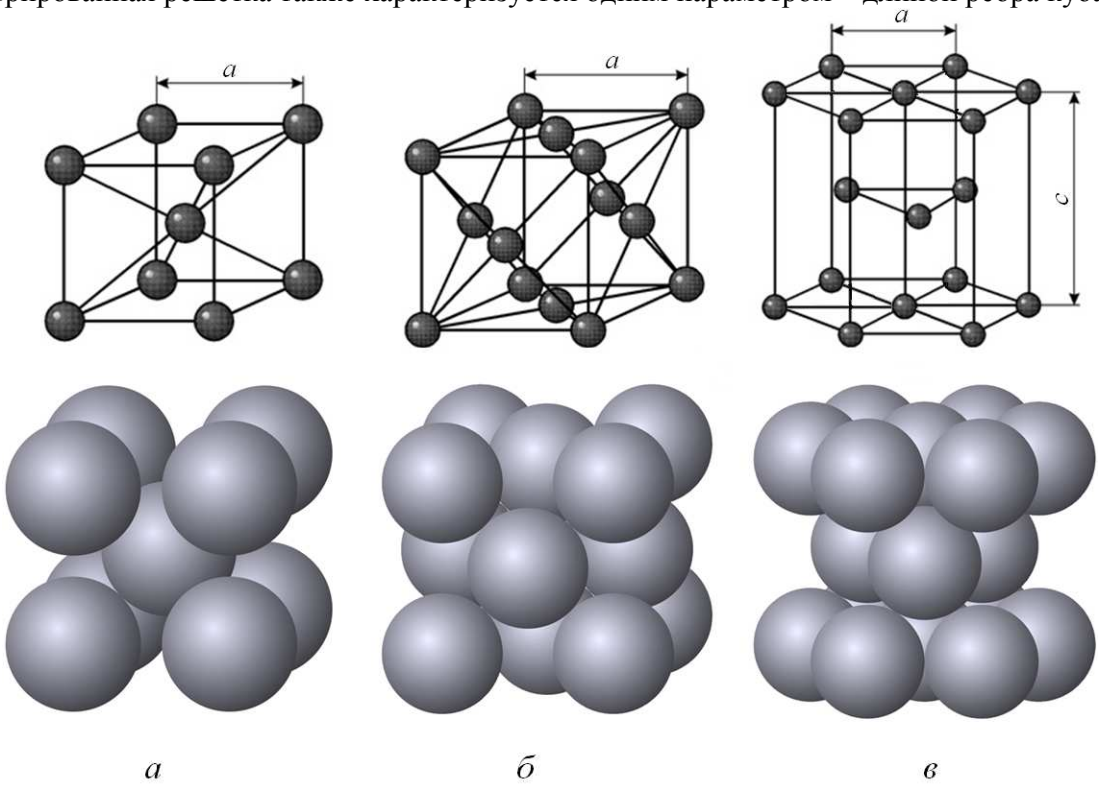


Рис. 1.4. Типы элементарных ячеек кристаллических решеток и схемы упаковки в них атомов: *а* – объемно-центрированная кубическая; *б* – гранецентрированная кубическая; *в* – гексагональная плотноупакованная

Элементарная ячейка гексагональной плотноупакованной решетки представляет собой шестигранную призму. По основаниям призмы расположены правильные шестиугольники по вершинам которых и в их центрах находятся атомы. Посередине между основаниями вклинивается правильный треугольник с атомами по вершинам.

Гексагональная решетка характеризуется двумя параметрами: *a* и *c*. Наибольшая плотность упаковки достигается при соотношении параметров *c*/*a* = 1,633. Гранецентрированная решетка с таким соотношением параметров называется гранецентрированной плотноупакованной. Такую решетку имеют титан, цирконий, кобальт, цинк, магний и др.

Атомы элементов могут образовывать, если исходить только из геометрических соображений, любую кристаллическую решетку. Однако устойчивым, а, следовательно, реально существующим типом является решетка, обладающая наиболее низким запасом свободной энергии.

Форма элементарной кристаллической ячейки определяет совокупность свойств металлов: блеск, плавкость, теплопроводность, электропроводность, обрабатываемость и анизотропность (различие свойств в различных плоскостях кристаллической решетки).

Пространственные кристаллические решетки образуются при переходе металла из жидкого состояния в твердое. Этот процесс называется *кристаллизацией.* Процессы кристаллизации впервые были изучены русским ученым Д.К. Черновым.

Кристаллизация состоит из двух стадий, В жидком состоянии металла его атомы находятся в непрерывном движении. При понижении температуры движение атомов замедляется, они сближаются и группируются в кристаллы. Образуются так называемые центры кристаллизации (первая стадия). Затем идет рост кристаллов вокруг этих центров (вторая

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

стадия). Вначале кристаллы растут свободно. При дальнейшем росте кристаллы отталкиваются, рост одних кристаллов мешает росту соседних, в результате чего образуются неправильной формы группы кристаллов, которые называют *зернами*.

Размер зерен существенно влияет на эксплуатационные и технологические свойства металлов. Крупнозернистый металл имеет низкую сопротивляемость удару, при его обработке резанием возникает трудность в получении высокой чистоты и малой шероховатости поверхности деталей. Размеры зерен зависят от природы самого металла и условий кристаллизации.

При изменении температуры в структуре кристаллов ряда металлов происходит процесс перегруппировки атомов с изменением вида кристаллической решетки, называемый *аллотропным* или *полиморфным превращением*. Таким образом, один и тот же металл в результате аллотропии (или полиморфизма) может существовать в виде двух или более простых веществ. Соответственно и различные кристаллические формы металла называются *аллотропными* или *полиморфными* модификациями.

Таким образом, один и тот же металл в результате аллотропии (или полиморфизма) может существовать в виде двух или более простых веществ. Так, при разных температурах железо может иметь ОЦК или ГЦК решетку, кобальт – ГЦК или ГПУ решетку.

Металлы, имеющие только один тип кристаллической решетки, называются изоморфными (никель, медь, хром, вольфрам и другие).

Полиморфные превращения протекают как в чистых металлах, так и в сплавах.

Аллотропические формы обозначаются греческими буквами α, β, γ и т.д., которые в виде индексов добавляются к символу, обозначающему элемент. Аллотропическая форма, существующая при самой низкой температуре, обозначается через α, следующая через β и т.д. Превращение одной аллотропической формы в другую при нагреве чистого металла сопровождается поглощением тепла и происходит при постоянной температуре. На термической кривой превращение отмечается горизонтальным участком. При охлаждении происходит выделение тепла теоретически при той же температуре, что и при нагреве, но практически при более низкой вследствие переохлаждения.

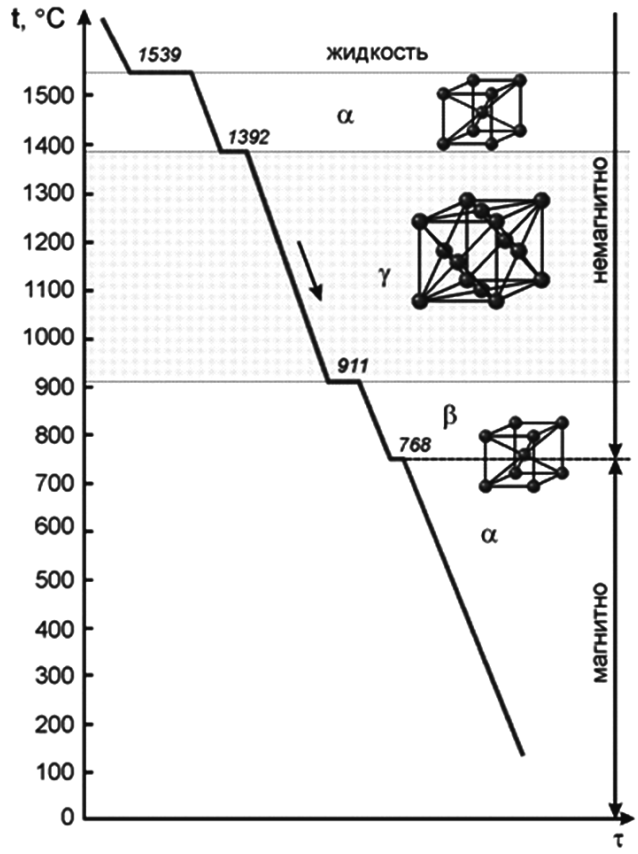


Рис. 1.5. Кривая охлаждения чистого железа

На рис. 1.5 приведена кривая охлаждения железа, имеющего аллотропические превращения.

До температуры 1539 °С происходит охлаждение жидкого железа. При 1539 °С на кривой охлаждения появляется площадка. При этой температуре железо затвердевает, и выделяется скрытая теплота кристаллизации. По окончании кристаллизации и до температуры 1392° С железо имеет объемно-центрированную кубическую решетку (Fe_α).

При 1392 °С на кривой появляется вторая площадка, связанная с аллотропическим превращением α-железа (Fe_α) в γ-железо (Fe_γ), имеющее гранецентрированную кубическую решетку.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При аллотропическом превращении исчезают старые зерна и появляются новые. Такое превращение аналогично процессу кристаллизации: вначале образуются зародыши, а затем идет рост зерен новой модификации. Такое превращение является перекристаллизацией.

Следующая площадка наблюдается на кривой охлаждения при температуре 911 °С по причине превращения Fe_γ в Fe_α. Кристаллическая решетка превращается из гранецентрированной опять в объемно-центрированную кубическую, которая сохраняется до самых низких температур.

Площадка на кривой охлаждения, соответствующая температуре 768 °С, связана не с перестройкой кристаллической решетки, а с перестройкой электронных оболочек атомов и изменением магнитных свойств. Ниже 768 °С железо магнитно, а выше – немагнитно.

Иногда немагнитное железо Fe_α называют Fe_β, а высокотемпературную модификацию Fe_α (в интервале 1392-1539 °С) – Fe_δ.

Следует отметить, что строго периодическое в трех измерениях расположение атомов в кристаллической решетке, так называемая упаковка атомов, принятая ранее при рассмотрении элементарных ячеек, в реальных кристаллических материалах не выдерживается по всему объему кристаллов. Для реальных кристаллов характерны отклонения от идеальности, т.е. имеют место несовершенства их строения – точечные, линейные, поверхностные, которые изменяют свойства металлов.

Основной причиной возникновения несовершенств строения кристаллов являются более высокие, чем в состоянии равновесия, тепловые колебания в узлах кристаллической решетки отдельных атомов в процессе кристаллизации, а также наличие примесей и других несовершенств в результате механических воздействий.

Металлические сплавы получают сплавлением элементов – металлов или металлов с неметаллами при преимущественном содержании металлов. Под металлическим сплавом понимают вещество, получаемое сплавлением двух или более элементов, обладающее характерными металлическими свойствами. Строение сплавов сложнее, чем чистых металлов.

При кристаллизации жидкого сплава могут получаться твердые металлические сплавы с различным строением.

Механическая смесь двух чистых металлов *A* и *B* получается в том случае, когда в процессе кристаллизации сплава из жидкого состояния разнородные атомы не входят в общую кристаллическую решетку. В механической смеси каждый металл образует самостоятельные кристаллы. Кристаллы каждого их металлов, находящиеся в этом сплаве, обладают теми же строением и свойствами, которыми они обладают в куске чистого металла.

Твердый раствор – сплав, у которого атомы растворимого элемента размещены в кристаллической решетке растворителя. На микрошлифе твердого раствора кристаллы после травления выглядят одинаково. В кристаллах твердого раствора существует только один тип кристаллической решетки. Растворителем является тот элемент, кристаллическую решетку которого имеет твердый раствор. Растворимый элемент может либо замещать элемент-растворитель в узлах кристаллической решетки, либо располагаться в междоузлиях. По типу расположения атомов растворимого элемента в кристаллической решетке твердые растворы делят на две группы: замещения и внедрения.

Твердые растворы внедрения образуют металлы с неметаллами. Атомы неметаллов меньше атомов металлов. Поэтому атомы неметаллов могут располагаться в междоузлиях кристаллической решетки металлов. Внедрившийся атом вызывает искажение решетки металла-растворителя. Все твердые растворы внедрения – растворы с ограниченной растворимостью.

Особо следует рассмотреть образование растворов углерода в железе. Растворимость С в Fe существенно зависит от того, в какой кристаллической форме существует железо.

Диаметр атома углерода (в свободном состоянии) равен 1,54 А. В объемноцентрированной решетке имеется 12 свободных мест в середине ребер. Диаметр такого свободного места 0,62 А. Такой объем явно недостаточен для помещения в нем атома углерода.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В гранецентрированной кристаллической решетке в центре имеется пора диаметром 1,02 А. В этой поре атом углерода может поместиться, вызывая естественно некоторое увеличение размера решетки γ-железа.

Таким образом, геометрические соображения подсказывают, что α-железо не растворяет, а γ-железо растворяет углерод. В действительности α-железо растворяет углерод, но в очень небольшом количестве ≈0.02%.

Твердый раствор углерода в α-железе называется ферритом, а в γ-железе аустенитом.

Так как растворимость углерода в α-железе мала, то при нормальных температурах в подавляющем большинстве случаев в структуру стали входят высокоуглеродистые фазы в виде цементита.

Цементит – это химическое соединение углерода с железом (карбид железа Fe_3C). Кристаллическая структура цементита очень сложна, рис. 1.6. Температура плавления цементита 1600 °С. Аллотропических превращений не испытывает. Цементит имеет высокую прочность ~800 НВ и практически нулевую пластичность.

Цементит – соединение неустойчивое и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Процесс имеет огромное практическое значение.

Температура плавления цементита 1600 °С. Аллотропических превращений не испытывает. Цементит имеет высокую прочность ~ 800 НВ и практически нулевую пластичность.

Цементит – соединение неустойчивое и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Процесс имеет огромное практическое значение.

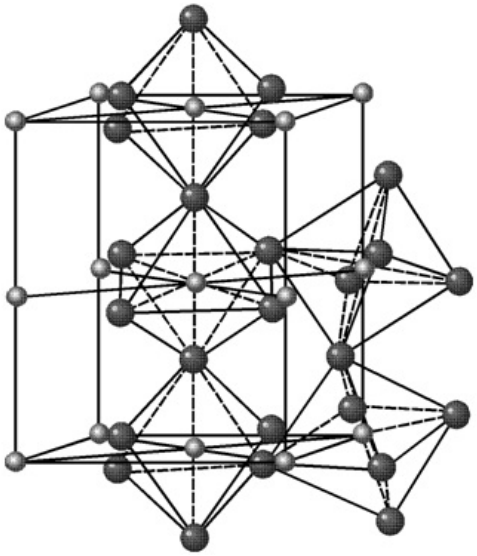


Рис. 1.6. Элементарная ячейка кристаллической решетки цементита и схемы упаковки в ней атомов

Способность железа растворять углерод и другие элементы служит основой для получения разнообразных сплавов, способных выдерживать воздействие высоких и низких температур, вакуума и высоких давлений, агрессивных сред, больших переменных напряжений, ядерных излучений и др. На долю таких сплавов приходится около 95% всей металлической продукции (стали, чугуны, ферросплавы).

Фазы системы Fe–Fe_3C. Диаграмма железо-цементит (рис. 1.7) имеет двойную концентрационную ось абсцисс. Содержание углерода и содержание цементита.

Линия ABCD является ликвидусом. Это линия – геометрическое место точек начала кристаллизации. Линия AHJECF – *солидус*. Геометрическое место точек конца кристаллизации.

Так как железо с углеродом образует химическое соединение Fe_3C, и еще имеет две аллотропические формы α и γ следовательно в системе существуют следующие фазы:

- жидкость (жидкий раствор углерода в железе) располагается выше линии ликвидус и обозначается Ж;
- цементит Fe_3C – вертикаль DFKL, обозначается Ц;
- феррит – структурная составляющая, которая представляет собой α-железо, растворяющая в незначительном количестве углерод, область феррита левее линий GPQ и AHN, обозначается Fe_α;
- аустенит – структура, представляющая собой твердый раствор углерода в γ-железе, область аустенита на диаграмме NJESG, обозначается Fe_γ.

Три горизонтальные линии на диаграмме HJB, ECF, PSK указывают на протекание трех нонвариантных реакций. Вариантность – это число степеней свободы системы. Если число степеней свободы равно нулю (нонвариантная система), то нельзя изменить внешние и внут-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ренние факторы системы (температуру, давление, концентрацию) без того, чтобы это не вызвало изменение числа фаз.

При 1499 °С (линия HJB) протекает перитектическая реакция:

$$Ж + Fe_{\alpha} \rightarrow Fe_{\gamma}.$$

Перитектическая реакция представляет собой реакцию, когда жидкость реагирует с ранее выпавшими кристаллами и образует новый вид кристаллов.

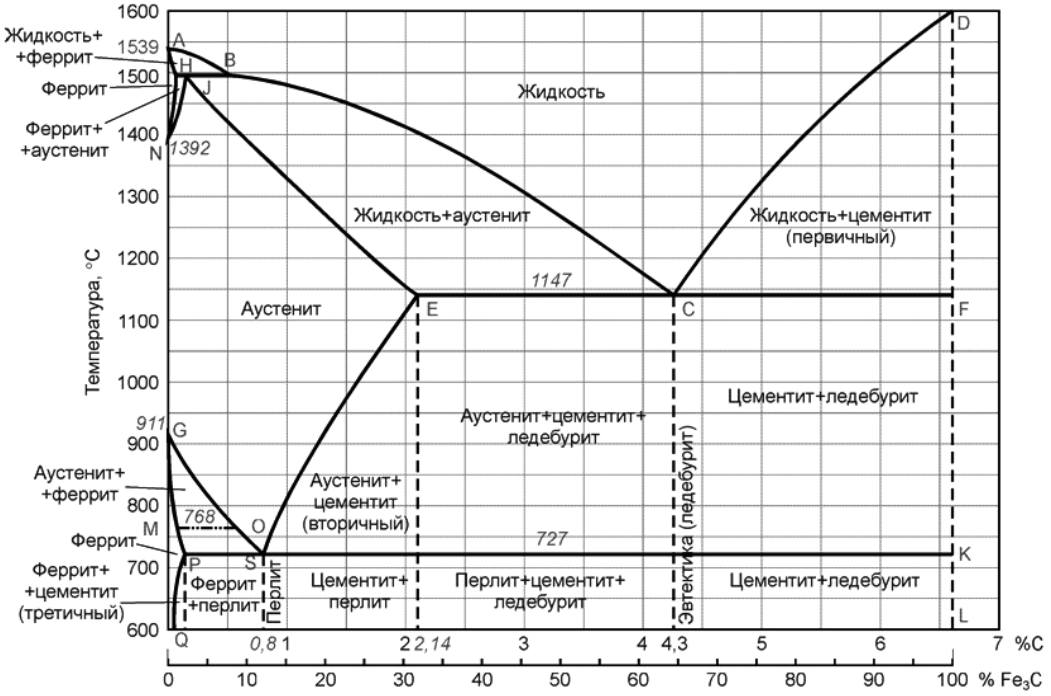


Рис. 1.7. Диаграмма состояния железо-цементит

В результате перитектической реакции образуется *аустенит*. Реакция имеет место только у сплавов, содержащих углерода от 0,1 до 0,5%.

При температуре 1147 °С (горизонталь ECF) протекает эвтектическая реакция:

$$Ж \rightarrow Fe_{\gamma} + Ц.$$

Эвтектическая реакция – реакция кристаллизации одновременно двух (или более) видов кристаллов из жидкости. Механическая смесь двух (или более) видов кристаллов называется эвтектикой. В результате этой реакции образуется эвтектическая смесь. Эвтектическая смесь аустенита и цементита называется *ледебуритом*. Эта реакция протекает у всех сплавов, содержащих углерода > 2,14%.

При температуре 727 °С (горизонталь PSK) протекает эвтектоидная реакция:

$$Fe_{\gamma} \rightarrow Fe_{\alpha} + ЦII.$$

Превращение протекает аналогично кристаллизации эвтектики, но исходным раствором является не жидкость, а твердый раствор.

Такое превращение называется *эвтектоидным*, а смесь полученных кристаллов *эвтектоидом*. Эвтектоидная смесь феррита и цементита называется *перлитом* и имеет вид перламутра. У всех сплавов, содержащих свыше 0,02% углерода, т.е. практически у всех промышленных железоуглеродистых сплавов имеет место перлитное (эвтектоидное) превращение.

Кристаллы выделившиеся из твердого раствора называются вторичными кристаллами и обозначаются символом II (например, ЦII) в отличие от первичных кристаллов, выделяющихся из жидкости.

У всех сплавов, содержащих менее 2,14% углерода, в результате первичной кристаллизации получается структура аустенита; у всех сплавов содержащих более 2,14% углерода, структура состоит из ледебурита с избыточным аустенитом или цементитом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Это различие в структуре при высоких температурах и создает существенное отличие в технологических и механических свойствах сплавов.

Наличие эвтектики делает сплав нековким, вместе с тем более низкая температура плавления высокоуглеродистых сплавов облегчает применение их как литейных материалов.

Железоуглеродистые сплавы, содержащие менее 2,14% углерода называются сталями, а более 2,14% – чугунами.

Различают три группы сталей:

- эвтектоидные, содержащие около 0,8% углерода, их структура перлит;
- доэвтектоидные, содержащие < 0,8% углерода, их структура Ф+П (феррит + перлит);
- заэвтектоидные 0,8-2% углерода, имеют структуру ЦII + П (цементит вторичный + перлит).

Методы изучения структуры металла. Исследование структур металлов и сплавов производится с помощью макро- и микроанализа, а также другими способами.

Методом *макроанализа* изучается макроструктура, т.е. строение металла, видимое невооруженным глазом или с помощью лупы. Макроструктуру определяют по изломам металла или по макрошлифам.

Макрошлиф представляет собой образец металла или сплава, одна из сторон которого отшлифована и протравлена кислотой или другим реактивом. Этим методом выявляются крупные дефекты: трещины, усадочные раковины, газовые пузыри, неравномерность распределения примесей в металле и т.д.

Микроанализ позволяет определить размеры и форму зерен, структурные составляющие, качество термической обработки, выявить микродефекты.

Микроанализ проводится по микрошлифам с помощью микроскопа (современные металлографические микроскопы дают увеличение до 2000 раз, а электронные – до 25 000).

Микрошлиф – это образец металла, имеющий плоскую полированную поверхность, подвергнутую травлению слабым раствором кислоты или щелочи для выявления микроструктуры.

Свойства металлов. Для того чтобы рационально применять металлы и сплавы при выполнении ремонта сельскохозяйственной техники и оборудования необходимо знать их свойства. Свойства металлов и сплавов зависят от их состава и состояния. Применяемые технические металлы содержат ряд примесей, которые в значительной мере изменяют их свойства.

Состояние металлов и сплавов определяется главным образом их структурой. Металл или сплав, подвергнутый термической обработке, изменяет структуру, а, следовательно, и свойства.

Свойства металлов и сплавов принято разделять на физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные.

К ***физическим свойствам*** металлов и сплавов обычно относят плотность, температуру плавления, тепловое расширение, теплопроводность, электропроводность, магнитную проницаемость и др.

Плотность (объемная масса) представляет собой отношение покоящейся массы к ее объему и имеет размерность *кг/м*^{3}. Плотность – весьма важный параметр, характеризующий металл, он имеет исключительно большое значение для выбора металлов с целью использования их в чистом виде или в виде сплавов в различных областях техники.

Температурой плавления называют температуру, при которой металл или сплав переходит из твердого состояния в жидкое. По температуре плавления различают металлы тугоплавкие (вольфрам – 3416 °С, титан – 1725 °С, железо – 1539 °С и др.) и легкоплавкие (олово – 232 °С, свинец – 327 °С, цинк – 419,5 °С, алюминий – 660 °С).

Тепловое расширение металлов или сплавов – это приращение объема металла при нагреве вследствие увеличения подвижности атомов в узлах кристаллической решетки. Обычно тепловое расширение характеризуется коэффициентом линейного расширения, под которым понимают увеличение единицы длины тела при нагреве на 1 °С от 0 °. В справочни-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ках, обычно, приводятся значения коэффициента линейного расширения при 20 °С. Коэффициент объемного расширения в три раза больше коэффициента линейного расширения.

Теплопроводностью называют способность передавать тепло от более нагретых частей тела к менее нагретым. Теплопроводность характеризуется коэффициентом теплопроводности, показывающим сколько тепла может пройти в единицу времени через площадку 1 м^2 на расстояние 1 м перпендикулярно к ней при разности температур 1 °С на двух противоположных сторонах куба.

Электропроводность – это способность металла проводить электрический ток. За единицу электропроводности принимают величину обратную удельному сопротивлению.

Удельное сопротивление – это сопротивление проводника сечением 1 мм^2 и длиной 1 м. Электропроводность металлов в значительной степени зависит от температуры: при повышении температуры электропроводность уменьшается, при понижении – увеличивается.

Магнитной проницаемостью называется способность металлов намагничиваться под действием магнитного поля. Величиной, характеризующей магнитную проницаемость металла, является коэффициент магнитной проницаемости, равный отношению магнитной индукции к напряженности магнитного поля.

К ***химическим свойствам*** металлов и сплавов относят их химическую стойкость против действия внешней среды (кислот, щелочей, пресной и морской воды, влажного воздуха, газов, высокой температуры и т.п.), т.е. химическую стойкость против коррозии.

Не все металлы одинаково стойки в различных средах. Так, свинец имеет высокую стойкость против действия некоторых кислот и щелочей, а железо, медь другие металлы такими химическими свойствами не обладают; золото и платина обладают высокой химической стойкостью в воде, а железо, медь, магний и другие металлы в воде коррозируют, разрушаются. Для достижения высокой химической стойкости металлических деталей различных машин и установок производят специальные кислотостойкие нержавеющие стали, а также применяют различные защитные покрытия.

К ***механическим свойствам*** металлов и сплавов относят прочность, упругость, пластичность, твердость, вязкость, выносливость (усталость). Зная механические свойства, можно правильно и обоснованно выбирать соответствующий материал, обеспечивающий надежность и долговечность конструкции при ее минимальной массе.

Прочность – способность металла сопротивляться деформациям и разрушению под воздействием внешних сил.

Предел прочности – (временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$) напряжение, соответствующее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец металла до разрушения:

$$\sigma_B = \frac{P_A}{F_0},$$

где: σ_B – предел прочности при растяжении; P_A – максимальная нагрузка; F_0 – площадь поперечного сечения образца до разрыва, мм^2.

Предел упругости – характеризует сопротивление металла малой пластической деформации. Так как практически невозможно установить точку перехода металла в неупругое состояние, то устанавливают *условный предел упругости* – максимальное напряжение, до которого образец получает только упругую деформацию. Принято считать напряжение, при котором остаточная деформация очень мала (0,005-0,05%). В обозначении указывается значение остаточной деформации, например, $\sigma_{0,05}$.

Пластичность – способность материала к пластической деформации, т.е. способность металла, не разрушаясь, изменять форму под нагрузкой и сохранять ее после прекращения действия нагрузки. Это свойство используют при обработке металлов давлением. Пластичные материалы более надежны в работе, т.к. для них меньше вероятность опасного хрупкого разрушения.

При испытании на растяжение пластичность характеризуется относительным удлинением δ (дельта), которое соответствует отношению приращения длины образца после разрыва к его первоначальной длине в процентах.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

$$\delta = \frac{L_K - L_0}{L_0} \cdot 100\%,$$

где: L_K – конечная длина образца, м; L_0 – первоначальная длина образца, м.

Другим показателем пластичности является относительное сужение образца, которое определяется как отношение уменьшения площади поперечного сечения образца после разрыва к первоначальной площади поперечного сечения, выраженное в процентах:

$$\psi = \frac{F_0 - F_K}{F_0} \cdot 100\%,$$

где: ψ – относительное сужение; F_K – площадь поперечного сечения образца после разрыва; F_0 – первоначальная площадь поперечного сечения.

Твердость – характеризует способность металла оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого стандартного тела (индентора), не получающего остаточных деформаций, при местном контактном воздействии в поверхностном слое.

О твердости судят либо по глубине проникновения индентора (метод Роквелла), либо по величине отпечатка от вдавливания (методы Бринелля и Виккерса). На рис. 1.8 приведены схемы определения твердости по Бринеллю (ГОСТ 9012), Роквеллу (ГОСТ 9013) и Виккерсу.

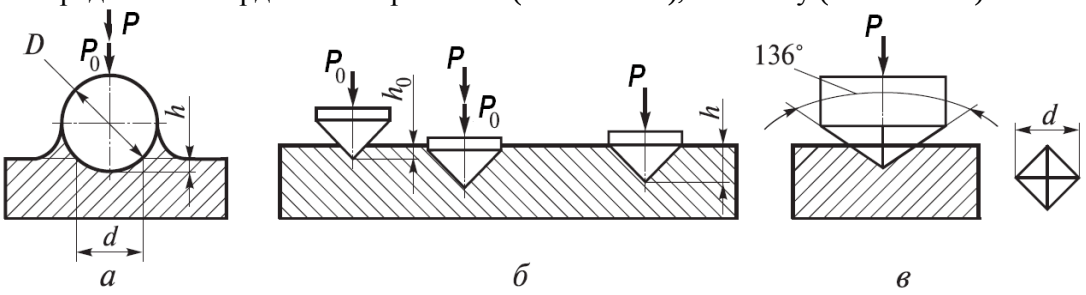


Рис. 1.8. Схемы определения твердости образца методами: *а* – Бринелля; *б* – Роквелла; *в* – Виккерса; *D* – диаметр шарика; *d* – диаметр или длина диагонали отпечатка; *h* – глубина вдавливания шарика или конуса; h_0 – глубина предварительного вдавливания конуса; P_0 – предварительная нагрузка; *P* – основная нагрузка

Определение твердости по методу Бринелля применяется для сырых или слабо закаленных металлов, так как при больших нагрузках шарик деформируется и показания искажаются. Твердость по Бринеллю обозначается как НВ, например, НВ 250.

Твердость по методу Бринелля определяется по формуле и измеряется в МПа:

$$HB = \frac{P}{F_Л} = \frac{2P}{\pi D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})},$$

где: *P* – нагрузка действующая на шарик, Н; $F_Л$ – площадь полученного отпечатка (лунки), м^2; *D* – диаметр шарика, м; *d* – диаметр отпечатка, м; $P = 30D^2$ – для черных металлов, $P = 25D^2$ – для мягких металлов, $P = 10D^2$ – для медных сплавов, *D* = 2,5 мм – для деталей толщиной 3 мм, *D* = 5 мм – для деталей толщиной 3-6 мм, *D* = 10 мм – для деталей толщиной > 6 мм.

Между твердостью по Бринеллю и пределом прочности пластичных материалов существует следующая зависимость:

$$\sigma_B = k \cdot HB,$$

где: *k* – коэффициент пропорциональности; для стали с твердостью до *HB* 175, *k*=0,34; для стали с твердостью выше *HB* 175, *k*=0,35; для отожженной меди, бронзы и латуни *k*=0,55; для алюминиевых сплавов *k*=0,36-0,38.

Твердость по методу Виккерса рассчитывается как отношение приложенной нагрузки к площади поверхности отпечатка и обозначают как, например HV 150.

Твердость по методу Виккерса определяется по формуле и измеряется в МПа:

$$HV = 1{,}854\frac{P}{d^2},$$

где: *P* – приложенная нагрузка, Н; *d* – диагональ отпечатка пирамидки, м.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Преимущество метода Виккерса в том, что им можно измерять твердость любых материалов, в том числе тонкие изделия и поверхностные слои. Метод имеет высокую чувствительность и точность.

Твердость по методу Роквелла, в зависимости от природы материала, определяют тремя способами (табл. 1.1) и обозначают как, например, HRC 92.

Твердость по методу Роквелла измеряется в относительных величинах, чтобы перейти в другие необходима переводная таблица.

Таблица 1.1 **Определение твердости по Роквеллу**

Шкала прибора	Обозначение	Индентор	Область применения	Масса грузика, кг
A черная	HRA	Алмазный конус 120°	Для особо твердых материалов	60
B красная	HRB	Стальной закаленный шарик ∅ 1/16″	Для относительно мягких материалов	100
C черная	HRC	Алмазный конус 120°	Для особо твердых материалов	150

Однако во многих случаях применение классических твердомеров для измерения может стать проблематичным. Во-первых, когда контролируемое изделие является крупногабаритным и его нельзя поднести к прибору. Кроме этого, вырезка фрагмента из изделия для последующего измерения твердости приводит к порче изделия. Во-вторых – когда требуется достаточно высокая производительность контроля.

Чтобы избежать тех недостатков, которые присущи классическим методам твердометрии, были разработаны твердомеры, использующие акустический и динамический методы.

Акустический метод основан на измерении относительных изменений механического импеданса колебательной системы преобразователя в зависимости от механических свойств поверхности образца. Акустический преобразователь представляет собой стержень из магнитострикционного материала (например, никеля), на конце которого укреплен индентор в виде алмазной призмы. К стержню прикреплен пьезоэлемент, возбуждающий в преобразователе продольные упругие колебания частотой 30-40 кГц. Стержень с индентором прижимают к контролируемому объекту с постоянной силой. При этом индентор внедряется в поверхность изделия тем глубже, чем меньше твердость его материала. Площадь зоны соприкосновения индентора с изделием с уменьшением твердости растет, а модуль упругого сопротивления увеличивается.

Изменение импеданса определяют по изменению собственной частоты нагруженного преобразователя, которую измеряют частотомером. Шкалу индикатора градуируют в единицах твердости по Роквеллу.

Принцип работы динамических твердомеров основан на измерении отношения скоростей индентора при падении и отскоке его от поверхности контролируемого изделия. Отношение скоростей перемещения индентора при отскоке и падении характеризуют твердость контролируемого изделия.

Преобразователь включает в себя механическую систему, обеспечивающую перемещение индентора относительно поверхности контролируемого материала, и электрическую катушку. Во взведенном положении преобразователя цанга спускового механизма удерживает индентор. При нажатии спусковой кнопки цанга разжимается и индентор под действием предварительно сжатой пружины сбрасывается на контролируемую поверхность. На конце индентора расположен твердосплавный шарик, непосредственно контактирующий с испытуемым материалом. Внутри индентора находится постоянный магнит. При пересечении магнитным полем витков катушки в последней наводится ЭДС, пропорциональная скорости движения индентора.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Измеряемая твердость является функцией отношения сигналов U_1и U_2:

$$H = f\frac{U_1}{U_2},$$

где: U_1- скорость сброса; U_2-скорость отскока.

На рис. 1.9 приведен динамический твердомер ТД-32. Недостаток прибора в том, что он позволяет производить измерения при минимальной массе изделий 2 кг и минимальной толщина изделия в точке измерения – 10 мм. Однако, после притирки изделия с плоскими поверхностями густой смазкой на массивной металлической плите, возможны измерения твердости деталей, массой менее 2 кг и толщиной менее 10 мм.

а *б*

Рис. 1.9. Измерение твердости твердомером ТД-32 (*а*) и его измерительные датчики (*б*)

Вязкость – способность материала поглощать механическую энергию внешних сил за счет пластической деформации. Вязкость является энергетической характеристикой материала и выражается в единицах работы. Вязкость металлов и сплавов зависит от их химического состава, термической обработки и других внутренних факторов. Кроме этого вязкость зависит и от условий, в которых работает металл (температуры, скорости нагружения, наличия концентраторов напряжения).

Характеристикой вязкости является *ударная вязкость (a_H)*, – удельная работа разрушения. Испытание металла на ударную вязкость проводят на образцах с надрезами определенной формы и размеров. По ГОСТ 9454–78 ударную вязкость обозначает как KCV, KCU и KCT. Где KC – символ ударной вязкости, третий символ показывает вид надреза: острый (V), с радиусом закругления (U), трещина (T). Ударная вязкость характеризует надежность материала, его способность сопротивляться хрупкому разрушению.

Под ***технологическими свойствами*** металлов и сплавов понимают их способность подвергаться различным видам холодной и горячей обработки, например, ковке, штамповке, сварке и т.п. Технологические свойства определяют по технологическим пробам, которые дают качественную оценку пригодности металлов и сплавов к тем или иным способам обработки. На практике наиболее часто применяют испытания на следующие стандартные технологические пробы: вытяжку, изгиб, перегиб, осадку, сварку и т.п. О результатах технологических испытаний во многих случаях судят по внешнему виду состояния образцов после испытаний; отсутствие трещин, надрывов или изломов свидетельствует о том, что металл выдержал пробу.

Характеристикой технологических свойства металлов и сплавов служат литейные свойства, *способность металла к обработке давлением* и *обработке резанием*, *свариваемость*.

Литейные свойства характеризуют способность материала к получению из него качественных отливок. Литейные свойства определяют: жидкотекучесть, усадка и ликвация.

Жидкотекучесть – характеризует способность расплавленного металла заполнять литейную форму.

Усадка (линейная и объемная) – характеризует способность материала изменять свои линейные размеры и объем в процессе затвердевания и охлаждения.

Ликвация – неоднородность химического состава по объему.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Способность металла к обработке давлением (ковкость) – способность материала изменять размеры и форму под влиянием внешних нагрузок не разрушаясь, т.е. деформироваться.

Напряжения (напряжение – сила, действующая на единицу площади сечения детали) и вызываемые ими деформации могут возникать при действии на тело внешних сил растяжения, сжатия и т.д., рис. 1.10. Если к металлическому телу, один конец которого закреплен, приложить внешнюю, например растягивающую силу, то в теле возникнут внутренние силы, направленные в сторону, противоположную действию внешней силы.

Появление в теле внутренних сил необходимо для уравновешивания внешних сил. Взаимно уравновешиваться эти силы могут только при действии на абсолютно твердые тела. Поскольку таких тел в природе нет, то при действии внешней силы металлическое тело испытывает деформацию. Деформация осуществляется до тех пор, пока между внешними и внутренними силами не наступит равновесие.

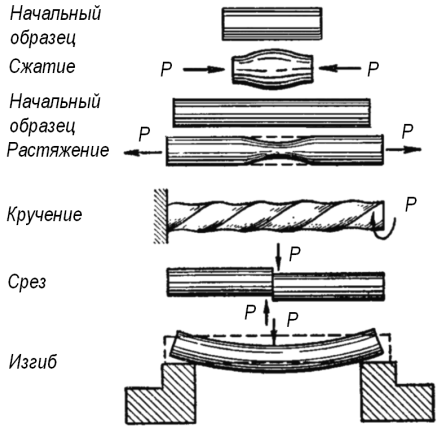


Рис. 1.10. Виды напряжений

Внутренние силы могут возникать также при различных физических и физико-химических процессах, а также в результате фазовых (структурных) превращений, усадки и т.п., например, при неравномерном нагреве и, как результат препятствия, неравномерному изменению формы тела в каком-либо направлении.

Металлы могут деформироваться упруго (обратимо) и остаточно (необратимо). При упругой деформации металл полностью восстанавливает форму и размеры после прекращения действия сил, вызвавших эту деформацию.

Сущность упругой деформации состоит в следующем. При нормальных условиях между атомами металлического тела действуют электростатические уравновешивающие силы притяжения и отталкивания. Такому положению равновесия отвечает минимум потенциальной энергии кристаллической решетки, рис. 1.11, *а*. Если приложить к такому телу внешнюю силу (рис. 1.11, *б*), то равновесие внутренних сил нарушается. Для восстановления равновесия атомы из положения устойчивого равновесия немного смещаются в близлежащие положения, не превышающие расстояния между соседними атомами (параметра решетки), т.е. $c < 2a$. При этом потенциальная энергия решетки увеличивается.

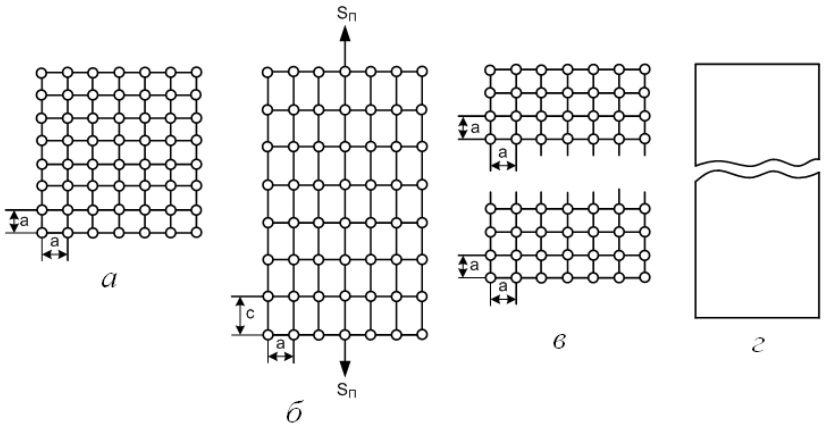


Рис. 1.11. Схема упругой деформации и хрупкого разрушения под действием упругих напряжений: *а* – ненапряженная решетка металла; *б* – упругая деформация; *в*, *г* – хрупкое разрушение в результате отрыва

В новом положении атомов также достигается равновесие между внутренними силами притяжения и отталкивания, с одной стороны, и внешней силой – с другой. Снятие нагрузки устраняет причину, вызвавшую изменение межатомного расстояния, атомы становятся

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

на прежние места, и деформация исчезает, рис. 1.11, *а*. Если нормальные напряжения достигают значения сил межатомных связей, то наблюдается хрупкое разрушение путем отрыва, рис. 1.11, *в, г*.

При одноосном растяжении или сжатии зависимость между относительной упругой деформацией ε и напряжением σ (МПа) выражается законом Гука:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E},$$

где: *E* – модуль упругости, МПа.

Модуль упругости является важнейшей характеристикой упругих свойств металла, т.е. характеризует сопротивление металла упругой деформации. По физической природе величина модуля упругости рассматривается как мера прочности связей между атомами в твердом теле.

Механическая характеристика металла, обусловленная модулем упругости, структурно нечувствительна, т.е. термическая обработка или другие способы изменения структуры не изменяют модуля упругости, а повышение температуры, изменяющее межатомные расстояния, снижает модуль упругости.

При упругой деформации физико-химические свойства напряженного металла будут иными, чем не напряженного. Например, металлы, находящиеся в напряженном состоянии, имеют меньшую электропроводность и большую растворимость (меньшую коррозионную стойкость), чем те же металлы в ненапряженном состоянии.

При величине упругой деформации, превышающей предел упругости, наступает пластическая, или остаточная деформация.

Пластическая деформация – это деформация, при которой металл под действием внешних сил необратимо изменяет свою форму и размеры, т.е. деформируется без разрушения и сохраняет новую форму и размеры после прекращения действия сил.

При пластическом деформировании одна часть кристалла перемещается по отношению к другой под действием касательных напряжений, рис. 1.12, *в*. При снятии нагрузок сдвиг остается, т.е. происходит пластическая деформация, рис. 1.12, *г*.

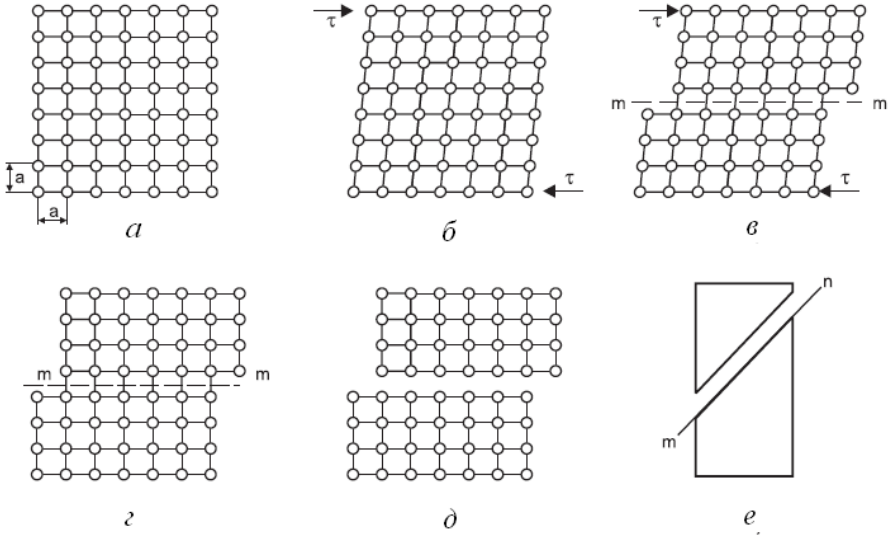


Рис. 1.12. Схема пластической деформации и разрушения под действием упругих напряжений: *а* – ненапряженная кристаллическая решетка металла; *б* – упругая деформация; *в, г* – хрупкое разрушение в результате отрыва; *д, е* – пластическое (вязкое) разрушение в результате среза

Пластическая деформация может протекать под действием касательных напряжений, при этом происходит трансляционное скольжение по плоскостям, рис. 1.12, *в*. Одни слои атомов кристалла скользят по другим слоям, причем они перемещаются на дискретную величину, равную целому числу межатомных расстояний.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В промежутках между полосами скольжения деформация не происходит. Твердое тело не изменяет своего кристаллического строения во время пластической деформации и расположение атомов в элементарных ячейках сохраняется.

Плоскостями скольжения является кристаллографические плоскости с наиболее плотной упаковкой атомов. В результате развития пластической деформации может произойти вязкое разрушение путем сдвига, рис. 1.12, *д*, *е*.

Процесс деформации металлов при достижении достаточно высоких напряжений завершается разрушением. Металл разрушаются по сечению не одновременно, а вследствие развития трещин, т.е. разрушение, состоит из трех стадий:

- зарождение трещины;
- распространение трещины вдоль сечения;
- окончательное разрушение.

Различают хрупкое и вязкое разрушение. *Хрупкое разрушение* – это отрыв одних слоев атомов от других под действием растягивающих напряжений, когда напряжения превысят силы сцепления атомов в кристаллической решетке. При этом отрыв не сопровождается предварительной деформацией. При концентрации напряжений перед препятствием (границы субзерен, фазовые границы и т.п.) выше критического, происходит зарождение трещины. При достижении определенного значения напряжения, размер трещины становится критическим, и дальнейший ее рост осуществляется произвольно.

Для хрупкого разрушения характерна острая, часто ветвящаяся трещина. Величина зоны пластической деформации в устье трещины мала. Скорость распространения хрупкой трещины велика – близка к скорости звука (внезапное, катастрофическое разрушение). Энергоемкость хрупкого разрушения мала, а работа распространения трещины близка к нулю.

Хрупкое разрушение делится на:

- транскристаллитное разрушение – трещина распространяется по телу зерна;
- интеркристаллитное – по границам зерен.

Хрупкое разрушение проявляется в виде блестящего, более светлого, чем основной металл, кристаллического разлома с ручьистым строением, трещина распространяется сразу по нескольким параллельным плоскостям. Плоскость хрупкого разлома перпендикулярна нормальным напряжениям.

Вязкое разрушение возникает путем среза металла под действием касательных напряжений, рис. 1.12. Вязкому разрушению всегда предшествует значительная пластическая деформация, т.е. когда напряжение превышает определенный предел, происходит вязкое разрушение путем сдвига.

Трещина, образующаяся при вязком разрушении, тупая раскрывающаяся, пластичная зона впереди трещины велика, плоскость разлома располагается под углом. В отличие от хрупкого разрушения, при вязком разрушении трещина имеет малую скорость распространения, возникают большие затраты энергии на пластическую деформацию и на образование поверхностей раздела и как следствие, на распространение трещины затрачивается большая работа.

По внешнему виду разлома всегда можно определить характер разрушения, рис. 1.13.

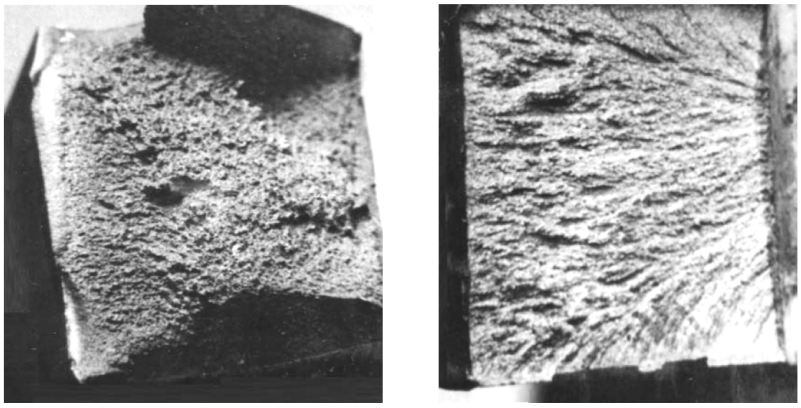
Способность к обработке резанием – характеризует способность металла поддаваться обработке различным режущим инструментом. Оценивается по скорости резания, по усилию резания и по чистоте обработки.

Свариваемость – способность металла образовывать неразъемные соединения за счет межатомных и межмолекулярных сил сцепления требуемого качества. Для стали определяется ее качеством и формой кристаллической решетки. Сварной образец испытывают на растяжение или загиб на определенный угол. При плохой способности металла к свариванию, сварной шов разрушается. Хорошая свариваемость металла обеспечивает сопротивляемость сварного шва разрыву не менее 80% сопротивляемости цельного образца.

Свариваемость – одно из основных требований, предъявляемых к сталям. Обычно свариваемость понимают, как способность стали подвергаться термическому воздействию свар-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ки с плавлением без образования трещин (холодных и горячих) и без существенного ухудшения механических свойств.



а *б*

Рис. 1.13. Вязкий (*а*) и хрупкий (*б*) излом металла

На практике свариваемость оценивают специальными пробами или по углеродному эквиваленту, который определяют по формуле:

$$C_{ЭКВ} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} + \Delta \cdot 0{,}024$$

где: Mn, Si, Ni, Cr, Mo, V, Cu, P – содержание элементов в стали, % от ее массы; Δ – толщина свариваемых деталей, мм.

Углеродный эквивалент не должен превышать 0,45-0,48. Материал обладает хорошей свариваемостью, если $C_{ЭКВ} \le 0{,}25$. При $C_{ЭКВ} \le 0{,}25\text{-}0{,}5$ свариваемость у материала относительно ограниченная, требующая специальных условий сварки (подогревов).

Эксплуатационные свойства характеризуют способность материала работать в конкретных условиях.

Износостойкость – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.

Коррозионная стойкость – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных и щелочных сред.

Жаростойкость – способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

Жаропрочность – способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.

Хладостойкость – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.

Эксплуатационные свойства определяются специальными испытаниями в зависимости от условий работы изделий.

Хладоломкость – склонность металла к переходу в хрупкое состояние с понижением температуры.

Хладоломкими являются железо, вольфрам, цинк и другие металлы, имеющие объемноцентрированную кубическую и гексагональную плотноупакованную кристаллическую решетку.

С повышением температуры вязкость металла увеличивается, рис. 1.14. При изменении температуры предел текучести σ_T также существенно изменяется, а сопротивление отрыву σ_{OT} не зависит от температуры. При температуре выше T_B предел текучести меньше сопротивления отрыву. При увеличении нагрузки сначала происходит пластическое деформирование, а затем – разрушение. Металл при этом находится в вязком состоянии.

При температуре ниже T_H сопротивление отрыву становится меньше предела текучести, при этом металл разрушается без предварительной деформации, т.е. он находится в

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

хрупком состоянии. Переход из вязкого состояния в хрупкое осуществляется в интервале температур $T_H - T_B$.

В технике за порог хладоломкости принимают температуру, при которой в изломе 50% вязкой составляющей. Причем эта температура должна быть ниже температуры эксплуатации изделий не менее чем на 40° С.

Испытания на выносливость (ГОСТ 2860) дают характеристики усталостной прочности.

Усталость – разрушение материала при повторных знакопеременных напряжениях, величина которых не превышает предела текучести.

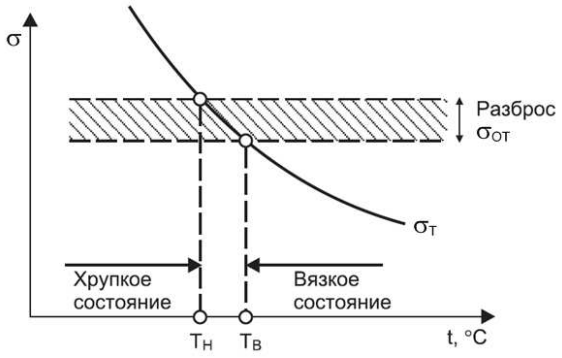


Рис. 1.14. Влияние температуры на пластичное и хрупкое состояние металла

Усталостная прочность – способность материала сопротивляться усталости. Характеристики усталостной прочности определяются при циклических испытаниях «изгиб при вращении». Основные характеристики усталостной прочности:

- *Предел выносливости* (σ_{-1} – при симметричном изменении нагрузки и σ_R – при несимметричном изменении нагрузки) – максимальное напряжение, выдерживаемое металлом за произвольно большое число циклов нагружения.
- *Ограниченный предел выносливости* – максимальное напряжение, выдерживаемое металлом за определенное число циклов нагружения или время.
- *Живучесть* – разность между числом циклов до полного разрушения и числом циклов до появления усталостной трещины.

Антифрикционность – способность материала прирабатываться к другому материалу.

1.3.2 Черные металлы

К черным металлам относятся железоуглеродистые сплавы. Компонентами железоуглеродистых сплавов являются железо, углерод и цементит.

Железо – металл серебристо-светлого цвета. Имеет высокую температуру плавления – 1539 ±5° С. В твердом состоянии железо может находиться в двух модификациях. Полиморфные превращения происходят при температурах 911° С и 1392° С. При температуре ниже 768° С железо ферромагнитно, выше этой температуры – парамагнитно, т.е. не обладает магнитными свойствами. В жидком состоянии железо хорошо растворяет углерод в любых пропорциях с образованием однородной жидкой фазы.

Железо технической чистоты обладает невысокой твердостью (80 НВ) и прочностью (предел прочности – $\sigma_в$=250 МПа, предел текучести – $\sigma_т$=120 МПа). В тоже время имеет высокие характеристики пластичности (относительное удлинение – δ=50%). Свойства железа технической чистоты могут изменяться в некоторых пределах в зависимости от величины зерна.

Железо характеризуется высоким модулем упругости, который проявляется и в сплавах на его основе. Высокий модуль упругости обеспечивает высокую жесткость деталей и конструкций выполненных из сплавов железа.

Железо образует растворы со многими химическими элементами с металлами – растворы замещения; с углеродом, азотом и водородом – растворы внедрения.

Углерод относится к неметаллам и обладает полиморфным превращением. Углерод, в зависимости от условий образования, существует в форме графита с гексагональной кристаллической решеткой (температура плавления – 3500 °С, плотность – 2,5 г/см^3) или в форме алмаза со сложной кубической решеткой (температура плавления – 5000 °С).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В сплавах железа с углеродом, углерод находится в состоянии твердого раствора с железом в виде химического соединения – цементита (Fe_3C), а также в свободном состоянии в виде графита (в серых чугунах).

Цементит – карбид железа, химическое соединение железа с углеродом, содержащее 6,67% углерода. Аллотропических превращений цементит не испытывает. Цементит – соединение неустойчивое и при определенных условиях распадается с образованием свободного углерода в виде графита. Процесс распада цементита имеет важное практическое значение при структурообразовании чугунов.

Температура плавления цементита установлена приблизительно (1250-1550 °С). При низких температурах цементит слабо ферримагнитен, магнитные свойства теряет при температуре около 217 °С. Цементит имеет высокую твердость, более 800 НВ и легко царапает стекло. Но при столь высокой твердости цементит имеет крайне низкую, почти нулевую, пластичность.

Цементит способен образовывать твердые растворы замещения, в котором атомы углерода замещаются атомами неметаллов: азотом, кислородом; атомы железа – металлами: марганцем, хромом, вольфрамом и т.п. Такой твердый раствор называется легированным цементитом.

Технически чистое железо известно в двух аллотропических модификациях Fe_α и Fe_γ.

Fe_α или α-*железо* существует в двух интервалах температур: ниже 910 °С и в диапазоне 1401-1539 °С. С углеродом α-железо образует твердый раствор внедрения, называемый *ферритом*. При температуре 727 °С в α-железе растворяется до 0,02% углерода. При комнатной температуре растворимость углерода падает до 0,006%, а с повышением температуры до 910° С падает до нуля.

Свойства феррита близки к свойствам железа. Он мягок (твердость – 130 НВ, предел прочности – $\sigma_в$=300 МПа) и пластичен (относительное удлинение – δ=30%). Магнитные свойства феррит сохраняет до 768 °С.

Fe_γ или γ-*железо* существует в интервале температур 910-1401 °С. С углеродом γ-железо образует твердый раствор внедрения, называемый *аустенитом*. Аустенит имеет переменную предельную растворимость углерода: минимальную – 0,8% при температуре 727 °С, максимальную – 2,14% при температуре 1147 °С.

Аустенит обладает высокой пластичностью (относительное удлинение – δ=40-50%) и низким пределом текучести и прочности (предел прочности – $\sigma_в$=200-250 МПа).

При растворении в аустените других элементов могут изменяться свойства и температурные границы существования.

Все сплавы системы железо – цементит по структурному признаку делят на две большие группы: стали и чугуны. Особую группу составляют сплавы с содержанием углерода менее 0,02%, их называют техническое железо.

Чугун. Чугуном называется сплав железа с углеродом, содержащий углерода от 2,14 до 6,675%.

Чугун – дешевый машиностроительный материал, обладающий хорошими литейными качествами. Он является сырьем для выплавки стали. Получают чугун из железной руды с помощью топлива и флюсов.

Свойства чугуна зависит главным образом от содержания в нем углерода и других примесей, неизбежно входящих в его состав: кремния (до 4,3%), марганца (до 2%), серы (до 0,07%) и фосфора (до 1,2%).

Кремний – важнейший после углерода элемент в чугуне, он увеличивает его жидкотекучесть, улучшает литейные свойства и делает чугун более мягким.

Марганец повышает прочность чугуна.

Сера в чугуне – вредная примесь, вызывающая красноломкость (образование трещин в горячих отливках). Она ухудшает жидкотекучесть чугуна, делая его густым, вследствие чего он плохо заполняет форму.

Фосфор понижает механические свойства чугуна и вызывает хладноломкость (образование трещин в холодных отливках).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Углерод – один из главных элементов в чугуне. В зависимости от количества и состояния входящего в сплав углерода получаются те или иные сорта чугуна. Одним из признаков классификации чугунов по структуре является форма существования углерода. В зависимости от нее различают:

- белый чугун – углерод находится в связанном состоянии в виде цементита, на разломе этот чугун имеет белый цвет и металлический блеск;
- серый чугун – весь углерод или большая его часть находится в свободном состоянии в виде графита, в связанном же состоянии находится не более 0,8% углерода. На разломе этот чугун имеет серый цвет;
- половинчатый – часть углерода находится в свободном состоянии в форме графита, но не менее 2% углерода находится в форме цементита. Половинчатый чугун мало используется в технике.

При выплавке чугуна с присадкой небольшого количества магния или других модификаторов, графит в чугуне получается шаровидной формы. Это повышает его прочность, Поэтому такие чугуны называются высокопрочными, или модифицированными.

Наибольшее распространение в машиностроении получили чугуны с содержанием углерода 2,4-3,8%. Чем выше содержание углерода в чугуне, тем больше образуется графита в свободном состоянии и тем ниже его механические свойства. Исходя из механической прочности, количество углерода в чугуне не должно превышать 3,8%. В то же время для обеспечения высоких литейных свойств, т.е. хорошей жидкотекучести, содержание углерода должно быть не менее 2,4%.

В зависимости от формы графита и условий его образования различают следующие группы чугунов: *серый* – с пластинчатым графитом; *высокопрочный* – с шаровидным графитом; *ковкий* – с хлопьевидным графитом.

Графитовые включения в чугуне можно рассматривать как соответствующей формы пустоты, т.е. дефекты в структуре чугуна. При нагружении изделия из чугуна, около таких дефектов концентрируются напряжения, значение которых тем больше, чем острее дефект. Отсюда следует, что графитовые включения пластинчатой формы в максимальной мере разупрочняют металл. В меньшей степени разупрочняет хлопьевидная форма графитовых включений, а оптимальной является шаровидная форма.

Наличие графита наиболее сильно снижает сопротивление материала на разрыв и удар, при этом сопротивление сжатию снижается незначительно. Наличие графита в свободном состоянии в чугуне имеет и положительные стороны:

- улучшается обрабатываемость деталей резанием, так как образуется ломкая стружка;
- улучшаются антифрикционные свойства, по сравнению со сталью, так как графит обеспечивает дополнительную смазку поверхностей трения;
- микропустоты, заполненные графитом, позволяют хорошо гасить вибрации и иметь повышенную циклическую вязкость;
- детали, изготовленные из чугуна менее чувствительны к внешним концентраторам напряжений, т.е. к проточкам, отверстиям, изменениям сечений;

Серый чугун наиболее широко применяется в машиностроении. Он мало пластичен и вязок, но легко обрабатывается резанием, применяется для малоответственных деталей и деталей, работающих на износ. Серый чугун с высоким содержанием фосфора (0,3-1,2%) жидкотекуч и используется для художественного литья.

Структура чугуна не оказывает влияния на пластичность, она чрезвычайно низкая, но оказывает влияние на твердость. Механическая прочность серых чугунов определяется количеством, формой и размерами включений графита, рис. 1.15. С помощью модифицирования получают чугун с мелкими, завихренной формы чешуйками графита. Такая форма свободного графита меньше снижает его прочность. В качестве модификаторов применяют алюминий, силикокальций, ферросилиций.

Серые чугуны содержат: углерода – 3,2-3,5%; кремния – 1,9-2,5%; марганца –0,5-0,8%; фосфора – 0,1-0,3%; серы – <0,12%.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Серый чугун, согласно ГОСТ 1412-85 подразделяют на 10 марок и обозначают, например, СЧ12-24, СЧ18-36 и т.п. Первые две цифры, после букв, показывают средний предел прочности при растяжении, а вторые – предел прочности при испытаниях на изгиб.

В зависимости от химического состава и назначения чугуны подразделяют на легированные, специальные, или ферросплавы, ковкие и высокопрочные чугуны.

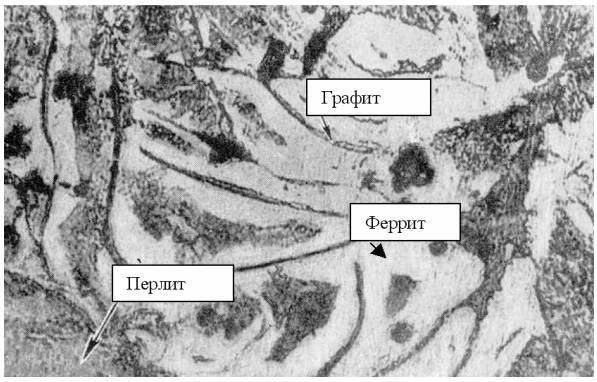


Рис. 1.15. Серый чугун с пластинчатым графитом: перлитоферритографитная микроструктура

Легированныи чугун наряду с обычными примесями содержит легирующие элементы: хром, никель, титан и др. Эти элементы улучшают твердость, прочность, износостойкость. Различают хромистые, титановые, никелевые чугуны. Их применяют для изготовления деталей машин с повышенными механическими свойствами, работающих в водных растворах, в газовых и других агрессивных средах.

Специальный чугун, или ферросплав, имеет повышенное содержание кремния или марганца. К нему относятся ферромарганец, содержащий до 25% марганца, и ферросилиций, содержащий 9-13% кремния и 15-25% марганца. Эти чугуны применяются при плавке стали, для ее раскисления, т.е. для удаления из стали вредной примеси – кислорода.

Ковкий чугун. Для получения ковкого чугуна, белый чугун содержащий: углерода – 2,4-3,0%, кремния – 0,8-1,4%, марганца – 0,3-1,0%, фосфора – до 0,2%, серы – до 0,1%, подвергают длительному отжигу. Отливку из белого чугуна (обычно упакованную в ящике с песком) нагревают в течение 20-25 часов до 950-1000° С и выдерживают при этой температуре около 15 ч. В этот период (первая стадия графитизации) цементит распадается на аустенит и хлопьевидный графит. Затем отливки в течение 6-12 ч. охлаждают до температуры 760 °С. В процессе охлаждения из аустенита выделяется цементит, который также превращается в графит. В интервале температур 760-720 °С отливку выдерживают примерно 30 ч. В результате такого отжига структура чугуна будет состоять из феррита и хлопьевидного графита, рис. 1.16.

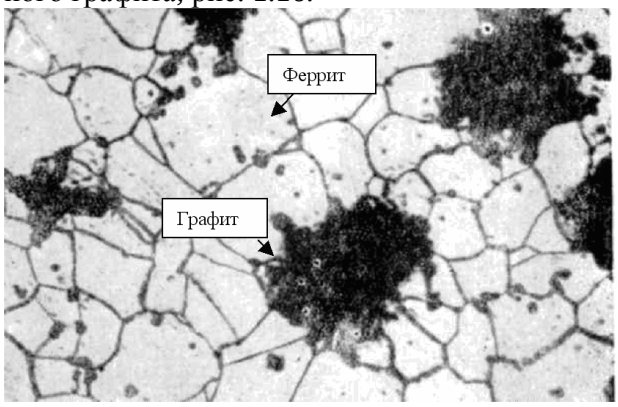


Рис. 1.16. Ковкий чугун с хлопьевидным графитом: ферритографитная микроструктура

Ковкий чугун обладает повышенной прочностью при растяжении и высоким сопротивлением удару. Из ковкого чугуна изготовляют детали сложной формы: картеры заднего моста автомобилей, тормозные колодки, тройники, угольники и т.д.

Ковкий чугун, согласно ГОСТ 1215-79 подразделяют на 7 марок и обозначают, например, КЧ30-6, КЧ33-8 и т.п. Первые две цифры, после букв, показывают средний предел прочности при растяжении, а вторые – относительное удлинение.

Высокопрочный чугун. Высокопрочные чугуны могут иметь ферритную, феррито-перлитную и перлитную металлическую основу с шаровидным графитом, рис. 1.17. Получают эти чугуны из серых, в результате их модифицирования магнием или церием (добавляется 0,03-0,07% от массы отливки). Высокопрочные чугуны содержат: углерода – 3,2-3,8%, кремния – 1,9-2,6%, марганца – 0,6-0,8%, фосфора – до 0,12%, серы – до 0,3%.

Высокопрочные чугуны обладают высоким пределом текучести – σ_T = 300-420 МПа, высокой ударной вязкостью и усталостной прочностью – σ_{-1}=230-250 МПа и высоким модулем упругости.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Высокопрочный чугун применяется для изготовления более ответственных изделий, заменяя сталь (коленчатых валов, поршней, шестерен и др.).

Высокопрочные чугуны обладают удовлетворительной свариваемостью.

Высокопрочный чугун, согласно ГОСТ 7293-85 обозначают, например, ВЧ50-1,5; ВЧ45-5 и т.п. Первые две цифры, после букв, показывают средний предел прочности при растяжении, а вторые – предел прочности при испытаниях на изгиб.

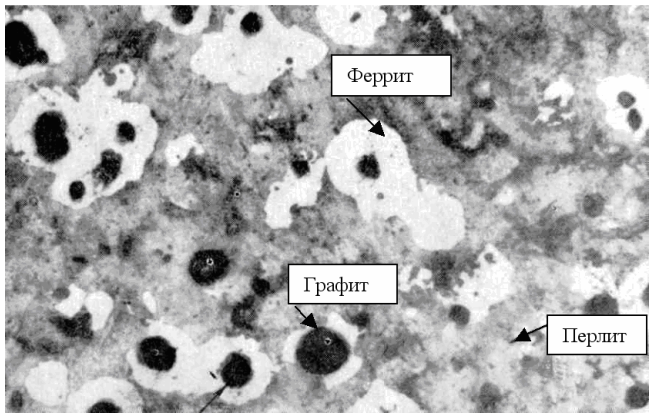


Рис. 1.17. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом: перлитоферритографитная микроструктура

Сталь. Сталью называется сплав железа с углеродом, содержащий углерода до 2,%. Как и чугун, сталь имеет примеси кремния, марганца, серы и фосфора, Основное отличие стали от чугуна – это то, что сталь содержит меньшее количество углерода и примесей.

Сталь получают в кислородных конверторах, мартеновских печах, в электропечах (дуговых индукционных).

Обладая хорошими технологическими свойствами, стали являются наиболее распространенным материалом. Достоинством стали, по сравнению с другими материалами является возможность, получать нужный комплекс свойств металла, изменяя состав и вид термообработки. Изделия из стали получают подвергая ее обработке давлением и резанием.

В зависимости от химического состава стали делятся на углеродистые и легированные.

В состав *углеродистой стали* кроме углерода входит небольшое количество постоянных примесей (Si, Mn, S, P), попадающих в нее при выплавке. Главным элементом, определяющим, свойства углеродистой стали, является углерод. Он повышает твердость, упругость, прочность, уменьшает пластичность и сопротивление ударным нагрузкам.

Кремний и марганец в небольшом количестве особого влияния на свойства стали не оказывают. Сера и фосфор считаются вредными примесями. Сера вызывает красноломкость, хрупкость при высоких температурах, уменьшает коррозионную стойкость. Фосфор увеличивает хрупкость и хладноломкость стали, т.е. хрупкость при обычных температурах, Однако в определенных дозах они необходимы для получения специальных свойств стали.

Углеродистая сталь, в свою очередь, подразделяется по назначению и качеству. По назначению она делится на конструкционную и инструментальную.

Конструкционная углеродистая сталь содержит до 0,6% углерода (как исключение допускается содержание углерода до 0,85%).

По качеству конструкционная углеродистая сталь делится на сталь *обыкновенного качества* и *качественную*.

На металлургических заводах для отличия этих сталей на торцах стальных прутков выбивают клеймо марки, условным цветом окрашивают торцы или наносят метки по окружности прутка.

Инструментальная углеродистая сталь содержит углерода 0,7% и более. Она отличается высокой твердостью и прочностью.

В *легированной стали* наряду с обычными примесями имеются один или несколько легирующих элементов, улучшающих ее свойства: хром, вольфрам, молибден и др., а также кремний и марганец в сравнительно большем количестве.

Легирующие элементы оказывают разностороннее влияние на свойства стали – например, хром повышает твердость и коррозионную стойкость; вольфрам увеличивает твердость и красностойкость; молибден увеличивает красностойкость, прочность и сопротивление окислению при высоких температурах; марганец при содержании свыше 1% увеличивает твердость, износостойкость, стойкость против ударных нагрузок.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

По назначению легированная сталь делится на три группы: *конструкционную*, *инструментальную* и *сталь с особыми физическими и химическими свойствами*. Широкое применение в металлообработке имеет один из видов инструментальной легированной стали – *быстрорежущая сталь*. Главные достоинства этой стали – твердость и красностойкость (она не теряет твердости до 600° С), Легирующими элементами в ней служат вольфрам (в количестве не менее 6%), хром (не менее 4%), а также кобальт, ванадий, молибден, Содержание углерода 0,7-1,1%. Наиболее распространенные марки быстрорежущей стали; Р9, Р18, Р6М3, Р6М5. Цифра в маркировке после буквы Р означает наличие W, после М – наличие Мо в %-х.

К сталям с *особыми физическими свойствами* относятся; магнитная и немагнитная стали, сталь, обладающая высоким электрическим сопротивлением, и сталь с особыми тепловыми свойствами.

Стали и сплавы с *особыми химическими свойствами* – это коррозионностойкие, нержавеющие, жаростойкие и жаропрочные.

Влияние углерода на свойства сталей. В углеродистых сталях основным элементом, определяющим их свойства, является углерод. Изменение содержания углерода изменяет структуру железоуглеродистых сплавов, а, следовательно, и их свойства.

На рис. 1.18. видно, что увеличение содержания углерода в стали повышает прочность и твердость ($\sigma_в$, НВ) и снижает показатели пластичности (δ, ψ, $\alpha_н$). Прочность стали повышается до содержания углерода около 0,9%, а затем она уменьшается, так как образуется грубая сетка вторичного цементита.

Увеличение содержания углерода влияет на вязкие свойства стали, повышает порог хладноломкости и снижает ударную вязкость. При выборе стали следует учитывать, что стали с низким содержанием углерода плохо обрабатываются резанием.

Влияние постоянных примесей на свойства сталей. В сталях всегда присутствуют примеси, которые делятся на четыре группы:

- постоянные примеси: кремний, марганец, сера, фосфор;
- скрытые примеси – газы: азот, кислород, водород попадают в сталь при выплавке;
- специальные примеси: легирующие элементы.

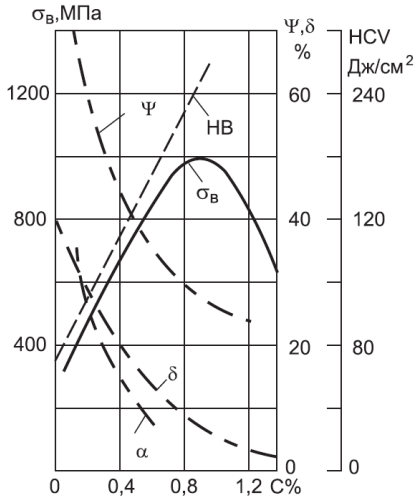


Рис. 1.18. Влияние углерода на механические свойства стали

Марганец является необходимой примесью в количестве 0,5-0,8% при производстве различных сталей. Его используют в качестве раскислителя и десульфуратора стали. Марганец устраняет вредное влияние включений закиси железа и способствует получению плотных слитков без газовых пузырей, кроме того, марганец, взаимодействуя с серой, предотвращает образование сульфидов железа, повышенное количество которых является причиной хрупкости стали при механической обработке. Частицы сульфида марганца располагаются в виде отдельных включений, которые деформируются и оказываются вытянутыми вдоль направления прокатки. Марганец повышает прочность, не снижая пластичности, и резко снижает красноломкость стали, вызванную влиянием серы.

Кремний при раскислении стали также устраняет вредное влияние закиси железа, способствуя получению плотных слитков. Содержание кремния в углеродистых сталях в качестве постоянной примеси не превышает 0,35-0,4%. Кремний растворяется в феррите и повышает прочность стали, особенно повышается предел текучести, $\sigma_{0,2}$, но в то же время наблюдается некоторое снижение пластичности, что снижает способность стали к вытяжке.

Фосфор для большинства сталей является вредной примесью. Фосфор, растворяясь в феррите, искажает кристаллическую решетку и увеличивает предел прочности $\sigma_в$ и предел

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

текучести σ_T. Фосфор, образуя с железом твердый раствор, способствует резкому снижению пластичности и вызывает хладноломкость стали (повышение температуры перехода в хрупкое состояние).

Содержание фосфора в стали – 0,025-0,045%. Фосфор, располагаясь вблизи зерен, увеличивает температуру перехода в хрупкое состояние, вызывает хладноломкость, уменьшает работу распространения трещин. Повышение содержания фосфора на каждую 0,01% повышает порог хладноломкости на 20-25 °С. Фосфор обладает склонностью к ликвации, поэтому в центре слитка отдельные участки имеют резко пониженную вязкость.

Следует отметить, что иногда фосфор может быть полезен. Например, он облегчает обработку стали режущим инструментом (в автоматной стали содержание фосфора допускается 0,06-0,15%); в присутствии меди фосфор повышает сопротивление коррозии (в коррозионностойких сталях).

Сера также является вредной примесью, попадает в сталь из чугуна. Сера при взаимодействии с железом образует химическое соединение – сульфид серы, который, в свою очередь, образует с железом легкоплавкую эвтектику с температурой плавления 988° С. Эта эвтектика при затвердевании стали располагается, как правило, по границе зерен и при нагреве до 1000-1200 °С оплавляется, вызывая при деформации (прокатке и ковке) стали трещины и надрывы. Эти явления называются красноломкостью.

Содержание серы в сталях составляет 0,025-0,06%. Сера снижает ее механические свойства, особенно ударную вязкость и пластичность (δ и ψ), а также предел выносливости. Она ухудшают свариваемость и коррозионную стойкость стали. Единственным положительным фактором серы является то, что она облегчает обработку стали резанием (в автоматной стали допускается содержание 0,08-0,30% серы).

Влияние скрытых примесей на свойства сталей. Скрытые примеси: азот, кислород, водород попадают в сталь при выплавке.

Азот и *кислород* находятся в стали в виде хрупких неметаллических включений: окислов (FeO, SiO_2, MnO и т.п.) и нитридов (Fe_2N), в виде твердого раствора или в свободном состоянии, располагаясь в дефектах (раковинах, трещинах). Примеси внедрения (азот и кислород) повышают порог хладноломкости и снижают сопротивление хрупкому разрушению.

Закись железа с сернистым железом образуют легкоплавкую эвтектику с температурой плавления 940 °С, что способствует красноломкости стали. Окислы в стали в виде неметаллических включений приводят к местной концентрации напряжений и преждевременному выходу из строя деталей. Поэтому всегда при выплавке и горячей обработке стремятся к полному удалению кислорода из стали.

Водород. Очень вредным является растворенный в стали водород, который значительно хрупкость (охрупчивание) стали. Он приводит к образованию в катанных заготовках и поковках флокенов, представляющих собой дефекты внутри строения стали в виде серебристо-белых пятен или волосовин.

Водородное охрупчивание – процесс, приводящий к уменьшению вязкости или пластичности металла вследствие присутствия атомарного водорода. Существует два типа водородного охрупчивания:

- внутреннее водородное охрупчивание, встречается, когда водород попадает в расплавленный металл, который становится пересыщенным по водороду сразу после затвердевания;
- внешнее водородное охрупчивание – возникает в результате абсорбции водорода твердым металлом. Абсорбция может происходить во время тепловой обработки при высокой температуре и при эксплуатации, в процессе нанесения гальванического покрытия, при контакте с эксплуатационной химической средой, в результате коррозионных реакций, катодной защиты, при работе в водородной среде при повышенном давлении.

При отсутствии остаточных напряжений или внешней нагрузки, водородное охрупчивание внешне проявляется образованием вздутий, внутренним трещинообразованием, формированием гидрида и снижением вязкости. При растягивающих напряжениях или интен-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сивности напряжений, превышающих удельное пороговое значение, атомарный водород взаимодействует с металлом, что стимулирует рост докритической трещины вплоть до разрушения.

Влияние легирующих элементов на свойства сталей. Специальные примеси – легирующие элементы вводятся в сталь для придания ей специальных свойств. К легирующим компонентам относят Cr, Ni, W, Mo, V, Cu, Al, Nb, Si, Mn, B, Co и т.п. (Si и Mn при содержании каждого более 0,8-1,0%).

Стали, в состав которых специально вводятся один или несколько легирующих компонентов для получения заданных свойств, называют *специальными* или *легированными* сталями.

В зависимости от того, каким компонентом сталь легирована, ее называют *хромовой*, *никелевой*, *ванадиевой* и т.п. Если сталь легирована несколькими компонентами, то ее называют *хромоникелевой*, *хромомарганцевой*, *хромоникельвольфрамовой* и т.п.

Основной целью легирования стали является изменение ее строения и физико-механических свойств (главным образом повышение прочности при специфических условиях службы изделия). Легированием можно повысить твердость стали, сопротивление износу и коррозии, а также придать ряд других особых физических и химических свойств, например, способность служить в условиях высоких и низких температур, высоких и низких давлений, в агрессивных средах и т.п. В наибольшей мере преимущества легированной стали проявляются после ее термической обработки.

Влияние легирующих компонентов на свойства стали зависит от количества вводимых элементов и их взаимодействия с железом и углеродом. Легирующие компоненты при взаимодействии с железом обычно находятся в виде твердого раствора или химического соединения, а при взаимодействии с углеродом – в связанном или свободном состоянии.

Легирующие компоненты обычно образуют с железом твердые растворы замещения с полной (Ni, Co), или ограниченной (все остальные) растворимостью. Если их вводят в сталь в количествах, превышающих предел растворимости, то избыток элементов образует с железом химические соединения (интерметаллиды типа FeCr, Fe_3Mo_2, FeV и т.п.). При образовании твердых растворов изменяются все свойства стали, особенно физические и механические.

Легирующие компоненты Mn, Cr, W, Mo, V, Ti, Nb, Ta, Zr и др. образуют с углеродом устойчивые карбиды Mn_3C, Cr_7C_3, W_2C, Mo_2C, VC, NiC, NbC, TaC, ZrC, повышающие предел прочности и твердость стали. По степени увеличения стойкости карбидов легирующие компоненты располагаются в приведенной выше последовательности.

Все легирующие компоненты, за исключением марганца, при нагреве задерживают рост зерна аустенита, что позволяет легированные стали подвергать обработке давлением в более широком интервале температур, не опасаясь перегрева.

На механические и другие свойства стали отдельные легирующие компоненты оказывают разное влияние:

- Mn, Si, Ni, W, Mo, Cr и другие – повышают предел прочности и твердость;
- Ni, V, Co – повышают вязкость;
- Mn, Ni, Cr – повышают сопротивление истиранию;
- Ni, Cr, Cu, Si, Mo и другие – повышают коррозионную стойкость.

Хром – основной легирующий элемент, (0,8-1,2)%. Хром повышает прокаливаемость, способствует получению высокой и равномерной твердости стали, снижает порог хладноломкости.

Бор – дополнительный легирующий элемент, 0,003%. Бор увеличивает прокаливаемость, а также повышает порог хладноломкости.

Марганец – дополнительный легирующий элемент. Марганец увеличивает прокаливаемость, но содействует росту зерна, и повышает порог хладноломкости.

Титан – дополнительный легирующий элемент, ~0,1%. Титан вводят для измельчения зерна в хромомарганцевой стали.

Молибден – дополнительный легирующий элемент, 0,15-0,46%. Введение молибдена в хромистые стали увеличивает прокаливаемость, снижает порог хладноломкости. Молиб-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ден увеличивает *статическую*, *динамическую* и *усталостную* прочность стали, устраняет склонность к внутреннему окислению. Кроме того, молибден снижает склонность к отпускной хрупкости сталей, содержащих никель.

Статическая прочность – способность материала сопротивляться разрушению. Характеризуется пределами текучести $\sigma_{0,2}$ и прочности $\sigma_{вр}$.

Динамическая прочность характеризует поведение материала при изменяющихся с высокой скоростью нагрузках или ударе. К ним относят *ударную вязкость* и *вязкость разрушения*.

Ударная вязкость (KCU, KCV или KCT) характеризует склонность к упругому разрушению. Ее оценивают работой, затраченной на деформацию и разрушение образца в условиях удара, отнесенной к единице площади поперечного сечения образца.

Вязкостью разрушения K_{1c} оценивает способность материала противостоять росту уже имеющейся трещины при динамическом нагружении.

Процесс постепенного накопления повреждений в материале под действием циклических нагрузок, приводящий к изменению его свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению материала, называют усталостью.

Разрушение от усталости по сравнению с разрушением от статической нагрузки характеризуется рядом особенностей:

- происходит при меньших напряжениях, чем при статической нагрузке;
- начинается на поверхности локально;
- протекает в несколько стадий и имеет характерное строение излома;
- присутствует очаг зарождения трещины;
- имеется зона усталости, в которой это зоне видны характерные бороздки, имеющие конфигурацию колец, что свидетельствует о скачкообразном продвижении трещины усталости;
- присутствует зона долома.

Ванадий – дополнительный легирующий элемент, 0,1-0,3%. Ванадий в хромистых сталях измельчает зерно и повышает прочность и вязкость.

Никель – введение в хромистые стали никеля, значительно повышает прочность и прокаливаемость, понижает порог хладноломкости, но при этом повышает склонность к отпускной хрупкости (этот недостаток компенсируется введением в сталь молибдена). Хромоникелевые стали, обладают наилучшим комплексом свойств. Однако никель является дефицитным, и применение таких сталей ограничено.

Медь – заменяет значительное количество никеля в хромоникелевых сталях, причем это не приводит к снижению вязкости.

Кремний – повышает ударную вязкость и температурный запас вязкости.

Классификация и маркировка углеродистых сталей. Углеродистые стали обычно классифицируют по содержанию углерода, назначению и качеству. По содержанию углерода различают:

- *низкоуглеродистые стали* – до 0,25% углерода;
- *среднеуглеродистые стали* – 0,25-0,60% углерода;
- *высокоуглеродистые стали* – 0,60-2,14% углерода.

Такая классификация необходима для выбора технологического процесса обработки углеродистых сталей.

Углеродистые стали по назначению (применению) и качеству различают:

- *конструкционные обыкновенного качества* и *качественные*, которые в свою очередь разделяются на *строительные* (низкоуглеродистые) и *машиностроительные* (среднеуглеродистые и низкоуглеродистые);
- инструментальные качественные и высококачественные

Углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества. Углеродистую конструкционную сталь обыкновенного качества по ГОСТ 380-71 разделяют на группу:

- *А* – сталь поставляемую с гарантируемыми механическими свойствами;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- *Б* – сталь поставляемую с гарантируемым химическим составом;
- *В* – сталь поставляемую с гарантируемыми механическими свойствами и с отдельными требованиями по химическому составу.

По степени раскисления стали обыкновенного качества имеют следующие обозначение: *кп* – кипящая, *пс* – полуспокойная, *сп* – спокойная.

Кипящая сталь, содержащая кремния (Si) не более 0,07%, получается при неполном раскислении металла марганцем. Сталь характеризуется резко выраженной неравномерностью распределения вредных примесей (серы и фосфора) по толщине проката. При сварке металла, местная повышенная концентрация серы может привести к образованию кристаллизационных трещин в шве и околошовной зоне. Кипящая сталь склонна к старению в околошовной зоне и переходу в хрупкое состояние при отрицательных температурах.

Спокойная сталь получается при раскислении марганцем, алюминием и кремнием, и содержит кремния (Si) не менее 0,12%; сера и фосфор распределены в ней более равномерно, чем в кипящей стали. Эта сталь менее склонна к старению и отличается меньшей реакцией на сварочный нагрев.

Полуспокойная сталь по склонности к старению занимает промежуточное место между кипящей и спокойной сталью.

Конструкционную сталь обыкновенного качества выплавляют в конверторах или мартеновских печах.

Конструкционную сталь обыкновенного качества группы *А* обозначают Ст.0, Ст.1, Ст.2, Ст.3, Ст.4, Ст.5, Ст.6. Буквы «Ст.» обозначают сталь, цифры указывают на номер стали; чем больше цифра, тем выше прочность, твердость, но ниже пластичность. Содержание углерода в стали группы *А* приблизительно 0,43-0,47%. Буква *А* в марке не ставится в отличие от сталей группы *Б* и *В*. В марке указывается степень раскисления и в конце категория, например, Ст.1кп, Ст.2кп3, БСт.2пс, ВСт.4кп4 (первая категория не указывается – Ст.1пс)

Для сталей группы *Б* указывают способ производства буквами *М*, *Б* или *К* (соответственно мартеновский, бессемеровский или конверторный), например, МСт.0, МСт.1, МСт.2 и т.д.; БСт.0, БСт.1, БСт.2 и т.д.; КСт.0, КСт.1, КСт.2 и т.д.

Сталь группы *В* изготавливают в мартеновских печах или в конверторах. Марку этой стали обозначают с буквой *В*, например ВМСт.0, ВМСт.1, ВМСт.2 и т.д. или ВКСт.0, ВКСт.1, ВКСт.2 и т.д.

Классификация сталей обыкновенного качества по группам предусматривает и *область применения* этих сталей. Так из горячекатаной стали группы *А* изготавливают детали машин и механизмов механической обработкой, не подвергая предварительно горячей обработке (ковке, штамповке, а также сварке).

Если сталь предназначена для изготовления деталей горячей обработкой (ковкой, штамповкой и т.д.), то исходная структура и механические свойства не сохраняются, поэтому потребителю важен гарантированный химический состав стали, так как он определяет режим горячей обработки и конечные механические свойства изделия. В этом случае сталь поставляют по химическому составу (сталь группы *Б*).

В большинстве случаев отдельные узлы машин и механизмов, детали изготовляют или восстанавливают сваркой. Свойства стали в зоне сварного шва определяются ее химическим составом. Поэтому нужно гарантировать химический состав стали сварного шва, соответствующий химическому составу свариваемых изделий. В тоже время те части изделия, которые не подвергаются тепловому влиянию зоны сварного шва сохраняют исходную структуру и свойства, полученные при прокатке. Такой металл поставляется с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (сталь группы *В*).

Углеродистая конструкционная качественная сталь. Углеродистую конструкционную качественную сталь (иногда ее называют машиностроительной) по ГОСТ 1050-88 в зависимости от химического состава разделяют:

- группа I – стали с нормальным содержанием марганца;
- группа II – стали с повышенным содержанием марганца.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Углеродистые конструкционные качественные стали I группы обозначают так: 05, 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 65, 70, 75, 80, 85.Цифры показывают содержание углерода в стали в сотых долях процента, например, сталь 30 содержит 0,27-0,35% углерода.

Конструкционные качественные углеродистые стали II группы с повышенным содержанием марганца (до 1,2%) обозначают 15Г, 20Г, 25Г и т.д. до 70Г (буква *Г* указывает на повышенное содержание марганца).

Углеродистая инструментальная сталь. Углеродистую инструментальную качественную сталь согласно ГОСТ 1435-90, обозначают так: У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13. Буква *У* обозначает «сталь углеродистая инструментальная», цифра показывает среднее содержание углерода в десятых долях процента

Углеродистую инструментальную высококачественную сталь обозначают так же, как и качественную, но с добавлением буквы *А*, например У7А, У8А и т.д. Высококачественная инструментальная сталь имеет более узкие пределы содержания элементов, содержит меньше серы и фосфора (по 0,92%) и неметаллических включений, имеет более высокие механические свойства.

Классификация и маркировка легированных сталей. Легированные стали классифицируют по назначению (применению), химическому составу, структуре (в отожженном и нормализованном состоянии), содержанию легирующих компонентов и другим признакам.

По назначению легированные стали разделяют на группы:

- конструкционные (машиностроительные и строительные), предназначенные для изготовления деталей машин и элементов конструкций сооружений;
- инструментальные, применяемые для изготовления режущего, штампового, измерительного и прочего инструмента;
- стали и сплавы с особыми свойствами (нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, теплоустойчивые и т.п.).

Наиболее распространена классификация легированных сталей по *химическому составу*, так как химический состав легированных сталей является основой ее маркировки по ГОСТ 4543-71. Маркировка легированных сталей осуществляется так, что условное обозначение, выраженное буквами и цифрами, показывает примерный химический состав стали.

В табл. 1.2. приведено обозначение химических элементов в марке легированной стали.

Таблица 1.2 **Обозначение химических элементов в марке легированной стали**

Элемент	Условное обозначение		Элемент	Условное обозначение	
	в таблице Менделеева	в марке стали		в таблице Менделеева	в марке стали
Марганец	Мп	Г	Титан	Ti	Т
Кремний	Si	С	Ниобий	Mb	Б
Хром	Сг	Х	Ванадий	V	Ф
Никель	Ni	Н	Кобальт	Co	К
Молибден	Mo	М	Медь	Cu	А
Вольфрам	W	В	Бор	B	р
Селен	Se	Е	Цирконий	Zr	Ц
Алюминий	Al	Ю	Азот	N	А

Первые две цифры марки легированной стали обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента; легирующие компоненты, входящие в сталь, обозначаются соответствующей буквой, а их среднее содержание – цифрой стоящей после буквы. При содержании легирующего компонента, примерно 1%, цифру не ставят, при больших содержаниях ставят цифры:1, 2, 3 и т.д., соответствующие примерному содержанию легирующего

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

компонента 1,5; 2; 3% и т.д. Буква *А* в конце марки стали указывает на уменьшенное содержание вредных примесей, а в середине марки – на содержание в ней азота, внедренного в качестве легирующего компонента.

Например, 30Х – хромистая сталь, содержащая примерно 0,30% углерода и 1% хрома; 20ХГ – хромомарганцовистая сталь, содержащая примерно 0,20% углерода, 1% хрома и 1% марганца; 35Х2МА высококачественная хромомолибденовая сталь, содержащая примерно 0,35% углерода, 2% хрома, 1% молибдена; ОХ18Г8Н2Т – нержавеющая хромомарганцевоникелетитановая сталь, содержащая до 0,08% углерода, 18% хрома, 8% марганца, 2% никеля и примерно 0,5% титана.

По структуре в нормализованном состоянии легированные стали делятся па три класса:

- перлитный – содержание легирующих элементов до 5%;
- мартенситный – содержание легирующих элементов до 13%;
- аустенитный – содержание легирующих элементов до 20-30% (главным образом никель и марганец).

По содержанию легирующих компонентов стали разделяют на следующие группы:

- низколегированные – суммарное содержание легирующих компонентов до 2,5%;
- среднелегированные – суммарное содержание легирующих компонентов 2,5-10%;
- высоколегированные – суммарное содержание легирующих компонентов свыше 10%.

В последние годы для улучшения качества стали применяются новые методы ее выплавки, которые находят отражение в обозначениях марок стали:

- ВД – вакуумно-дуговой;
- ВИ – вакуумно-индукционный;
- Ш – шлаковый;
- ПВ – прямого восстановления;
- ЭШП – электронно-шлаковый переплав;
- ШД – вакуумно-дуговой после шлакового переплава;
- ЭЛП – электронно-лучевой переплав;
- ПДП – плазменно-дуговой переплав;
- ИШ – вакуумно-индукционный плюс электрошлаковый переплав;
- ИП – вакуумно-индукционный плюс плазменно-дуговой переплав.

Замена сталей, сталями по ГОСТ 27772. Согласно СНиП П-23-81 часть II глава 23, некоторые стали можно заменять сталями выпускаемыми по ГОСТ 27772-88, в табл. 1.3 приведена допустимая замена.

Таблица 1.3 **Марки стали, заменяемые сталями по ГОСТ 27772-88**

Стали по ГОСТ 27772-88	Заменяемая марка стали	ГОСТ или ТУ
С235	ВСт3кп2	ГОСТ 380-71**
	ВСт3кп2-1	ТУ 14-1-3023-80
	18кп	ГОСТ 23570-79
С245	ВСт3пс6 (листовой прокат толщиной до 20 мм, фасонный – до 30 мм)	ГОСТ 380-71**
	ВСт3пс6-1	ТУ 14-1-3023-80
	18пс	ГОСТ 23570-79
С255	ВСт3сп5, ВСт3Гпс5, ВСт3пс6 (листовой прокат толщиной 20-40 мм, фасонный – свыше 30 мм)	ГОСТ 380-71**
	ВСт3сп5-1, ВСт3Гпс5-1	ТУ 14-1-3023-80
	18сп, 18Гпс, 18Гсп	ГОСТ 23570-79

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 1.3

Стали по ГОСТ 27772-88	Заменяемая марка стали	ГОСТ или ТУ
С275	ВСт3пс6-2	ТУ 14-1-3023-89
С285	ВСт3сп5-2, ВСт3Гпс5-2	ТУ 14-1-3023-80
С345, С345Т	09Г2	ГОСТ 19281-73*, ГОСТ 19282-73*
	09Г2С, 14Г2 (листовой, фасонный прокат толщиной до 20 мм), 15ХСНД (листовой прокат толщиной до 10 мм, фасонный – до 20 мм)	ГОСТ 19282-73*
	12Г2С гр. 1	ТУ 14-1-4323-88
	09Г2 гр.1; 09Г2 гр.2; 09Г2С гр.1; 14Г2 гр.1 (фасонный – до 20 мм)	ТУ 14-1-3023-80
	390	ТУ 14-15-146-85
	ВСтТпс	ГОСТ 14637-79*
С345К	10ХНДП	ГОСТ 19281-73*, ГОСТ 19282-73*, ТУ 14-1-1217-75
С375, С375Т	09Г2С гр.2	ТУ 14-1-3023-80
	12Г2С гр.2	ТУ 14-1-4323-88
	14Г2 гр.1 (фасонный прокат толщиной свыше 20 мм), 14Г2 гр.2 (фасонный прокат толщиной до 20 мм)	ТУ 14-1-3023-80
	14Г2 (фасонный и листовой прокат толщиной свыше 20 мм), 10Г2С1, 15ХСНД (фасонный прокат толщиной свыше 20 мм, листовой – свыше 10 мм), 10ХСНД (фасонный прокат без ограничения толщины, листовой – толщиной до 10 мм)	ГОСТ 19281-73*, ГОСТ 19282-73*
С390, С390Т	14Г2АФ, 10Г2С1 термоупрочненная, 10ХСНД (листовой прокат толщиной свыше 10 мм)	ГОСТ 19282-73*
С390К	15Г2АФДпс	ГОСТ 19282-73*
С440	16Г2АФ, 18Г2АФпс, 15Г2СФ термоупрочненная	ГОСТ 19282-73*
С590	12Г2СМФ	ТУ 14-1-1308-75
С590К	12ГН2МФАЮ	ТУ 14-1-1772-76

***Примечания*:** 1. Стали С345 и С375 категорий 1, 2, 3, 4 по ГОСТ 27772-88 заменяют стали категорий соответственно 6, 7 и 9, 12, 13 и 15 по ГОСТ 19281-73* и ГОСТ 19282-73*.

2. Стали С345К, С390, С390К, С440, С590, С590К по ГОСТ 27772-88 заменяют соответствующие марки стали категорий 1-15 по ГОСТ 19281-73* и ГОСТ 19282-73*, указанные в настоящей таблице.

3. Замена сталей по ГОСТ 27772-88 сталями, поставляемыми по другим государственным общесоюзным стандартам и техническим условиям, не предусмотрена.

Дефекты металлопроката. В материалах, используемых в качестве сырья для ремонтно-слесарных и сварочных работ могут быть дефекты.

Трещины – бывают одиночные или групповые, расположенные беспорядочно или идущие в определенном направлении. По длине они могут достигать нескольких метров; глубина трещин в зависимости от размеров проката, причин и условий возникновения дефекта достигает 10-15 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Штамповочные трещины – (трещины горячего деформационного происхождения) связаны с пониженной пластичностью материала и имеют, как правило, извилистый характер.

Трещины напряжения – дефект, представляющий собой направленную вглубь металла, часто под прямым углом к поверхности, трещину, образующуюся вследствие объемных изменений, связанными со структурными превращениями, или с нагревом и охлаждением металла.

Флокены – представляют собой волосообразные трещины с кристаллическим строением поверхности стенок, образующиеся внутри толстого проката или поковок (диаметром более 30 мм) из сталей перлитного и мартенситного классов (хромистых, хромоникелевольфрамовых, марганцовистых и некоторых других легированных сталей).

Флокены можно наблюдать на изломах в виде пятен круглой или овальной формы, имеющих серебристо-белую блестящую окраску и называемых «хлопьями», а на макро- и микрошлифах – в виде прямых, иногда извилистых и зигзагообразных линий длиной от десятых долей миллиметра до 10-15 мм и более. В малых сечениях изделий из сильно прокатанной стали (диаметром менее 25-30 мм) флокены никогда не обнаруживаются так же, как и в литой стали. Флокены не встречаются также в сталях аустенитного класса. Характерным для флокенов является расположение в виде групп преимущественно в средней части проката или поковки. Причина образования флокенов – возникновение значительных структурных напряжений и охрупчивание стали в сердцевине, вызванное присутствием водорода, не успевшего выделиться из металла при быстром охлаждении.

Волосовины – мелкие внутренние или выходящие на поверхность трещины, образовавшиеся из газовых пузырей или неметаллических включений при прокате или ковке. Они направлены вдоль волокон металла и в поперечном изломе видны как точки или линии небольшой высоты. Шлаковые и песчаные включения не способны пластически деформироваться и при обжатии слитка распадаются на большое число обломков с острыми углами, образуя при вытяжке цепочки вдоль волокон. Силикаты железа, марганца и других элементов при температуре прокатки могут быть пластичны, поэтому вытягиваются вдоль волокон прокатанного металла. Длина волосовин 20-30 мм, а иногда может достигать 100-150 мм. Волосовины встречаются во всех конструкционных сталях.

Расслоения – нарушения сплошности внутри прокатанного металла, представляющие собой раскатанные крупные дефекты слитка (глубокие усадочные раковины, усадочная пористость, скопления пузырей или неметаллических включений).

Характерным для расслоения является то, что поверхность нарушения сплошности параллельна плоскости прокатки. Так, раскатанные скопления неметаллических включений дают внутреннюю прослойку, разделяющую лист или профиль на две, три или несколько частей.

Внутренние разрывы – сравнительно крупные нарушения сплошности внутренней части заготовки, периодически повторяющиеся по ее длине. Поверхность излома по разрыву крупнокристаллическая. Разрывы возникают под влиянием сил растяжения вследствие неодинаковой деформации наружных и внутренних слоев прокатываемого металла с малой пластичностью. Наблюдаются при прокатке высоколегированных сталей. Разрывы, возникшие в начальной стадии прокатки, при дальнейшей значительной деформации могут образовать расслоения.

Рванины – представляют собой разрывы или надрывы металла разнообразного очертания с рваными краями. Чаще расположены на кромках листов, профилей. К образованию рванин при прокатке слитков особенно склонны высоколегированные стали с крупнозернистой структурой.

Скворечник – представляет собой раскрывшуюся при деформации внутреннюю поперечную термическую трещину в слитках или заготовках. На макрошлифе наблюдается полость с разрывами, выходящими на поверхность.

Закаты и заковы – вдавленные и закатанные (закованные) заусенцы или возвышения (бугорки) на поверхности, получившиеся при предыдущем пропуске слитка через калибр прокатного стана. При этом металл заусениц или возвышений не сваривается с основной массой проката. Закат, образовавшийся от заусенца, похож на продольную трещину, а от

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

возвышения – на плену с криволинейным незамкнутым контуром. Иногда закат образуется от остатков усадочной раковины после обрезки верхней части слитка с усадочной раковиной. При прокатке раковина не заваривается из-за окислов на ее стенках.

Плены – представляют собой сравнительно тонкие плоские отслоения на поверхности прокатанного или кованого металла. В большинстве случаев плены имеют вид «языка», у которого уширенный и утолщенный конец составляет одно целое с основной массой металла. По размерам плены бывают от мелких едва заметных чешуек до 100 мм и более по длине и ширине (в толстых листах); толщина плен колеблется от десятых долей миллиметра до 3-5 мм и более.

Причинами образования плен могут быть неудовлетворительное качество слитков (наличие на поверхности отливки плен, плохая раскисленность и пузырчатость металла) и нарушение режимов прокатки (неудовлетворительная калибровка, неправильная насечка валков, образование заусенцев и рванин в самом начале прокатки).

Прижоги – дефекты, образующиеся при локальном перегреве материала, например в процессе клеймения (маркировки) деталей электрографом. При металлографическом анализе материала деталей наличие прижогов устанавливается по белым, нетравящимся участкам, видимым на поверхности травленого шлифа.

Цветная маркировка сталей. Некоторые, наиболее распространенные, марки сталей маркируют, нанося цветные точки или линии, табл. 1.4.

Таблица 1.4 **Цветная маркировка сталей**

Стали	Маркировка	Описание
Сталь обыкновенного качества		
Ст0; ВСт0, БСт0		Красный и зеленый
Ст1, ВСт1кп		Желтый и черный
Ст2, ВСт2кп		Желтый
Ст3, ВСт3кп, ВСт3, БСт3кп, БСт3		Красный
Ст4, ВСт4кп, ВСт4, БСт4кп, БСт4		Черный
Ст5, ВСт5		Зеленый
Ст6		Синий
Углеродистая качественная сталь		
08, 10, 15, 20		Белый
25, 30, 35, 40		Белый и желтый
45, 50, 55, 60		Белый и коричневый
Легированная конструкционная сталь		
Хромистая		Зеленый и желтый
Хромомолибденовая		Зеленый и фиолетовый
Хромованадиевая		Зеленый и черный
Марганцовистая		Коричневый и синий
Хромомарганцовая		Синий и черный
Хромокремнистая		Синий и красный

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 1.4

Стали	Маркировка	Описание
Хромокремнемарганцовая		Красный и фиолетовый
Никельмолибденовая		Желтый и фиолетовый
Хромоникелевая		Желтый и черный
Хромоникелемолибденовая		Фиолетовый и черный
Хромоалюминиевая		Алюминиевый
Коррозионностойкая сталь		
Хромистая		Алюминиевый и черный
Хромоникелевая		Алюминиевый и красный
Хромотитановая		Алюминиевый и желтый
Хромоникелекремнистая		Алюминиевый и зеленый
Хромоникелетитановая		Алюминиевый и синий
Хромоникелениобиевая		Алюминиевый и белый
Хромомарганценикелевая		Алюминиевый и коричневый
Хромоникелемолибденотитановая		Алюминиевый и фиолетовый
Быстрорежущая сталь		
Р18		Бронзовый и красный
Р9		Бронзовый

Идентификация металлов. При отсутствии сертификата или маркировки на металле, до начала ремонтно-слесарных, механических и особенно сварочных работ проводится идентификация металла, необходимая для выбора сварочных материалов, определения режимов обработки, сварки и свариваемости металла. Поскольку внешний вид меди, латуни, бронзы, алюминия и его сплавов узнаваем достаточно легко, затруднения может вызвать лишь определение марки стали.

Определение состава стали довольно точно можно произвести по цвету и форме искр, образующемуся при обработке детали на наждачном круге. Форма и длина нитей искр, цвет искр, их количество, ширина пучка различны для разных марок стали.

Для определения марки стали необходим наждак с крупным, чистым абразивным кругом. Окружная скорость абразивного круга должна быть не выше 22,5 м/с.

При нажатии образца проверяемого металла на быстровращающийся наждачный круг образуется сноп искр, которые отличаются друг от друга по форме и цвету. Чем больше в стали содержится углерода, тем больше в ее искрах светлых звездочек. Присутствие в стали вольфрама можно установить по красному цвету искр. Хрома – по оранжевому.

Низкоуглеродистая сталь, содержащая приблизительно 0,1-0,2% углерода, выбрасывает из-под абразивного круга искры, расходящиеся веером в виде слегка изогнутых нитей желто-соломенного цвета с утолщением в середине и на конце, рис. 1.19, *а*. С повышением содержания углерода, основной рисунок искр остается прежним, но уменьшается длина нитей искр (для углеродистых сталей сокращается на 1/3) и вокруг веера возникает все больше ярких звездочек. Например, пучок искр стали с содержанием углерода 0,5% имеет вид такого же веера из слегка изогнутых нитей, но в районе среднего утолщения от пучка отде-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ляется небольшое количество искорок, которые сверкают отдельными звездочками. Высокоуглеродистая сталь, в том числе и инструментальная, дает искры с обильными звездочками, рис. 1.19, *б*.

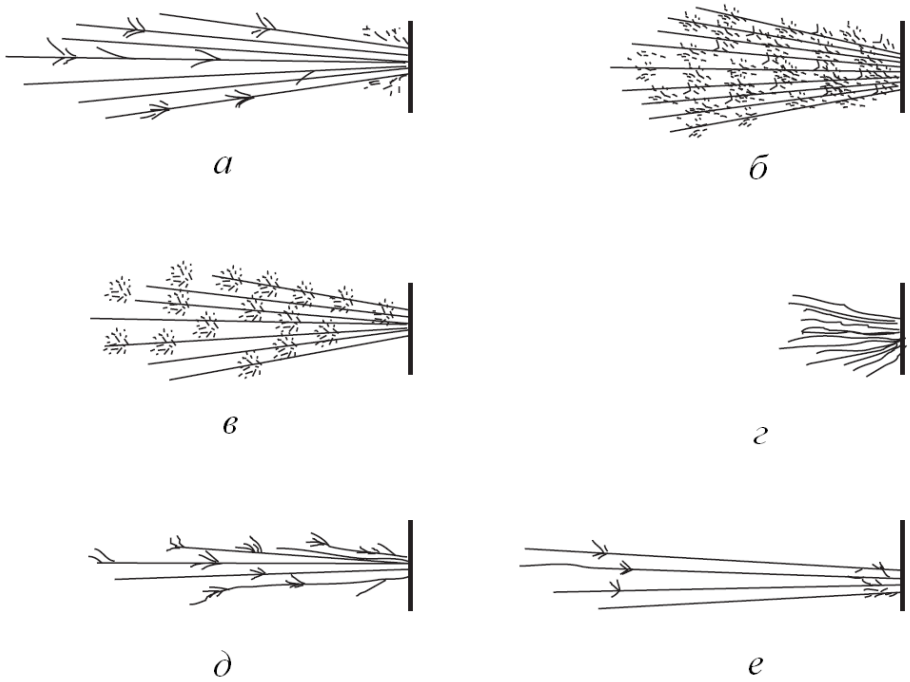


Рис. 1.19. Форма потока искр при тестировании металла с помощью абразивного круга

Серый чугун (рис. 1.19, *в*) производит пучок искр более короткий, чем сталь. Звездочки небольшие и повторяющиеся, и их объем незначителен. Часть пучка около круга красная, а внешняя часть желто-соломенного цвета.

Никель (рис. 1.19, *г*) имеют почти идентичные формы пучка искр. Размер искр небольшой, без звездочек, цвет оранжевый.

Нержавеющая сталь (рис. 1.19, *д*) производит пучок искр умеренного объема с незначительным количеством звездочек, длина нитей искр такая же, как и углеродистой стали, звездочки раздвоенные. Пучок искр около абразивного круга желто-соломенного цвета, а внешняя часть белая.

Ковкий чугун (рис. 1.19, *е*) производит пучок искр большого объема с отдельными звездочками, длина нитей искр почти равна длине нитей от низкоуглеродистой стали. Звездочки раздвоенные и появляются в конце пучка. Пучок искр около круга желто-соломенного цвета, а внешняя часть ярко-красная.

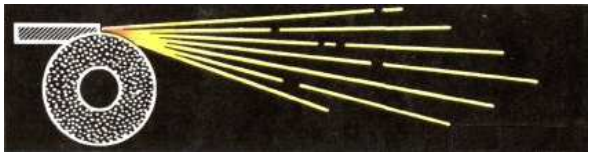
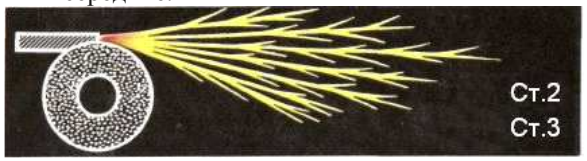
Цвета искр углеродистых сталей меняются в гамме оттенков от соломенно-желтого до светло-желтого. У хромистой стали нити искр длинные. От основной ветки в разных направлениях отлетают короткие тонкие веточки нитей искр со звездочками на конце. Цвет искр хромистой стали оранжево-красный. Нити искр вольфрамовой стали прерывистые, с небольшими утолщениями на конце.

В таб. 1.5 приведены характеристики искр и звездочек некоторых типов стали.

Освоение классификации металла по искре происходит методом проб и ошибок, при этом важно определить, при каком давлении металла на абразив получается поток искр соответствующей длины. Чрезмерное давление увеличивает температуру потока искр. Это, в свою очередь, увеличивает температуру вспышек (звездочек) и дает завышенное содержание углерода в металле. Тестируя металл, наблюдают за точкой расположенной на расстоянии одной трети от конца хвоста потока искр. Наблюдают только за теми искрами, которые пересекают линию зрения и могут образно представить форму искр. Мысленно фиксируют изображение искр, а затем осмотреть на весь сноп искр.

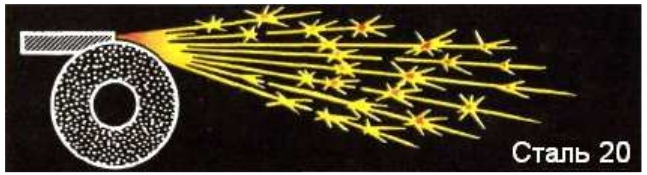
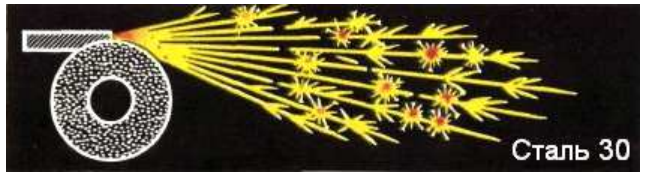
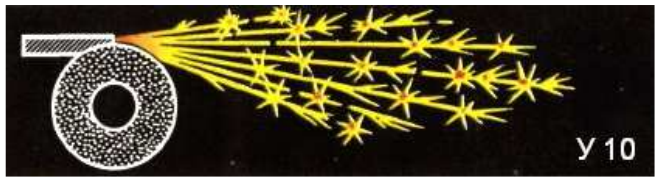
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 1.5 **Определение марки стали по искре**

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр	Пример
Низкоуглеродистая нелегированная (до 0,15% С)	Короткий темно-желтый пучок искр, принимающих форму полосок и становящихся более светлыми в зоне сгорания; мало звездообразных разветвлений. В начале искры имеется красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	 Сталь с содержанием углерода до 0,02% (железо Армко) – искры светло-желтые прямые без разветвлений с двумя-тремя короткими красными нитями в середине.  Сталь марок Ст.2 и Ст.3 – искры светло-желтые, разветвления несколько более развиты и тоньше, чем сама нить; на концах искр стрелочки, звездочек нет. Сталь 10 – искры светло-желтые с малым количеством разветвлений, небольшое количество удлиненных звездочек, кончики нитей острые, в середине некоторых звездочек имеется красно-желтые слабые пучки.
Среднеуглеродистая нелегированная (0,15-1,0% С)	При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей. В начале искры имеется красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	 Ст.4 – искры светло-желтые, разветвления тоньше, чем нити, и гуще, чем стали Ст.2 и Ст.3, звездочек нет.

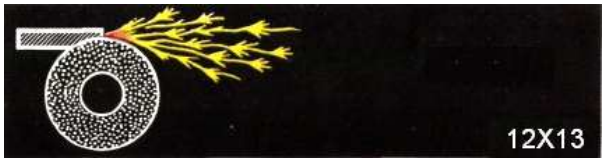
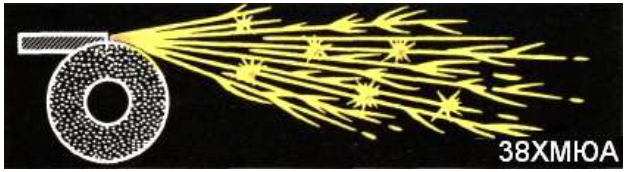
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 1.5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр	Пример
Среднеуглеродистая нелегированная (0,15-1,0% С)	При повышении содержания углерода образуется более плотный и более светлый желтый пучок искр с многочисленными звездочками и ответвлениями лучей. В начале искры имеется светло-красный пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	 Сталь марки 20 – искры светло-желтые, разветвлений и звездочек больше, чем у стали 10, но красно-желтых пучков в звездочках не меньше трех-пяти.  Сталь марки 30 – искры светло-желтые, разветвлений много, густые звездочки, концы нитей тонкие, во многих звездочках имеются красно-желтые крупинки в виде горошинок. Сталь марки 45 – искры светло-желтые, разветвления сильно развиты, на разветвлениях имеются крупные звездочки, в центре которых имеются красно-желтые крупинки.
Высокоуглеродистая нелегированная (свыше 1,0% С)	Очень плотный желтый пучок искр с многочисленными звездочками на концах нитей, при этом звездочки более разветвленные. При увеличении содержания углерода уменьшается яркость и укорачивается пучок искр. В начале искры имеется светло-красный пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	 Сталь У10 – искры светло-желтые, разветвлений и звездочек больше и крупнее, чем у стали 45, с большим количеством красно-желтых пучков в звездочках.

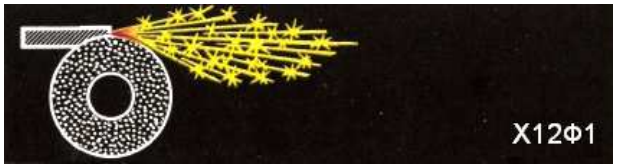
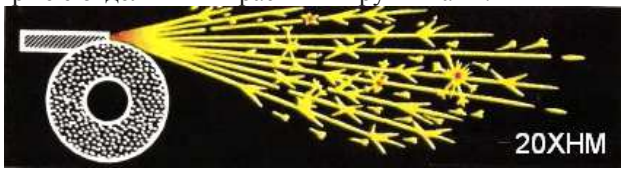
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 1.5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр	Пример
Нелегированная с повышенным содержанием марганца	Широкий плотный ярко-желтый пучок искр; внешняя зона линий искр особенно яркая. Многочисленные разветвления лучей. В начале искры имеется красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	Сталь автоматная 20 – искры светло-желтые с тонкими разветвлениями и с большим количеством звездочек: на концах нитей стрелочки, а в середине некоторых звездочек слабые красно-желтые пучки.
Марганцовистая (12% Mn)	Преобладание зонтообразных искр. В начале искры имеется красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	Искра длинная, голубоватого цвета, звездочек мало.
Хромистая с низким содержанием углерода и высоким содержанием хрома	Короткий темно-красный пучок искр без звездочек, слаборазветвленный; искры прилипают к поверхности шлифовального круга. В начале искры имеется красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	 Сталь 12Х13 – искры светло-желтые, короткие, с небольшими пучкообразными разветвлениями, с мелкими красными крупинками.
Сталь с содержанием хрома	Плотный пучок темно-красных нитей искр с большим количеством желтых звездочек на концах нитей, звездочки сильно разветвленные. В начале искры имеется красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	 Сталь 38ХМЮА – искры желтые, на концах нитей стрелочки, а в середине нитей имеются несколько крупных звездочек с небольшими красными крупинками.

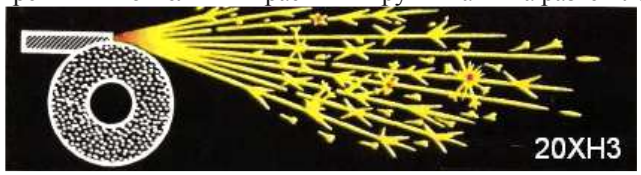
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 1.5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр	Пример
Сталь с содержанием хрома	Плотный пучок темно-красных нитей искр с большим количеством желтых звездочек на концах нитей, звездочки сильно разветвленные. В начале искры имеется красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	 Сталь Х12Ф1 – искры желтые, короткие, густые звёздочки, концы нитей острые с отдельными красными крупинками.  Сталь 20ХНМ – искры желтые, в центре искр выделяется несколько ярких звездочек, на концах искр имеются стрелочки и несколько красных крупинок в звездочках. Сталь 4ХС – искры светло-желтые, на концах нитей стрелочки, на разветвлениях выделяется несколько светлых звездочек с небольшими светло-красными крупинками в середине. Сталь Х, ХГ – искры желтые, на разветвлениях большое количество крупных светло-красных звездочек с мелкими желтыми крупинками в середине.

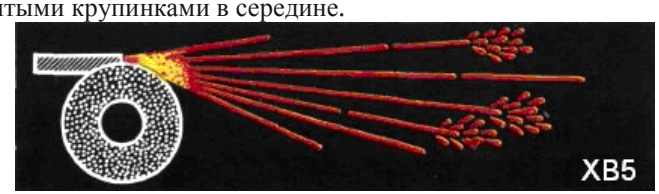
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 1.5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр	Пример
Сталь с содержанием хрома	Плотный пучок темно-красных нитей искр с большим количеством желтых звездочек на концах нитей, звездочки сильно разветвленные. В начале искры от прикосновения заготовки к абразивному кругу получаются ярко-красные пучки с переходом на светло-желтые и светло-красные разветвления.	Сталь 9ХС – искры темно-желтые со светло-красными разветвлениями и большим количеством звездочек с желтыми крупинками в середине.
Хромоникелевая	Желто-красные искры с более яркими полосами в зоне сгорания. При повышении содержания хрома и никеля пучок искр становится более темный. В начале искры имеется светло-красный пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	Сталь 12ХН3А – искры желтые, разветвления более развитые и толще, на концах искр стрелочки, звездочек нет. Сталь 12Х18Н9 – искры светло-желтые, короткие, в небольшом количестве, почти без разветвлений с красно-желтым пучком в конце разветвления и тремя-пятью мелкими красными крупинками на разветвлениях.  Сталь 20ХН3 – искры желтые, в центре искр выделяется несколько ярких звездочек, на концах искр имеются стрелочки и несколько красных крупинок в звездочках.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 1.5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр	Пример
Стали с содержанием хрома и вольфрама	Пучок прерывистых темно-красных нитей искр, на концах которых имеются более светлые звездочки каплеобразной формы. В начале искры имеется ярко-красно-желтый пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	Сталь 3Х2В8 – искры темно-малиновые, нити длинные с ярким желто-красным пучком в конце нитей; в пучке имеются крупинки со светло-желтыми кончиками, с редкими и мелкими разветвлениями. Сталь ХВГ – искры темно-малиновые, светлые и яркие разветвления с мелкими отдельными желто-красными пучками и крапинками. На концах коротких и длинных нитей имеются ярко-красные звездочки со светло-желтыми крупинками в середине.  Сталь ХВ5 – искры темно-малиновые, разветвления с желто-красными пучками и крупинках на концах, некоторые нити более светлые и яркие.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 1.5

Сталь	Цвет и характеристика пучка искр	Пример
Стали с содержанием хрома и вольфрама	Пучок прерывистых темно-красных нитей искр, на концах которых имеются более светлые звездочки каплеобразной формы. В начале искры имеется ярко-красный пучок от соприкосновения заготовки с абразивным кругом.	Сталь Р9 – искры светло-малиновые с желто-красным пучком в начале, разветвления простые и редкие с небольшими желто-красными крупинками на концах. Сталь Р18 – искры темно-малиновые с желто-красным пучком в начале, на концах двух-трех нитей небольшие разветвления, с светло-желтыми крупинками на концах пучка.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

1.3.3 Цветные металлы и сплавы

Цветные металлы являются более дорогими и дефицитными по сравнению с черными металлами, однако обладают рядом ценных свойств и широко применяются как конструкционные материалы в машиностроении и ремонте сельскохозяйственной техники благодаря многим ценным физико-химическим и механическим свойствам: большой электро- и теплопроводности, антифрикционным свойствам, пластичности и т.д.

Цветные металлы применяются главным образом в виде сплавов, так как в чистом виде они обладают малой прочностью. Наибольшее распространение в промышленности и ремонтном производстве получили сплавы на основе меди, алюминия, олова, магния и других металлов.

Медь – металл характерного красного цвета с плотностью 8,94 г/см^3 и температурой плавления 1083 $^\circ$C. Механические свойства меди относительно низкие: предел прочности составляет 150-200 МПа, относительное удлинение – 15-25%.

Медь по своему значению в машиностроении является наиболее ценным техническим материалом. Она сплавляется со многими металлами, хорошо проводит электричество и тепло, уступая в этом отношении только серебру. Ее используют для изготовления электрических проводов, деталей электрооборудования и т.д. Маркируется медь буквой М и порядковым номером (М00, М0, М1, М2, М3, М4). Чем больше цифра в марке меди, тем больше в ней примесей.

В значительной части медь используется для получения сплавов на медной основе: латуни, бронзы и др., Эти сплавы обычно прочнее меди. Они приобретают другие полезные свойства, поэтому их широко применяют в технике.

Латуни. Латунями называются сплавы меди с цинком, которые могут иметь в своем составе от 4 до 45% цинка. Повышение содержания цинка до 45% приводит к увеличению предела прочности до 450 МПа. Максимальная пластичность латуни отмечается при содержании цинка около 37%.

Кроме двухкомпонентных (простых) латуней, применяются многокомпонентные, которые содержат не один, а несколько легирующих компонентов: алюминий, никель, железо, марганец, олово и кремний. Такой сплав называется специальной латунью. Она имеет повышенную коррозионную стойкость, лучшие технологические и механические свойства.

Латуни имеют хорошую коррозионную стойкость, которую можно повысить дополнительно присадкой олова, например, латунь ЛО70-1 стойка против коррозии в морской воде и называется «морской латунью».

По технологическим признакам латуни бывают деформируемые и литейные. Деформируемые латуни маркируются буквой Л и цифрой указывающей количество меди, например, Л-90 – 90% Cu; 10% - Zn.

Литейные латуни также маркируются буквой Л, после буквенного обозначения основного легирующего элемента (цинка) и каждого последующего ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, латунь ЛЦ23А6Ж3Мц2 содержит 23% цинка, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца. Латуни являются хорошим материалом для конструкций, работающих при отрицательных температурах. Добавка никеля и железа повышает прочность латуни до 550 МПа.

Бронзы. Бронзами называются сплавы меди с оловом, алюминием, никелем, марганцем, кремнием, бериллием и другими элементами, которые являются основными легирующими компонентами.

Бронзы делятся на две основные группы:

- оловянистые, в которых основным легирующим компонентом является олово;
- специальные, в которых основным легирующим компонентом является алюминий, марганец, кремний и т.п.

Бронза обладает высокими антифрикционными и механическими свойствами, а также хорошей коррозионной стойкостью. Она идет на изготовление арматуры и деталей механизмов, работающих во влажной атмосфере и в других агрессивных средах.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Бронзу маркируют буквами Бр с буквенными обозначениями элементов, входящих а состав сплава, и числовыми показателями их содержания. Например, БрОФ6,5-0,15 – бронза, содержащая 6-7% олова и около 0,15% фосфора, остальное – медь.

Алюминий – легкий металл серебристо-белого цвета с плотностью 2,7 г/см^3 и температурой плавления 660 °С. Алюминий обладает высокой тепло- и электропроводностью и химически активен, но образующаяся плотная пленка оксида алюминия Al_2O_3, предохраняет его от коррозии.

Чистый алюминий обладает высокой пластичностью и хорошо обрабатывается давлением в горячем и холодном состоянии. Механические свойства: предел прочности 150 МПа, относительное удлинение 50%, модуль упругости 7000 МПа, твердость 25 НВ.

Технический алюминий хорошо сваривается, имеет высокую пластичность. Из него изготавливают строительные конструкции, малонагруженные детали машин, используют в качестве электротехнического материала для кабелей и проводов.

Маркируется алюминий буквой А и цифрами, указывающими чистоту (наличие примесей) алюминия, Например. А99 – алюминий, содержащий 99,999% алюминия и 0,001% примесей.

Основная часть алюминия используется для получения сплавов, так как они имеют более высокие механические свойства.

Алюминиевые сплавы делятся на литейные и деформируемые (обрабатываемые давлением).

Литейные алюминиевые сплавы применяются при производстве деталей методом литья. Среди них наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием – силумины. Они обладают высокой жидкотекучестью, достаточно высокой прочностью, сопротивляются коррозии, хорошо обрабатываются резанием, имеют сравнительно небольшую усадку и предназначены в основном для фасонного литья. Их используют для изготовления корпусов и крышек двигателей, поршней и т.д. Маркируются литейные алюминиевые сплавы буквами АЛ и кодирующей цифрой, обозначающей химический состав сплава, Например, в сплаве АЛ2 – 10-12% кремния.

Распространенным *деформируемым алюминиевым* сплавом является дюралюминий, основу которого составляют алюминий, медь и магний. Дюралюминий, как и другие деформируемые сплавы, применяют для получения листов, проволоки, ленты, фасонных профилей и различных деталей ковкой, штамповкой, прессованием. Его маркируют буквой Д и порядковым номером, например, Д1, Д16, Д18.

При холодной обработке деформируемые сплавы упрочняются, что снижает их пластичность, для снятия наклепа сплавы подвергают отжигу.

Методами порошковой металлургии изготовляют спеченные алюминиевые сплавы (САС) и спеченные алюминиевые порошковые сплавы (САП).

Магний – очень легкий металл серебристо-белого цвета, его плотность – 1,74 г/см^3. Температура плавления – 650 °С. Механические свойства технически чистого магния: предел прочности – 190 МПа, относительное удлинение – 18%, модуль упругости – 4500 МПа, твердость 40 НВ.

Магний малоустойчив против коррозии в атмосферных условиях, особенно во влажной атмосфере, а также сильно коррозирует в морской воде и растворах кислот, Однако он устойчив против коррозии в разбавленных щелочах при повышенных температурах. Примеси железа, никеля, кобальта и меди резко снижают коррозионную стойкость магния и его сплавов. Марганец повышает коррозионную стойкость магниевых сплавов, а алюминий и цинк значительно улучшают их механические свойства. Магний хорошо обрабатывается резанием и поддается ковке. При температуре, несколько превышающей температуру плавления, магний загорается и горит на воздухе ярким белым пламенем.

В промышленности магний обычно используется в виде сплавов с алюминием, марганцем, цинком и другими металлами. Все магниевые сплавы хорошо обрабатываются резанием и имеют сравнительно высокую прочность. Литейные магниевые сплавы обознача-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ются буквами МЛ и цифрами, обозначающими порядковый номер сплава, например МЛ2, МЛ3 и т.д. Деформируемые магниевые сплавы обозначаются: МА2, МА3 и т.д.

Титан серебристо-белый легкий металл с плотностью 4,5 г/см^3. Температура плавления титана зависит от степени чистоты и находится в пределах 1660-1680 °С.

Чистый йодидный титан, в котором сумма примесей составляют 0,05-0,1%, имеет модуль упругости 112000 МПа, предел прочности около 300 МПа, относительное удлинение 65%. Наличие примесей сильно влияет на его свойства. Для технического титана, с суммарным содержанием примесей 0,8%, предел прочности составляет 650 МПа, а относительное удлинение – 20%.

Титан имеет низкую теплопроводность. Титан, благодаря тому, что быстро покрывается защитной пленкой плотных оксидов, при нормальной температуре обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосфере, в воде, в органических и неорганических кислотах (не стоек в плавиковой, крепких серной и азотной кислотах). При нагреве выше 500 °С становится очень активным элементом и либо растворяет почти все соприкасающиеся с ним вещества, либо образует с ними химические соединения.

Титан используется в основном для производства конструкционных сплавов. Сплавы на основе титана с добавками алюминия, хрома, молибдена и других элементов обладают более высокими механическими свойствами, чем чистый титан; они жаростойки и имеют повышенный предел усталости и ползучести.

Ползучесть – медленная пластическая деформация под действием постоянной нагрузки.

Сплавы на основе титана можно подвергать всем видам термической обработки, химико-термической и термомеханической обработке. Упрочнение титановых сплавов достигается легированием, наклепом, термической обработкой. Для повышения износостойкости титановых сплавов их подвергают цементации или азотированию. Основным недостатком титановых сплавов является плохая обрабатываемость режущим инструментом.

1.3.4 Термическая обработка металлов и сплавов

Термическая обработка как операция технологического процесса заключается в нагреве металла или сплава до заданной температуры, выдержке при этой температуре либо без выдержки с последующим охлаждением. В зависимости от вида обработки, ее цели, от исходного и требуемого конечного структурного состояния материала термическая обработка характеризуется своими технологическими параметрами, в качестве которых выступают чаще всего температура и условия нагрева, длительность выдержки, скорость охлаждения и условия его проведения. При использовании дополнительных воздействий кроме теплового в качестве параметров такой обработки будут выступать контролируемые количественные и качественные характеристики этих воздействий.

В основе действующей классификации видов термической обработки положена система, предложенная еще в 1931 г. А.А. Бочваром, которая отражает два принципа классификации: технологический и фазовых превращений.

В соответствии с таким подходом вся термическая обработка может быть подразделена на следующие основные группы: собственно термическая; химико-термическая и деформационно-термическая обработка.

Собственно термическая обработка в зависимости от структурного состояния, получаемого в результате ее применения, разделена на три класса: отжиг; закалка; отпуск и старение. *Отжиг* подразделяется на два типа обработки: отжиг первого рода и отжиг второго рода. Такое подразделение обусловлено их отношением к процессам фазовой перекристаллизации.

К *отжигу первого рода* отнесены виды, в процессе которых фазовые (полиморфные) превращения не протекают, а если и протекают, то не оказывают решающего влияния на

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

основные результаты обработки и структуру сплава (уменьшающий напряжения, гомогенизационный, рекристаллизационный, дорекристаллизационный, увеличивающий зерно), а к *отжигу второго рода* – виды отжига, при которых фазовые превращения обусловливают цель и возможность проведения отжига. К нему относятся: полный отжиг, нормализация, одинарная термическая обработка, изотермический, одинарная изотермическая обработка, неполный, сфероидизационный циклический отжиг и др.

Закалка подразделяется на два вида: без полиморфного превращения и закалка на мартенсит. Иногда выделяют третий вид – закалку из жидкого состояния с получением аморфного состояния вещества. Однако применительно к термической обработке изделий, этот вид закалки можно рассматривать как частный случай поверхностной с лазерным нагревом или иным высококонцентрированным энергетическим источником. В зависимости от нагреваемого объема при закалке ее подразделяют на *объемную* и *поверхностную*. Иногда выделяют понятие *местной* закалки, если объемной либо поверхностной закалке подвергают только часть изделия. В таком случае можно выделить и *поочередную* закалку, если на одной детали по очереди подвергают закалке несколько однотипных элементов (зубья, шейки и т.д.).

В основу разделения закалки на основные виды положен характер охлаждения. Закалка как *объемная* так и *поверхностная* может быть: непрерывной (закалка в одном охладителе), прерывистой (закалка в двух охладителях), ступенчатой и изотермической (закалка в горячих средах), с обработкой холодом, с самоотпуском, включая сорбитизацию.

Поверхностную закалку подразделяют по способам нагрева: закалка токами высокой частоты (ТВЧ), с контактным нагревом, в электролите, пламенем газовой горелки, в перегретых соляных и свинцовых ваннах. Разработаны методы поверхностной закалки с использованием высококонцентрированных источников энергии: лазерного, плазменного, электронным лучом и др.

Отпуск и старение выделены в единый класс в связи с единством структурных и фазовых превращений, протекающих при этих видах обработки. Кроме того, и отпуск, и старение не являются самостоятельными операциями обработки, а применяются только в сочетании с предшествующей операцией закалки, что также дает основание объединить их в один класс. Понятие *отпуска* используется для сплавов, прошедших закалку на мартенсит, а операцию *старение* применяют после закалки без полиморфного превращения.

В зависимости от температуры нагрева, исходного и конечного структурного состояния, *отпуск* может быть высокий, средний и низкий. Для высоколегированных сталей применяют, кроме того, отпуск на дисперсионное твердение, имеющий природу, свойственную для отпуска мартенситных структур и вызывающий упрочнение, как при старении.

Старение может быть термическим и деформационным, искусственным и естественным. Искусственное старение может быть неполным (кратковременным), на максимальную прочность, стабилизирующим и разупрочняющим.

Химико-термическая обработка подразделяется на два класса: насыщение *неметаллами* (углеродом, азотом, серой, бором): поодиночке либо двумя или тремя неметаллами одновременно или удаление их из поверхности; диффузионное насыщение *металлами* (алюминием, кремнием, хромом, цинком или иными металлами): одним, либо в комплексе несколькими металлами одновременно, либо удаление какого-либо металла из поверхности.

В большинстве случаев названия процессов совпадают с названием насыщающего вещества, например, науглероживание (цементация), азотирование, сульфоцианирование, обезводороживание, диффузионное хромирование, хромосилицирование, хромованадирование, обесцинкование и др. Химико-термическая обработка может быть применена для сталей либо чугунов, для алюминиевых, медных либо иных сплавов. В этом случае название процесса будет включать наименование насыщаемого материала, например, цементация стали или диффузионное хромирование алюминиевых сплавов.

Деформационнотермическая обработка в зависимости от роли фазовых и структурных превращений при совместном влиянии пластических деформаций и теплового воздействия, подразделяется на три класса: механикотермическая обработка (МТО); термомеханическая обработка (ТМО); микродеформационнотермическая обработка (МДТО).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Механикотермическая обработка, основанная преимущественно на структурном эффекте получения полигонизационных структур и их закрепления может иметь следующие разновидности: дорекристаллизационная МТО, низкотемпературная МТО и высокотемпературная МТО.

Термомеханическая обработка, использующая влияние деформационных структурных изменений на повышение упрочняющего влияния фазовых превращений при термической обработке, может разрабатываться применительно к сплавам, не претерпевающим полиморфных превращений, а также к сплавам, закаливающихся на мартенсит. В обоих случаях различают низкотемпературную и высокотемпературную ТМО. Кроме того, выделяют процессы предвариельной ТМО, которая представляет собой технологию, реализующую механизмы процессов, промежуточные между МТО и ТМО.

Микродеформационнотермическая обработка, основана на одновременном воздействии чередующихся многократных микродеформаций и теплового фактора на структуру металлов и сплавов. Технологически она может выполняться с использованием принципиально различных физических воздействий, например, микродеформаций от теплового циклирования, внешнего ультразвукового воздействия, переменных чередующихся изгибных деформаций, например, роликами правильной машины, переменными микродеформационными кручениями, воздействием переменных или импульсных магнитных полей и др. Такие виды обработки носят названия, соответственно, термоциклическая, термоультразвуковая, термомагнитная и т.д.

Отжиг – термическая обработка, в результате которой металлы или сплавы приобретают структуру, близкую к равновесной: отжиг вызывает разупрочнение металлов и сплавов, сопровождающееся повышением пластичности и снятием остаточных напряжений.

Отжиг первого рода. Устранение физических либо химических дефектов структуры, не связанных с процессами фазовой перекристаллизации, а обусловленных неравновесной кристаллизацией, пластической либо упруго-пластической деформацией, при получении изделий и их обработке достигается путем *отжига первого рода.*

Отжиг, уменьшающий напряжения. Достигаемая в результате отжига степень равновесия может быть полной либо частичной в зависимости от поставленной задачи и исходной степени метастабильности материала изделия. Как и любая операция термической обработки, отжиг включает в себя технологические переходы: нагрев до температур, достаточных для развития процессов, приводящих к установлению равновесия, выдержку при заданной температуре, необходимую для завершения этих процессов с требуемой полнотой, с последующим, как правило, медленным охлаждением, исключающим возникновение новых эффектов метастабильности.

Однако в некоторых случаях получение полного равновесия в системе отрицательно сказывается на свойствах готового изделия, в связи с чем конкретные технологии отжига предусматривают те или иные особенности режимов, ограничивающие степень его достижения.

Устранение физических либо химических дефектов структуры, не связанных с процессами фазовой перекристаллизации, а обусловленных неравновесной кристаллизацией, пластической либо упруго-пластической деформацией, при получении изделий и их обработке достигается путем *отжига первого рода.*

Отжига отливок из серого чугуна предусматривает нагрев до температуры 430-600 °С с выдержкой от 0,5 до 5,0 ч в зависимости от размеров и сложности формы отливок с последующим охлаждением вместе с печью. Технология реализует сдвиговый механизм снятия напряжений. Медленное охлаждение предотвращает образование новых напряжений в результате возможного появления температурных градиентов при быстром охлаждении. Отжиг стальных отливок, штамповок и сварных узлов проводится при температуре 550-680 °С в зависимости от исходного структурного состояния изделия и требуемых механических свойств.

Длительность выдержки определяется расчетом от 2 до 4 мин на 1 мм толщины изделия и не превышает обычно 2-3 ч. Снятие напряжений происходит по сдвиговому механизму. В ряде случаев снятие напряжений требуется произвести в деталях, прошедших упрочняющую термическую обработку на различную твердость. При этом специального отжига

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

не проводят, поскольку при назначении режимов окончательной термической обработки, включающей закалку с отпуском, температуру назначают с учетом компромисса между требуемой твердостью и уровнем сохраняющихся в изделии остаточных внутренних напряжений.

Однако если после термической обработки на высокую твердость (50-60 HRC) изделия шлифуются, то для снятия шлифовочных напряжений, предотвращения коробления изделий при длительной эксплуатации и возможного образования шлифовочных трещин проводят отжиг («старение» по аналогии с чугуном) при температурах 120-140 °С с длительностью выдержки от 12 до 48 ч.

Механизм снятия напряжений при таком отжиге стали – диффузионный.

Сдвиговое снятие напряжений в чистом алюминии и чистой меди достигается при температуре 150 °С в течение 0,5-1,0 ч, в двойных латунях от Л-90 до Л-62 при 200 °С; ЛС-59-1 – 285 °С, 1 ч; ЛА-77-2 – 350 °С, 1 ч. Технический титан отжигают при температуре 500 °С, титановые сплавы – при 550-600 °С с выдержками 0,5-1,0 ч.

К крупногабаритным изделиям, которые невозможно поместить в печь, иногда применяют местный отжиг наиболее напряженных участков, одевая нагревательное устройство (переносную печь) на участок изделия, подлежащий отжигу. Однако следует иметь в виду, что местный нагрев металлоконструкции может вызвать новые напряжения в связи с градиентами температур между нагреваемым участком и холодной частью, которые могут превысить значения исходных напряжений в отжигаемом узле. Кроме того, такой нагрев может вызвать неконтролируемое перераспределение напряжений и привести к короблению или даже разрушению металлоконструкции, а также снизить надежность ее работы в эксплуатации.

Гомогенизационный отжиг. Понятие *гомогенизации*, давшее название данному виду отжига, соответствует получению однородного по химическому составу твердого раствора в обрабатываемых сплавах и растворению в нем неравновесных структурных составляющих, которые образовались в сплаве при кристаллизации в литейной форме либо кристаллизаторе в условиях, не отвечающих условиям фазового равновесия в системе.

Целью гомогенизационного отжига является устранение химических неоднородностей при неравновесной кристаллизации в структуре сплава и на этой основе повышение пластичности материала отливок, улучшение технологичности слитков при обработке давлением, повышение однородности структуры готовых изделий и улучшение комплекса их свойств.

Важнейшими последствиями неравновесной кристаллизации, ухудшающими свойства сплавов, являются:

- понижение солидуса – это снижение температуры плавления, что может привести к появлению микроучастков преждевременного оплавления в структуре слитка или отливки, нагреваемых для обработки давлением, закалки или других видов горячей обработки; сохранение последствий неравновесной кристаллизации в свариваемых полуфабрикатах приводит к образованию горячих трещин в околошовной зоне и резко развитой микропористости;
- понижение пластичности сплавов за счет повышенной хрупкости неравновесных структурных составляющих в случае холодной пластической деформации, и образования оплавленных приграничных прослоек легкоплавких эвтектик в результате нагрева для деформирования; при этом понижение пластичности проявляется как непосредственно на слитках, так и на готовых полуфабрикатах, в которых после пластической деформации сохраняются неоднородности химического состава;
- получение строчечной структуры после ковки, штамповки, прокатки, прессования в связи с вытягиванием в строчки неравновесных структурных составляющих, что вызывает появление резко выраженной анизотропии свойств;
- понижение коррозионной стойкости в связи с образованием гальванических пар твердого раствора с неравновесными структурными составляющими и между соседними областями самого твердого раствора, имеющими резко различные значения электрохимического потенциала; сохранение на межзеренных границах неравновесных структурных составляющих может приводить к межкристаллитной коррозии и коррози-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

онному растрескиванию при одовременном воздействии коррозионных сред и механических нагрузок;

- пересыщение твердых растворов, которые, являясь нестабильными, при дальнейшей эксплуатации изделий могут распадаться, вызывая необратимые изменения свойств сплавов, размеров и формы изделий, и даже приводить к их разрушению без видимых на то причин.

Таким образом, химическая неоднородность, обусловленная последствиями неравновесной кристаллизации в слитках или отливках, снижает надежность работы изделий, ухудшает технологичность материала и в связи с этим должна быть устранена, что достигается проведением гомогенизационного отжига.

При гомогенизационном отжиге последствия неравновесной кристаллизации устраняются в результате осуществления диффузионных процессов, которые в период кристаллизации оказались не реализованными.

Одним из нежелательных последствий отжига-гомогенизации может явиться укрупнение зерна. Этот дефект наблюдается преимущественно в тех сплавах, для которых характерен большой температурный интервал однофазного состояния, когда границы зерна при своей миграции не встречают существенного сопротивления. Склонностью к росту зерна характеризуются стали, титановые, медные и некоторые алюминиевые сплавы. Измельчение зерна в стали, выросшего при гомогенизационном отжиге отливок, может быть осуществлено путем проведения *отжига второго рода* после гомогенизационного. Стальные слитки подвергать такому отжигу не обязательно, поскольку измельчение зерна достигается при горячей пластической деформации слитка и при окончательной термической обработке изделий.

Для титановых сплавов, у которых эффект изменения удельного объема фаз при фазовой перекристаллизации невелик (почти в 5 раз меньше, чем у стали), отжигом второго рода измельчить зерно не удается. Поэтому единственным способом измельчения зерна титановых сплавов является использование обработки давлением в сочетании с рекристаллизационными явлениями. Отливки же из титановых сплавов необходимо гомогенизировать при таких температурах, при которых зерно существенно не растет.

В литейные алюминиевые сплавы специально вводятся микродобавки переходных металлов, образующих труднорастворимые фазы, препятствующие росту зерна при любых температурных обработках, в том числе при гомогенизации или закалке.

При длительном гомогенизационном отжиге алюминиевых сплавов, легированных переходными металлами, имеющими малую равновесную растворимость в твердом состоянии, но достаточно хорошо растворяющимися в жидком алюминии, часто проявляется еще один структурный дефект, который носит название *гетерогенизации*.

При проведении отжига, целью которого является растворение в твердом растворе неравновесных структурных составляющих (промежуточные фазы алюминия с основными легирующими компонентами: медь, магний, цинк, кремний, образовавшиеся при неравновесной кристаллизации) и гомогенизация твердого раствора по этим компонентам, параллельно могут начаться процессы его распада с выделением фаз на основе переходных элементов (марганец, хром, железо, цирконий и др.).

При гетерогенизации нежелательным является рост этих частиц до размеров, способствующих их хрупкому разрушению. Распад, сопровождающийся образованием очень мелких частиц фаз, не ухудшающих свойств сплава, препятствует росту зерна и задерживает развитие рекристаллизационных процессов, обеспечивая получение более высокого эффекта упрочнения при окончательной термической обработке. При отжиге некоторых сплавов, например, алюминиевых, может происходить образование и развитие пористости, которая особенно нежелательна для фасонных отливок.

Причинами образования пористости могут служить два физических явления: выделение избыточного водорода, растворимость которого в твердом растворе уменьшается с понижением температуры; образование и слияние избыточных вакансий, возникающих в связи с неодинаковой скоростью взаимной диффузии компонентов в условиях встречных диффу-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

зионных потоков компонентов (эффект Френкеля). При этом избыток вакансий создается в тех микрообъемах, откуда уходят атомы наиболее диффузионно подвижного вещества. Их слияние приводит к образованию пористости. Пористость такого происхождения применительно к слиткам менее опасна, по сравнению с отливками, поскольку при горячей пластической деформации (прокатке, прессовании) такие поры хорошо завариваются и не снижают механических свойств изделий.

Наиболее широко гомогенизационный отжиг используется для сталей, алюминиевых, некоторых медных и магниевых сплавов. Углеродистые стали гомогенизационному отжигу не подвергаются. Это связано с высокой диффузионной подвижностью атомов углерода, который легко перераспределяется по сечению твердого раствора (аустенита) при любых технологических операциях, связанных с нагревом слитков или отливок до аустенитного состояния, например, под горячую обработку давлением, для отжига второго рода или под закалку при окончательной термической обработке.

В легированных сталях хром, молибден, ванадий, вольфрам, титан и др., не только сами медленно диффундируют, но затрудняют и диффузию углерода, в связи с чем в этих системах возникают условия для образования достаточно устойчивых последствий неравновесной кристаллизации. Для наиболее полной гомогенизации и растворения неравновесных количеств карбидов легирующих элементов отжиг ведут при температурах 1050-1250 °С в крупных печах с выдержкой от 8 до 20 ч. Нагрев и охлаждение очень медленные (до 10-20°/ч). Общая длительность цикла достигает 160-180 ч.

Стальные отливки после гомогенизационного отжига для измельчения размера зерна подвергают полному отжигу (отжигу второго рода). Слитки такому отжигу не подвергают, поскольку измельчение зерна достигается при горячей обработке давлением. Слитки из нержавеющих и других высоколегированных сталей перед обработкой давлением иногда подвергают зачистке (черновой механической обработке на металлорежущих станках). Для улучшения обрабатываемости резанием после гомогенизационного отжига слитки отжигают при температурах при температуре 600-680 °С в течение 5-12 ч.

Алюминиевые сплавы отжигают при температурах от 440 до 640 °С в зависимости от химического состава сплавов. Преимущественно эта температура на 5-40 °С ниже температуры неравновесного солидуса конкретного сплава. Так, для дуралюминов Д1 и Д16, температуры неравновесного солидуса которых равны 509 и 508 °С, интервалы температур гомогенизационного отжига, соответственно, составляют: 470-500 °С и 470-495 °С. Для высокопрочного сплава В95 с температурой неравновесного солидуса 475 °С температура отжига 440-470 °С.

Для сплава системы алюминий-магний марки АМг6, имеющего температуру неравновесного солидуса 460° С, температура отжига очень близка к солидусу – 450-460 °С. Для малолегированного сплава АМц соответственно 650 и 600 – 640 °С. Длительность выдержки при отжиге от нескольких часов до нескольких десятков часов, в частности для сплавов типа дуралюмин это время от 8 до 36 ч, для сплавов систем Al-Mg до 48 ч.

Охлаждение слитков или слитковых заготовок из алюминиевых сплавов обычно ведут на воздухе. Отливки из алюминиевых сплавов практически всегда охлаждают после гомогенизации в воде, совмещая отжиг с закалкой.

Магниевые сплавы гомогенизируют при температурах 390-415 °С. Время выдержки 18-24 ч. Особенностью магниевых сплавов является их высокая химическая активность в контакте с кислородом воздуха, в связи с чем всегда существует опасность самовоспламенения. Поэтому нагрев слитков или отливок до температур отжига целесообразно вести в защитных средах, простейшей из которых является смесь воздуха с сернистым газом.

Структура магниевых сплавов, легированных алюминием и цинком, характеризуется получением после неравновесной кристаллизации эвтектических неравновесных структурных составляющих в виде непрерывной сетки по границам зерен. Для полного растворения этих структурных составляющих часто используют *ступенчатый* режим гомогенизации, выполняя нагрев сплавов сначала до температуры 370-380 °С с выдержкой 3 часа (1-я стадия), а затем подогревая до 410-415 °С с выдержкой также 3 часа (2-я стадия).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

На первой стадии достигается частичное растворение неравновесной структурной составляющей, за счет чего обеспечивается исчезновение пленки на двойных границах между соседними зернами, приводя к установлению непосредственной связи между зернами твердого раствора, пока еще химически неоднородного, а на второй стадии достигается завершение растворения остатков неравновесных составляющих и полная гомогенизация твердого раствора.

Нагрев до относительно высоких для магниевых сплавов температур второй стадии отжига вызывает оплавление неравновесной структурной составляющей, имеющей эвтектическую природу, усиливая диффузионный массоперенос, необходимый для окончательного растворения ее в твердом растворе. Низкотемпературная первая ступень позволяет не допустить разрушения изделия при нагреве по жидким эвтектическим прослойкам, которые могли бы возникнуть при нагреве изделия сразу до температур второй ступени.

Рекристаллизационный отжиг применяется для полуфабрикатов либо готовых изделий, полученных методами обработки металлов давлением (прокаткой, прессованием, волочением, ковкой, штамповкой и др.).

Целью рекристаллизационного отжига является повышение пластичности и уменьшение прочности деформированного материала, в результате чего улучшается его технологичность на последующих операциях обработки давлением и повышается пластичность готового изделия.

Требование мелкозернистости готового полуфабриката чаще всего предъявляется в том случае, если обрабатываемый материал предназначен для получения изделий методом глубокой вытяжки. Мелкозернистый материал обеспечивает получение гладкой однородной поверхности изделия, тогда как глубокая вытяжка грубозернистого материала приводит к получению «апельсиновой корки» характерного брака, заключающегося в грубой шероховатости поверхности.

Основными технологическими параметрами технологии рекристаллизационного отжига металлов и сплавов являются: температура отжига, и длительность выдержки при этой температуре. Дополнительными технологическими параметрами могут выступать скорость нагрева и скорость охлаждения.

Температурный порог рекристаллизации железа 450 °С. Для углеродистых сталей он составляет 450-650 °С.

Для сталей, легированных хромом, алюминием, молибденом и иными легирующими элементами, повышающими точку фазового превращения, температура отжига может быть повышена до 750-770 °С, однако это также не должно приводить к переводу стали в аустенитное состояние. Такая температура отжига применяется для стали 38ХМЮА, а также быстрорежущих сталей типа Р18, Р6М5 и др.

Длительность выдержки при рекристаллизационном отжиге углеродистых сталей может быть небольшой (10-60 мин) и зависит от толщины заготовки.

Легированные стали требуют выдержек в 1,5-2 раза больших в связи с замедленным развитием диффузионных процессов, играющих большое значение в развитии рекристаллизации. Охлаждение после отжига углеродистых и легированных сталей не регламентируется и чаще всего проводится на спокойном воздухе.

Стали аустенитного класса типа 12Х18Н10Т принципиально отличаются по технологии рекристаллизационного отжига от углеродистых и легированных сталей перлитного класса. Кристаллическая решетка гранецентрированного куба, в которой диффузионные процессы развиваются медленнее, чем в менее плотной ОЦК-решетке, требует использования более высоких температур отжига. Этого же требует легирование стали большим количеством хрома, никеля и других компонентов. Температура отжига таких сталей составляет 1050-1100 °С.

Кроме развития чисто рекристаллизационных процессов в таких сталях при указанных температурах отмечается сопутствующее растворение избыточных карбидов в аустените, что способствует получению однофазного структурного состояния и обеспечивает повышение коррозионной стойкости нержавеющих сталей и увеличение их пластичности. Охлаж-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

дение таких сталей с температуры отжига производят, как правило, ускоренно (в воде), что также способствует сохранению однофазного состояния стали. Таким образом, в едином процессе совмещается рекристаллизационный отжиг и закалка.

Высокоуглеродистые (эвтектоидные и заэвтектоидные) инструментальные стали характеризуются низкой пластичностью в связи с высоким содержанием твердого, хрупкого цементита и неблагоприятной пластинчатой формой его частиц в составе перлита. Поэтому при отжиге таких сталей преследуется цель осуществить не только рекристаллизацию феррита, но и сфероидизацию цементита.

В этой связи температура отжига выбирается предельно высокой, близкой к точке на линии Ac_1 (рис. 1.20) 680-710 °С, а длительность выдержки 5-12 ч, что необходимо для преобразования цементитных пластин в сферические частицы, в результате чего формируется структура *зернистого перлита*, обеспечивающая повышение пластичности стали. При этом пластины цементита, чередующиеся с ферритом в составе перлита, сначала дробятся на относительно мелкие частицы, а затем сфероидизируются.

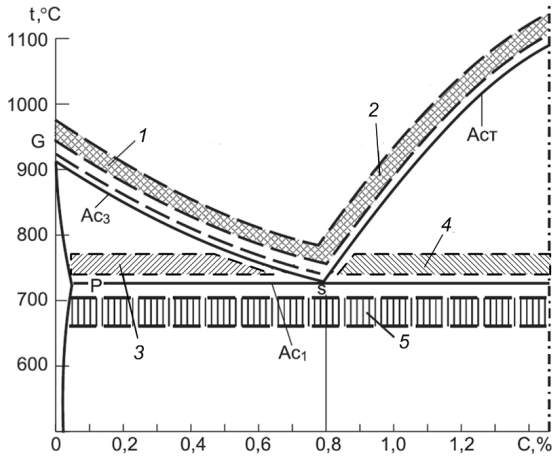


Рис. 1.20. Участок диаграммы железо-углерод с нанесенными интервалами отжига: *1* – полный и изотермический отжиг, нормализация и одинарная термическая обработка доэвтектоидной стали; *2* – нормализация и одинарная термическая обработка заэвтектоидной стали; *3* – неполный отжиг доэвтектоидной стали; *4* – неполный отжиг заэвтектоидной стали; *5* – реклисталлизационный отжиг

В малоуглеродистых сталях обыкновенного качества, раскисленных алюминием, при нагреве до температур рекристаллизационного отжига еще до начала процессов рекристаллизации возможно выделение тонких игольчатых нитридов алюминия, которые ориентируются в направлении волокнистой структуры деформированной стали, вызывая резко выраженную анизотропию свойств, особенно пластичности. При последующей рекристаллизации эти выделения препятствуют росту рекристаллизованных зерен поперек направления прокатки, способствуя образованию вытянутых рекристаллизованных зерен, аналогичных тем, которые были в деформированном состоянии. Это усиливает проявление анизотропии свойств. Устраняется этот дефект путем ускоренного нагрева до температуры рекристаллизационного отжига.

Чрезмерно выросшее при рекристаллизационном отжиге зерно в стали можно исправить пластической деформацией с последующим рекристаллизационным отжигом при относительно низких температурах или путем отжига второго рода.

Температурный порог рекристаллизации алюминия зависит от чистоты его по примесям и колеблется в пределах от 100 до 290 °С. Для сплавов его значение достигает 290-350 °С. Термически неупрочняемые сплавы и технический алюминий (алюминий марок АД0, АД1, сплавы АМц, АМг6 и др.) отжигают при температуре 350-420 °С с выдержкой от 0,5 до 2,0 ч и охлаждением на воздухе.

Особенностью отжига таких материалов является целесообразность ускоренного нагрева изделий и полуфабрикатов до температуры отжига с целью предотвращения образования полосчатой структуры после рекристаллизации. Это связано с тем, что в техническом алюминии и большинстве термически неупрочняемых сплавов на его основе содержится в качестве легирующего компонента, технологических добавок или примесей некоторое количество марганца, имеющего способность неравномерно распределяться по сечению твердого раствора и существенно задерживать рекристаллизацию в микрообъемах металла, содержащих повышенное его количество.

Поэтому при медленном нагреве рекристаллизация начинается неодновременно в вытянутых микрообъемах сплава, бедных по содержанию марганца, и в соседних полосах, обо-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

гащенных им. Это приводит к получению вытянутых рекристаллизованных зерен, вызывая анизотропию механических свойств. При больших скоростях нагрева до температур отжига обеспечивается одновременное образование зародышей рекристаллизации по всему объему материала, исключая формирование вытянутых рекристаллизованных зерен.

Отжиг термически упрочняемых алюминиевых сплавов осложняется протеканием сопутствующей фазовой перекристаллизации. При нагреве до температур рекристаллизационного отжига в двухфазных и более сложных по фазовому составу сплавах происходит растворение избыточных фаз в твердом растворе на основе алюминия, что вызывает его упрочнение.

Выделение из него при последующем охлаждении высокодисперсных частиц избыточных фаз также вызывает упрочнение сплава и понижение пластичности, что уменьшает эффективность рекристаллизационного отжига. Поэтому выбор температуры рекристаллизационного отжига предусматривает компромиссные решения, при которых уже в достаточной мере развиваются рекристаллизационные процессы, но еще очень слабо проявляет себя фазовая перекристаллизация.

Обычно для сплавов типа дуралюмин (Д1, Д16, АВ, АК6, АК8 и др.) температуру отжига принимают 350-370° С с охлаждением на воздухе.

Высокопрочные сплавы системы Al-Zn-Mg-Cu типа В95 при этой температуре не рекристаллизуются, поэтому их вынужденно отжигают при температурах 390-430 °С, при которых уже существенно развиваются процессы фазовой перекристаллизации. В этом случае охлаждение осуществляют замедленно (не более 30 °/ч) до 150-200 °С. После горячей деформации все термически упрочняемые сплавы отжигают при повышенной температуре (390-430 °С) с последующим медленным охлаждением с теми же скоростями. При этом для сплавов типа дуралюминов медленное охлаждение заканчивают при температуре 260 °С.

Температурный порог рекристаллизации магния около 100 °С. Для большинства магниевых сплавов 250-280 °С. Температура отжига практически для всех сплавов 350 °С. Длительность выдержки 0,5-2,0 ч. Охлаждение производят на воздухе. Скорость нагрева и охлаждения не оказывает влияния на результаты отжига. Особенностью отжига магниевых сплавов остается опасность самовоспламенения и взрыва в контакте с селитрами. Поэтому использование для нагрева селитровых ванн категорически не допускается, а при осуществлении отжига, особенно крупных садок необходимо использовать защитные среды. Отжигают магниевые сплавы как после холодной, так и после горячей деформации.

Медь и большинство медных сплавов упрочняющей термической обработке не подвергают, поэтому для таких сплавов рекристаллизационный отжиг становится основным видом термической обработки, определяющим качество изделий. Температурный порог рекристаллизации меди колеблется в от 180 до 230 °С. Для большинства двойных латуней и бронз он составляет 300-400 °С, для сплавов меди с никелем (мельхиоров, нейзильберов), а также хромовых бронз – 400-500 °С.

Для меди температуру рекристаллизационного отжига выбирают 500-700 °С. Температура отжига двойных латуней и бронз составляет 600-700 °С, а медно-никелевых сплавов и хромовых бронз – 700-850 °С. Такой интервал объясняется тем, что у меди и медных сплавов широкий температурный интервал развития первичной рекристаллизации, существенно не укрупняющей размер зерна. Применение же повышенных температур увеличивает скорость рекристаллизационных процессов и позволяет получать более однородную структуру.

Скорость охлаждения меди и большинства двойных сплавов на ее основе практически не оказывает влияния на результаты отжига, поэтому может применяться любой. На практике такие сплавы часто охлаждают в воде, за счет чего достигается очистка поверхности полуфабриката (проволоки, ленты и др.) от окалины. Двухфазные латуни и бронзы таким образом охлаждать нельзя, поскольку во многих из них могут происходить мартенситные превращения либо формирование метастабильных фазовых составляющих с пониженной пластичностью.

Температура начала рекристаллизации химически чистого никеля 300 °С. В технически чистом никеле и никелевых сплавах она составляет 350-550 °С. Температура отжига

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

700-800° С, а никелевых сплавов 800-1100 °С, что так же, как и для меди значительно превышает значения температурного порога рекристаллизации.

Длительность выдержки при отжиге никелевых сплавов должна быть небольшой (1-15 мин.) в связи с интенсивным ростом зерна при развитии рекристаллизации.

Скорость охлаждения с температуры отжига зависит от типа сплава. Для технически чистого никеля и термически неупрочняемых сплавов (НМц5 – марганцовистый никель, НМЖМц-28-2,5-1,5 – монель-металл, Х20Н80 – нихром) охлаждение может быть любым и чаще всего его проводят на воздухе.

Для термически упрочняемых сплавов типа Х20Н80Т3 – (нимоник) охлаждение должно быть ускоренным (в масле или даже в воде) в связи с опасностью выделения из твердого раствора вторичных фаз – упрочнителей, что может вызвать нежелательное в данном случае упрочнение, а также привести к межкристаллитной коррозии из-за выделения интерметаллидных частиц по границам зерен.

Титан, как и железо, является полиморфным металлом, поэтому особенности технологии рекристаллизационного отжига титана и его сплавов во многом напоминают рассмотренные для железа и сталей. Наряду с этим известно, что титан технической чистоты и большинство титановых сплавов характеризуются весьма низкой технологичностью при обработке давлением, поэтому для повышения запаса пластичности и уменьшения сопротивления деформированию титановые сплавы подвергаются рекристаллизационному отжигу обязательно как после холодной, так и после горячей деформации.

Кроме того, титан и его сплавы при высокотемпературных нагревах оказываются очень склонными к росту зерна, которое практически невозможно измельчить методами фазовой перекристаллизации. Поэтому мелкое зерно в титановых сплавах получают рекристаллизационным отжигом при оптимальных температурах. Температурный порог рекристаллизации чистого титана 450 °С. Для титановых сплавов он равен 550-600 °С.

Оптимальными температурами рекристаллизационного отжига являются: для титана 550-700 °С, а для большинства титановых сплавов 630-750 °С. Длительность выдержки небольшая (10-40 мин), охлаждение на воздухе. Превышение указанных температур вызывает усиленный рост зерен по механизму собирательной рекристаллизации. Кроме того, при температурах выше 800-850 °С для разных сплавов происходит фазовое превращение, обеспечивающее упрочнение сплавов и понижение пластичности, т.е. эффектов, противоположных целям рекристаллизационного отжига.

Отжиг второго рода. Задачей *отжига второго рода* являются: повышение качества готовых изделий после окончательной термической обработки; улучшение обрабатываемости резанием и технологичности при обработке давлением; снятие напряжений.

В основе технологических операций отжига второго рода лежат закономерности фазовой перекристаллизации. Температура нагрева при отжиге второго рода может лежать выше критической, обеспечивая при нагреве развитие полной фазовой перекристаллизации, либо в интервале температур развития фазовой перекристаллизации, что позволяет достичь ее развития в заданной степени (неполная либо частичная перекристаллизация). Для углеродистых сталей температурные режимы различных операций отжига второго рода могут быть определены по диаграмме железо-углерод, рис. 1.20.

Необходимая степень переохлаждения технологически может быть достигнута относительно быстрым охлаждением до требуемых температур развития обратной фазовой перекристаллизации и изотермической выдержкой при этих температурах либо путем применения различных скоростей непрерывного охлаждения, например, при медленном охлаждении с печью, на воздухе, в инертных средах, в жидких охладителях.

Отжиг второго рода включает в себя следующие технологические операции термической обработки: полный отжиг, нормализацию, одинарную термическую обработку, изотермический отжиг, одинарную изотермическую обработку, неполный отжиг, циклический сфероидизирующий отжиг и некоторые другие. Такая классификация видов отжига второго рода разработана применительно к сталям, однако, она может быть использована и к сплавам на основе цветных металлов с опорой на соответствующие диаграммы фазового равновесия в системах рассматриваемых сплавов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Полный отжиг, нормализация, одинарная термическая обработка. Полный отжиг, нормализация, одинарная термическая обработка характеризуются едиными подходами при определении температуры нагрева и выдержки, а также тем, что во всех трех случаях используется непрерывный характер охлаждения, а значит, термокинетический тип распада аустенита на феррито-цементитные смеси.

Однако перечисленные виды обработки имеют отличия в своем целевом предназначении. Во-первых, применимость *полного отжига* ограничивается доэвтектоидными и эвтектоидными сталями. Полный отжиг обеспечивает достижение наиболее полного структурного и фазового равновесия в системе и, следовательно, приводит к получению равновесных структур, отраженных на диаграмме железо-углерод. Применение такой операции термической обработки для заэвтектоидной стали привело бы к образованию структуры, в которой вторичный цементит, выделяющийся при охлаждении от точки Аст до точки Ac_1, располагался бы по границам аустенитных зерен, охрупчивая сталь (резко понижая ее пластичность, ударную вязкость, технологичность при обработке давлением). Поэтому полный отжиг для заэвтектоидных сталей не применяется.

Полный отжиг нецелесообразно применять также и для малоуглеродистых сталей (с содержанием углерода до 0,25%) по экономическим соображениям, поскольку в этом случае достижение целей отжига обеспечивается нормализацией как более экономичным производительным процессом.

Нормализация используется как для доэвтектоидных, эвтектоидных, так и заэвтектоидных сталей. Для мало- и среднеуглеродистых доэвтектоидных сталей нормализация используется взамен полного отжига, обеспечивая исправление структурных дефектов стали, улучшая обрабатываемость резанием и снятие остаточных внутренних напряжений. Для углеродистых и легированных сталей с повышенным содержанием углерода (выше 0,5-0,55%) нормализация приводит к повышенной твердости стали по сравнению с полным отжигом, ухудшая обрабатываемость резанием. В этом случае нормализация может использоваться как упрочняющий вид термической обработки, а улучшение обрабатываемости резанием достигается проведением полного отжига.

Нормализация заэвтектоидной стали в большинстве случаев применяется с единственной целью – устранение цементитной сетки в структуре стали. При этом она используется либо как самостоятельная обработка, либо в совокупности с последующим неполным отжигом, обеспечивающим получение структуры *зернистого перлита*.

Одинарная термическая обработка применяется как упрочняющий вид обработки, обеспечивая упрочнение стали за счет получения метастабильных высокодисперсных феррито-цементитных смесей с большой протяженностью межфазных границ и повышенной прочностью.

Для осуществления рассматриваемых операций термической обработки используется нагрев до температуры однофазной аустенитной области, т.е. выше верхней критической точки стали (Ac_3 – для доэвтектоидной, Аст – для заэвтектоидной) на 20-30 °С, в ряде случаев – 50 °С, рис.1.20. Выдержка при этой температуре должна обеспечить протекание в полном объеме аустенитного превращения, растворение в образовавшемся аустените избыточной структурной составляющей (феррита) и гомогенизацию аустенита по всему объему. В легированных сталях, даже доэвтектоидных, в исходном состоянии могут находиться избыточные карбиды легирующих элементов, которые также должны быть растворены в процессе выдержки при температуре отжига. Поэтому длительность выдержки устанавливают экспериментально изучая полноту прохождения превращений.

Иногда для завершения этих процессов требуется очень большие выдержки, достигающие нескольких десятков часов. В этом случае могут применяться режимы отжига либо нормализации, включающие две операции:

- первая – высокотемпературная: на 100-150 °С выше критической точки – для наиболее полной гомогенизации аустенита;
- вторая – при нормальной температуре, предназначенная для измельчения зерна в стали, вырастающего при первой операции обработки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Главное различие между операциями полного отжига, нормализации и одинарной термической обработки заключается в применении различных способов и скоростей охлаждения, обеспечивающих разные условия для протекания распада переохлажденного аустенита.

При полном отжиге после нагрева выше Ac_3 на 20-30 °С, выдержки при этой температуре, охлаждение стали ведут медленное, как правило, вместе с печью, при котором переохлажденный аустенит начинает распадаться при небольшой степени переохлаждения (20-70 °С).

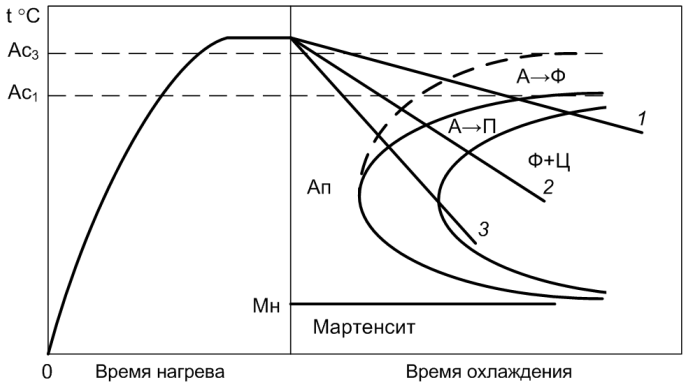


Рис. 1.21. График режимов полного отжига (*1*), нормализации (*2*) и одинарной термической обработки (*3*) в координатах диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита доэвтектоидной стали

Скорость охлаждения, обеспечивающая такие термокинетические условия распада, различна для каждой стали. Она определяется положением С-образных кривых на изотермических либо термокинетических диаграммах распада переохлажденного аустенита конкретной стали. Она должна быть тем меньше, чем более устойчивым к распаду является переохлажденный аустенит, т.е. чем сильнее сдвинуты С-образные кривые вправо на рассматриваемых диаграммах.

На графиках режимов термической обработки в координатах диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита доэвтектоидной стали (рис. 1.21) линия *1* обозначает характер охлаждения стали при полном отжиге.

Точка пересечения этой линии с левой С-образной кривой отражает термокинетические условия начала распада переохлажденного аустенита. Разница в температурах этой точки с горизонталью, соответствующей критической точке Ac_1, является величиной степени переохлаждения ΔT, реализуемой при рассматриваемых условиях полного отжига.

На графике видно, что при нормализации (линия *2*) и одинарной термической обработке (линия *3*) соответствующие точки пересечения снижаются по температурной шкале с увеличением скорости охлаждения. Реально для средне- и малоуглеродистой стали скорость охлаждения при полном отжиге должна быть до 200 °С/ч. Увеличение содержания углерода до эвтектоидной концентрации требует уменьшения скорости охлаждения до 100 °С/ч. Легированные стали охлаждают со скоростями 100-20 °С/ч и менее.

В производственных условиях такие скорости охлаждения обеспечиваются при охлаждении изделия вместе с печью после ее отключения. Если при этом охлаждение происходит со скоростью выше требуемой, используют периодическое включение печи в период охлаждения, задерживая снижение температуры. Ускорение охлаждения достигается частичным или полным открыванием дверцы печи.

Иногда изделие выкатывают из печи для охлаждения на воздухе. Это означает использование нормализации вместо отжига. Медленное охлаждение с указанными выше скоростями не обязательно должно вестись до полного охлаждения. Оказывается достаточным его проводить лишь до температур 550-500 °С, когда гарантированно завершаются процессы распада переохлажденного аустенита. Дальнейшее охлаждение не приводит к изменению структурного состояния стали и, следовательно, может проводиться произвольно, например, на воздухе.

Однако если одной из целей отжига является снятие внутренних напряжений, то медленное охлаждение продолжают до температур, при которых внутренние напряжения снимаются в достаточной степени, и при дальнейшем ускоренном охлаждении вновь не возникают. Такой температурой является 150-200 °С.

Нормализация отличается от полного отжига тем, что охлаждение стали из аустенитного состояния проводят в «*нормальных*» условиях – на спокойном воздухе. Хотя ус-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ловия охлаждения на спокойном воздухе и носят название «нормальные», скорость такого охлаждения выше, чем при охлаждении с печью. Это обеспечивает более высокие степени переохлаждения при распаде переохлажденного аустенита, чем при полном отжиге (кривая *2*, рис. 1.21).

Необходимо иметь в виду, что при охлаждении на воздухе изделий разных размеров понижение температуры происходит с различными скоростями, однако для изделий средних размеров из углеродистых сталей такое охлаждение позволяет достигать степени переохлаждения 70-120 °С, что приводит к получению относительно равномерного распределения в объеме стали относительно мелких избыточных ферритных кристаллов и дисперсных феррито-цементитных смесей типа *сорбита*.

При температуре 600-650 °С образуется сорбит, а при 550-600 °С – троостит. Перлит, сорбит, троостит являются структурами одной природы – механической смесью феррита и цементита и отличаются друг от друга лишь степенью дисперсности. С увеличением степени дисперсности пластин цементита растут твердость и прочность стали. Наибольшую пластичность имеют стали с сорбитной структурой. Троостит характеризуется меньшей пластичностью. Перлит, сорбит и троостит называют *перлитными* структурами.

Перлитные структуры в зависимости от формы цементита могут быть пластинчатыми или зернистыми. Пластинчатые структуры образуются при превращении однородного (гомогенного) аустенита, а зернистые – неоднородного аустенита. В первом случае нагрев доэвтектоидных сталей должен производиться выше Ac_3, а заэвтектоидных – выше Аст. Соответственно для получения зернистых структур нагрев должен производиться ниже Ac_3 (Аст). Таким образом, дисперсность перлитных структур определяется степенью переохлаждения, а форма цементита – гомогенностью исходного аустенита.

При нормализации заэвтектоидной стали в период нагрева после завершения аустенитного превращения перлита в интервале температур от точки Ac_1 до Аст происходит растворение сетки вторичного цементита, если такая была в исходной структуре, с последующей гомогенизацией аустенита. При ускоренном охлаждении (на воздухе) выделение вторичного цементита в виде сетки не происходит, поскольку в условиях ограниченной диффузионной подвижности углерода вторичный цементит выделяется в виде изолированных дисперсных частиц, распределенных по объему стали относительно равномерно, либо в составе квазиэвтектоида. Таким образом, устраняется *цементитная сетка в стали* .

Одинарная термическая обработка выполняется аналогично нормализации с тем лишь отличием, что скорость охлаждения ускоряют по сравнению с охлаждением на воздухе путем создания принудительных воздушных потоков (вентиляционная обдувка поверхности охлаждаемого изделия, охлаждение струей сжатого воздуха, водо-воздушных и паровоздушных смесей). Для углеродистых сталей при одинарной термической обработке иногда используют в качестве охлаждающей среды масло, если такое охлаждение не приводит к получению структур закалки (мартенсита, бейнита и др.).

Высокие скорости охлаждения при одинарной термической обработке обеспечивают большие степени переохлаждения при развитии распада переохлажденного аустенита, что в большинстве случаев полностью подавляет выделение избыточных структурных составляющих (феррита в доэвтектоидной стали и цементита в заэвтектоидной), и фиксирует их в составе *квазиэвтектоидных* структур. Типичной структурой, получаемой после одинарной термической обработки, является *троостит*.

При этом достигается повышение прочностных свойств стали с достаточной пластичностью. Достоинством такой обработки является возможность достижения упрочнения заданного уровня за одну операцию термообработки вместо двух (закалки и отпуска), обычно применяемых для этой цели.

Однако одинарная термическая обработка обладает существенным недостатком – нестабильностью качества изделий, обрабатываемых этим методом. Это связано с трудностью поддержания постоянства параметров охлаждающих динамических воздушных либо водо-воздушных потоков.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При увеличении интенсивности охлаждения по сравнению с требуемой в структуре стали появляются продукты бездиффузионного превращения аустенита (мартенсит, бейнит), что снижает пластичность стали, а недостаточные скорости охлаждения не позволяют получить требуемой твердости стали и иных прочностных характеристик.

Бейнит представляет собой двухфазную смесь кристаллов феррита и цементита. Основная особенность промежуточного превращения состоит в том, что полиморфный переход происходит по мартенситному механизму. Превращение начинается с перераспределения углерода, в результате которого одни зоны зерен аустенита обедняются, другие обогащаются углеродом. В зонах твердого раствора, обогащенных углеродом, происходит карбидообразование – выделение очень мелких (в виде коротких палочек) кристаллов цементита. По мере обеднения аустенита углеродом развивается мартенситное превращение; γ-твердый раствор к моменту полиморфного превращения не полностью освобождается от растворенного углерода, поэтому кристаллы Fe_α, имеющие форму очень тонких пластин, несколько пересыщены углеродом.

Бейнит, образовавшийся при температуре 400-550 °С, называют верхним; он имеет перистое строение. Бейнит, образовавшийся при температуре на 50-100 °С выше мартенситной точки Мн называют нижним; он имеет пластинчатое строение.

У верхнего бейнита неблагоприятное сочетание механических свойств: пониженная прочность в сочетании с невысокой пластичностью. Нижний бейнит обладает одновременно и высокой прочностью, и высокой пластичностью.

Изотермический отжиг применяется для тех же целей, что и полный отжиг, и является его разновидностью. Поэтому температура нагрева для изотермического отжига такая же, как и обычного полного отжига (на 20-30 °С выше критической точки Ac_3), и требует той же длительности выдержки при этой температуре. Отличие изотермического отжига от полного заключается в способе охлаждения с температуры отжига и термокинетических условиях протекания распада переохлажденного аустенита.

При изотермическом отжиге сталь, нагретая до температур однофазного аустенитного состояния, охлаждается ускоренно (например, в печи с открытой крышкой, путем выкатывания выдвижного поддона из нагревательной камеры печи и иными методами) до температуры, соответствующей заданной степени переохлаждения (чаще всего на 30-70 °С ниже точки Ac_1, рис. 1.22), с изотермической выдержкой при этой температуре до завершения диффузионного распада переохлажденного аустенита на феррито-цементитную смесь. Длительность такой выдержки устанавливают с использованием диаграмм изотермического распада переохлажденного аустенита для каждой конкретной марки стали.

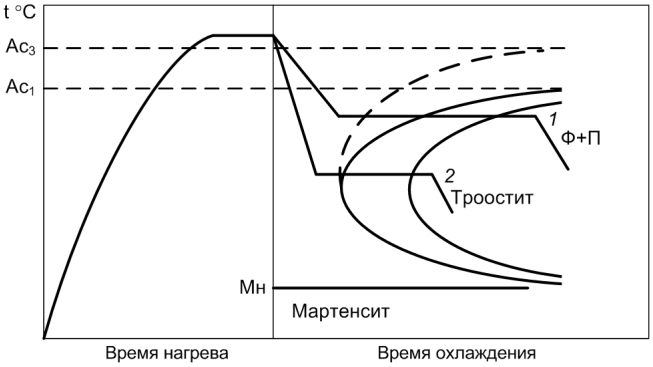


Рис. 1.22. Графики режимов изотермического отжига (*1*) и одинарной изотермической обработки (*2*) в координатах диаграммы изотермического распада переохлажденного аустенита доэвтектоидной стали

Видно, что длительность выдержки после переохлаждения до заданной степени (ΔТ) определяется точкой пересечения линии изотермической выдержки с правой С-образной кривой окончания распада переохлажденного аустенита. В практике термической обработки, особенно легированных и высоколегированных сталей, изотермический отжиг практически вытеснил обычный полный отжиг в связи с целым рядом его положительных качеств.

Во-первых, изотермический отжиг – существенно менее длительный процесс, поскольку не требует использования медленного охлаждения садки вместе с печью.

Во-вторых, при изотермическом отжиге появляется возможность регулировать степень дисперсности получаемых структур стали и ее свойства, поскольку при проведении отжига можно в достаточно широких пределах изменять и точно поддерживать заданную степень переохлаждения аустенита, регулируя температуру изотермической выдержки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В-третьих, быстрое подстуживание стали с верхней до нижней температуры изотермической выдержки обеспечивает выделение избыточной фазы (например, феррита) при существенно больших степенях переохлаждения, чем при медленном непрерывном охлаждении в процессе полного отжига.

Это приводит к выделению избыточного феррита в *высокодисперсной форме* равномерно по всему объему стали, тогда как, при полном отжиге включения избыточного феррита распределяются в виде грубых неравномерных по размерам включений. Наконец, изотермическая выдержка после переохлаждения обеспечивает выравнивание температуры по сечению каждого изделия в целом, в связи с чем структурные изменения во всех объемах отжигаемого металла развиваются одновременно и при неизменной степени переохлаждения, что приводит к образованию более однородных структур по сравнению с режимами полного отжига, где развитие превращений (выделение избыточных фаз и перлитное превращение) происходит в условиях непрерывно изменяющихся степеней переохлаждения и неоднородно по сечению изделий в целом.

Обычными структурами после изотермического отжига, как и после полного, являются феррито-цементитные смеси (перлит – в эвтектоидной стали, феррит и перлит – в доэвтектоидной). Однако в связи с более широкими возможностями изотермического отжига, по сравнению с полным, в данном случае могут быть получены сорбитные или иные структуры промежуточных классов.

Одинарная изотермическая обработка является предельным случаем изотермического отжига, когда использование больших степеней переохлаждения до интервала температур минимальной устойчивости переохлажденного аустенита переводит его в класс упрочняющей термической обработки стали. В качестве охлаждающих сред для достижения требуемой степени переохлаждения при этой обработке используются расплавы солей либо металлов (свинца, цинка и др.). Возможно использование песчаных ванн, с помощью горячего воздуха или нейтрального газа.

Неполный отжиг применяется как для доэвтектоидной, так и для заэвтектоидной стали. В основе его технологии лежат явления неполной фазовой перекристаллизации при нагреве стали до температур межкритического интервала (выше точки Ac_1, но ниже Ac_3 – для доэвтектоидной стали и Аст – для заэвтектоидной).

Для доэвтектоидных сталей технология неполного отжига применяется ограниченно, поскольку он не обеспечивает коренного преобразования структуры стали и надежного исправления структурных дефектов. Для заэвтектоидных сталей он является основным видом отжига.

Нагрев доэвтектоидных сталей до межкритического интервала температур (на 20-40° С выше точки Ac_1) приводит к превращению в аустенит лишь участков, занимаемых перлитом в исходной структуре, а кристаллы избыточного феррита претерпевают изменение размеров и формы ограниченно – лишь настолько, насколько это возможно при подъеме над нижней критической точкой на 20-40° С. Это не приводит к коренному преобразованию структуры стали.

При медленном охлаждении с указанной температуры (как правило, вместе с печью) избыточный феррит опять не претерпевает превращений, а аустенит распадается с формированием однородного грубопластинчатого перлита, существенно снижая твердость и другие прочностные свойства стали.

Для доэвтектоидных сталей неполный отжиг применяется лишь в том случае, если сталь не содержит структурных дефектов, связанных с нежелательным характером распределения, формой и размерами частиц избыточного феррита, а единственной целью отжига является улучшение обрабатываемости резанием. На практике этот отжиг нашел широкое применение в технологии получения сортового и фасонного проката на металлургических предприятиях, гарантирующих исключение перечисленных выше структурных дефектов регламентированными режимами прокатки и охлаждения проката с температуры горячей деформации. Такая технология отжига заложена в государственные стандарты на изготовление соответствующих полуфабрикатов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Температурные режимы отжига заэвтектоидной стали практически не отличаются от неполного отжига доэвтектоидных сталей, однако они характеризуются большей длительностью выдержки при температуре отжига, что обусловлено необходимостью реализации структурных преобразований, приводящих к получению структуры *зернистого перлита*. Типичный режим отжига заэвтектоидных сталей: 750-770 °С, выдержка от 5 до 12 ч, охлаждение с печью.

Особенности применения отжига второго рода для цветных сплавов. Теоретически проведение отжига второго рода возможно для всех сплавов, претерпевающих то или иное фазовое превращение в твердом состоянии, отраженное на равновесной фазовой диаграмме соответствующей системы.

Однако результаты отжига, обеспечивающего достижение системой фазового равновесия, могут оказаться нежелательными с точки зрения свойств обрабатываемого материала. Например, нагрев сплавов в системе с ограниченной переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии до температуры однофазного высокотемпературного состояния и последующее медленное охлаждение в равновесных условиях приводит к выделению второй фазы в виде сетки по границам зерен, что сильно понижает пластичность сплава. Поэтому проведение такой обработки является нецелесообразным и на практике не используется.

По отношению к выполнению отжига второго рода цветные сплавы можно разделить на две группы, первая из которых охватывает сплавы полиморфных металлов (титановые, циркониевые, кобальтовые и некоторые другие). К этой же первой группе можно отнести и сплавы части неполиморфных металлов, например меди, которые при взаимодействии с легирующими компонентами образуют системы с эвтектоидными, перитектоидными, монотектоидными превращениями в твердом состоянии.

Ко второй группе относятся сплавы, основным видом фазовых превращений в которых являются реакции растворения – выделения избыточной фазы соответственно при нагреве и охлаждении в связи с наличием переменной ограниченной растворимости компонентов в твердых растворах на основе хотя бы одного из чистых компонентов, образующих систему.

Технологические подходы для назначения режимов отжига второго рода сплавов первой группы такие же, как и при назначении режимов отжига железоуглеродистых сплавов (сталей, чугунов). Таким образом, эти сплавы могут подвергаться полному либо неполному видам отжига, с использованием непрерывных режимов охлаждения либо изотермических выдержек переохлажденной высокотемпературной фазы и т.д.

В этих случаях при назначении технологии отжига второго рода используют теоретические предпосылки, рассмотренные для сталей, но на основе анализа конкретной фазовой диаграммы соответствующих компонентов, составляющих систему.

Примерами могут быть, например, системы Ti-Cr, Co-Ni, Cu-Al и др. При назначении технологии отжига следует учитывать не только особенности развития фазовых превращений, но и сопутствующих явлений, таких как эффекты фазового наклепа структурных составляющих и рекристаллизационных явлений в исходных и образующихся фазах. Так, например, если для сталей переход от структуры перлита к аустенитному состоянию сопровождается изменением удельного объема примерно на 1%. Это вызывает фазовый наклеп аустенита и последующую его структурную перекристаллизацию за счет рекристаллизационных явлений (первичной рекристаллизации), измельчающих зерна аустенита.

При аналогичной фазовой перекристаллизации в титановых сплавах разница удельных объемов низко- и высокотемпературных фаз составляет всего 0,13%. Это не позволяет достичь необходимой степени фазового наклепа высокотемпературной фазы для развития в ней первичной рекристаллизации. Поэтому титановые сплавы, как правило, будучи нагреты до температур однофазного β-состояния, становятся крупнозернистыми, что снижает пластичность и прочность сплавов. Поэтому для таких сплавов используют режимы неполного отжига с нагревом до температур двухфазного состояния.

Фазовая перекристаллизация сплавов второй группы не приводит к коренному изменению структуры по всему объему и не приводит к измельчению зернистой структуры сплава или вызвать иные преобразования в основе сплава.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Фазовая перекристаллизация, обусловленная переменной ограниченной растворимостью компонентов в твердых растворах, может изменять лишь структурное состояние избыточной структурной составляющей, что используется в технологии гетерогенизирующего отжига. Хотя этот вид отжига и является единственным видом отжига второго рода этих сплавов, но и он используется для них ограниченно.

Основной целью гетерогенизирующего отжига является повышение пластичности полуфабрикатов за счет максимально возможного обеднения твердого раствора по содержанию легирующих компонентов, а также создания однородной двухфазной структуры, в которой частицы избыточной фазы оптимальных размеров и формы равномерно распределены по объему основного твердого раствора. Различают три вида смягчающего гетерогенизирующего отжига: полный, неполный и изотермический.

При *полном гетерогенизирующем отжиге* нагрев сплавов ведут до температуры однофазного высокотемпературного состояния, осуществляют изотермическую выдержку при этой температуре для гомогенизации твердого раствора с последующим медленным охлаждением до комнатных температур, или, по крайней мере, не выше 150-200 °С, исключая сохранение пересыщения твердого раствора в сплаве.

Реализация такого режима оказывается возможной лишь в том случае, если избыточная фаза, выделяющаяся при медленном охлаждении, не образует сплошной сетки по границам зерен твердого раствора, что может вызвать понижение пластичности сплава. Примером сплавов, подвергаемых такому виду отжига являются сплавы типа В95 системы Al-Zn-Mg-Cu.

Изотермический гетерогенизирующий отжиг представляет собой вариант полного отжига и отличается от него тем, что после нагрева до температур однофазного высокотемпературного состояния слитки либо иные полуфабрикаты охлаждают ускоренно до температур минимальной устойчивости переохлажденного твердого раствора, с изотермической выдержкой при этой температуре.

При этом происходит распад с выделением из твердого раствора многочисленных частиц избыточной фазы однородно по всему объему сплава и рост этих частиц до оптимальных размеров, что регулируется длительностью выдержки и корректировкой ее температуры. Такому отжигу могут подвергаться большинство алюминиевых термически упрочняемых сплавов. Температура отжига при этом чаще всего составляет 380-420° С, а температура низкотемпературной изотермической выдержки после подстуживания 300-350° С.

Неполный гетерогенизирующий отжиг проводится лишь в отдельных случаях, если в результате такой обработки достигаются однородные гетерогенные структуры, обеспечивающие улучшение качества сплавов. Он проводится для алюминиевых сплавов при температурах 300-350° С. Сплав АМг6 отжигают при температуре 320° С с целью повышения коррозионной стойкости.

Одним из направлений использования эффекта гетерогенизации структуры сплавов является упрочняющая гетерогенизационная обработка комплекснолегированных сплавов, имеющих в своем составе как традиционно используемые легирующие элементы, хорошо растворяющиеся в основном твердом растворе, так и вещества, трудно растворимые в твердом состоянии и образующие метастабильно пересыщенные твердые растворы при больших скоростях охлаждения при кристаллизации жидкости.

Примерами таких сплавов являются высокопрочные гранулированные алюминиевые сплавы, в которых в качестве основных легирующих элементов выступают медь, цинк, магний, а в качестве компонентов, образующих метастабильно пересыщенные твердые растворы – марганец, хром, цирконий, кобальт, железо, никель и др. Такие сплавы получают путем гранулирования расплава с охлаждением капель в воде либо иным способом высокоскоростной кристаллизации, обеспечивая скорость охлаждения выше 104 °С/с. Последующий нагрев до температур 400-500 °С под горячее компактирование в массивные изделия обеспечивает протекание распада аномально пересыщенного твердого раствора по переходным металлам, при котором по всему объему изделия выделяются высокодисперсные частицы избыточных фаз на основе этих компонентов, приводящие к дополнительному упрочнению,

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сохраняющемуся и после окончательной термической обработки. Этот способ обработки, хотя и не относится к способам отжига второго рода, однако закономерности структурных превращений, лежащие в его основе, связаны с частичным восстановлением равновесия в системе и с этой точки зрения имеют отношение к процессам отжига.

Закалка – это операция термической обработки, в результате осуществления которой достигается формирование метастабильных структур сплавов, обеспечивающих структурное упрочнение как непосредственно после закалки, так и при последующем нагреве закаленных изделий. Закалка в большинстве случаев применяется в составе комплексной технологии термической обработки, включающей закалку с последующим *отпуском* или *старением*.

Закалка, как и отжиг второго рода, применяется только к таким сплавам, в которых при нагреве и охлаждении в твердом состоянии происходят фазовые превращения, обусловленные переменной ограниченной растворимостью, полиморфизмом компонентов и фазовых составляющих, наличием на диаграмме фазового равновесия эвтектоидных, и иных превращений.

Закалка включает нагрев металла или сплава до температур, обеспечивающих развитие фазового превращения при нагреве, выдержку при этой температуре для завершения превращения и гомогенизации высокотемпературного твердого раствора, с последующим ускоренным охлаждением, подавляющим развитие обратного диффузионного фазового превращения, предусмотренного диаграммой фазового равновесия системы, в результате чего образуется метастабильный (чаще всего, пересыщенный) твердый раствор.

При закалке применяются самые большие скорости охлаждения по сравнению с другими видами термической обработки данного сплава, хотя абсолютные значения таких скоростей могут для некоторых сплавов оказаться и не очень большими. Например, при закалке углеродистых сталей, а также алюминиевых сплавов системы Al-Cu-Mg (дуралюминов), требуется охлаждение в холодной проточной воде (максимальные скорости охлаждения до 650 °С/с), тогда как легированные стали охлаждают со скоростями до 100-150 °С/с (охлаждение в масле), а никелевые и некоторые другие сплавы можно закаливать с охлаждением на воздухе (единицы градусов в секунду).

Закалку подразделяют на два принципиально различных вида: закалку *без полиморфного превращения* и закалку с полиморфным превращением (закалку *на мартенсит*).

Закалка без полиморфного превращения осуществляется для сплавов на основе систем эвтектического либо перитектического типа с переменной ограниченной растворимостью компонентов при изменении температуры. В этом случае закалка производится путем нагрева сплава до температур, обеспечивающих растворение избыточной фазы в основном твердом растворе, с выдержкой при этой температуре для гомогенизации высокотемпературного раствора и последующим ускоренным охлаждением, подавляющим обратное выделение стабильной избыточной фазы. При этом в структуре закаленного сплава фиксируется твердый раствор с концентрацией, соответствующей высокотемпературным условиям фазового равновесия. Поскольку при комнатной температуре равновесная растворимость легирующего компонента в твердом растворе ниже, чем зафиксированная при быстром закалочном охлаждении с высокой температуры, то полученный твердый раствор оказывается *пересыщенным*.

Закалка может быть *полной* или *неполной* в зависимости от типа сплава и температурных условий нагрева и закалочного охлаждения.

Важнейшими технологическими параметрами закалки без полиморфного превращения являются: температура нагрева, время выдержки при этой температуре, среда и скорость охлаждения.

Изменение свойств сплавов в результате закалки без полиморфного превращения зависит от их фазового состава и структуры в исходном и закаленном состоянии, от вида полуфабриката (литое, деформированное состояние и др.).

Закалка может, как упрочнять, так и разупрочнять сплав. Упрочнение при закалке без полиморфного превращения преимущественно определяется твердорастворным искажением кристаллической решетки в результате увеличения концентрации твердого раствора по сравнению с равновесным (отожженным) состоянием.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Однако прочность сплава при закалке может уменьшиться, если в исходном состоянии в его структуре избыточная фаза была распределена очень равномерно в виде высокодисперсных частиц по всему объему твердого раствора. В этом случае такие частицы упрочняют сплав. Растворение же их при нагреве под закалку устраняет эту причину упрочнения, в результате чего закаленный сплав оказывается менее прочным.

Повышение прочности может происходить при закалке и в результате растворения в твердом растворе хрупких фаз (либо эвтектик) располагающихся в виде прослоек по границам зерен. Таким образом, становится очевидным, что суммарный эффект упрочнения либо разупрочнения сплавов при закалке без полиморфного превращения в значительной степени определяется характером исходной структуры сплава.

Необходимо отметить, что закалка без полиморфного превращения практически никогда не применяется в качестве единственной операции термообработки, а окончательные свойства сплавов будут сформированы в результате последующего старения сплавов, существенным образом изменяющего уровень механических свойств.

Закалка на мартенсит. В отличие от закалки без полиморфного превращения, при которой прочностные свойства могут изменяться неоднозначно, а пластичность почти всегда повышается, при закалке на мартенсит обязательно повышаются прочностные свойства стали или сплавов, и уменьшается их пластичность.

Закалке обычно подвергают ударный, режущий и измерительный инструмент, а также различные детали машин.

В большинстве случаев при закалке желательно получать структуру наивысшей твердости и износостойкости, т.е. мартенсит, при последующем отпуске можно понизить твердость и повысить пластичность стали.

Следует отметить, что при равной твердости структуры после закалки и отпуска имеют лучшие механические свойства, чем структуры, полученные непосредственно в результате распада аустенита, за исключением нижнего бейнита.

В зависимости от температуры нагрева закалку называют полной ($T_{наг}$ выше критической температуры Ac_3) и неполной ($T_{наг}$ лежит между критическими температурами Ac_1 и Ac_3), рис. 1.23.

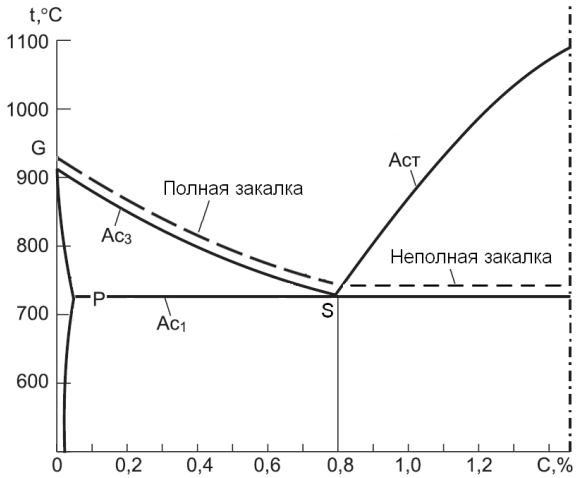


Рис. 1.23. Виды закалки сталей

Доэвтектоидные стали подвергают полной закалке: $T_{наг} = Ac_3 + (30\text{-}50\ °C)$. Такая температура обеспечивает получение при нагреве мелкозернистого аустенита и, соответственно, после охлаждения мелкокристаллического мартенсита. Однако недогрев до температуры Ac_3 приводит к сохранению в структуре кристаллов доэвтектоидного феррита, что при некотором уменьшении прочности обеспечивает повышенную пластичность закаленной стали.

Заэвтектоидные стали подвергают неполной закалке: $T_{наг} = Ac_1 + (30\text{-}50\ °C)$. Структура – мартенсит + цементит. Твердость такой структуры выше, чем структуры одного мартенсита. Поскольку сталь предварительно подвергалась сфероидизирующему отжигу, то избыточные карбиды округлой формы не вызывают снижения вязкости. Время выдержки при температуре закалки зависит от химического состава стали, размера изделия, среды нагрева, определяется по справочным данным или экспериментальным путем.

Высоколегированные инструментальные стали ледебуритного класса для повышения теплостойкости (способность сохранять высокую твердость до 500-600 °C) нагревают при закалке до температур, близких к эвтектическим. При этом происходит распад всех вторич-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ных карбидов, аустенит обогащается не только углеродом, но и легирующими элементами, содержащимися в карбидах. В результате получается высоколегированный, а следовательно, и теплостойкий мартенсит.

Если высоколегированные инструментальные стали используют не как теплостойкие, а только как износостойкие, температуру закалки понижают, сохраняя некоторое количество вторичных карбидов нерастворенными. Это связано с влиянием легирующих элементов на критические температуры стали и малой скоростью диффузии легирующих элементов в твердом растворе.

При объемном (печном) нагреве различают следующие *способы нагрева*: с *максимально возможной скоростью*, когда температура в печи равна или выше температуры закалки, *одно* или *двух ступенчатый нагрев* для изделий, склонных к короблению или с низкой теплопроводностью. Первая ступень нагрева (первый подогрев) выполняется при температуре 500-600 °С, когда сталь приобретает повышенную пластичность. Этот подогрев позволяет снизить уровень термических напряжений. Вторая ступень (второй подогрев) проводится при температуре ~850 °С, цель его снизить термические, фазовые и структурные напряжения, а также сократить время выдержки при окончательном высокотемпературном нагреве под закалку.

Температуру раскаленной детали можно определить по свечению материала, табл. 1.6.

Таблица 1.6 **Цвета каления и соответствующие температуры для стали**

Цвет накала		Температура, °С
	Темнокоричневый (заметен в темноте)	530-580
	Коричнево-красный	580-650
	Тёмнокрасный	650-730
	Темновишнево-красный	730-770
	Вишнево-красный	770-800
	Светловишнево-красный	800-830
	Светлокрасный	830-900
	Оранжевый	900-1050
	Темножёлтый	1050-1150
	Светложелтый	1150-1250
	Ослепительно-белый	1250-1300

Охлаждение при закалке стали. Охлаждение при закалке является одним из важнейших технологических переходов, обеспечивающих развитие мартенситного превращения. Как известно, охлаждение при закалке проводится с максимально высокими скоростями, предотвращающими диффузионный распад переохлажденного аустенита на феррито-цементитную смесь, т.е. скорость охлаждения должна превышать критическую скорость закалки. На изотермической либо термокинетической диаграмме распада переохлажденного аустенита критическая скорость закалки изображается в виде касательной к С-образным кривым в области минимальной устойчивости переохлажденного аустенита, рис. 1.24.

На рис. 1.24, *а* линия *1* соответствует охлаждению с *критической скоростью*, линия *2*, пересекающая С-кривые, свидетельствует о том, что уменьшение скорости охлаждения ме-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

нее критической приводит к диффузионному распаду переохлажденного аустенита, исключая мартенситное превращение, что не соответствует условиям проведения закалки.

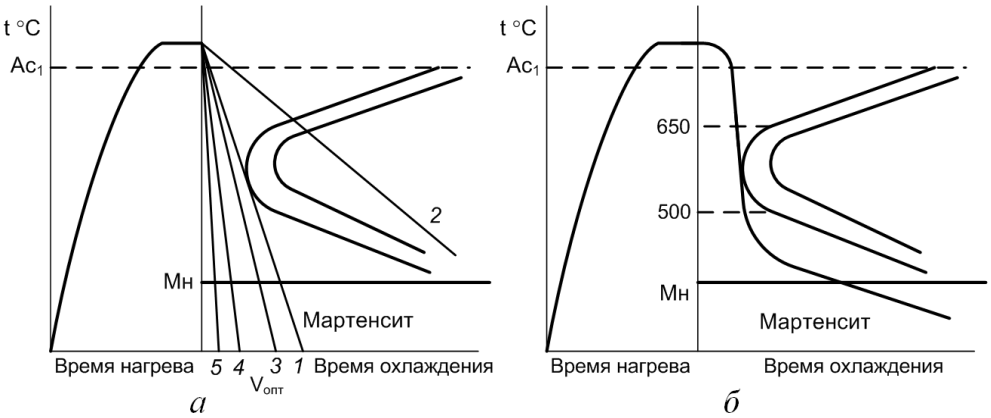


Рис. 1.24. Схемы назначения оптимальных условий охлаждения при закалке: *а* – интервал оптимальных скоростей охлаждения; *б* – оптимальный график охлаждения

Линии *3-5*, соответствующие скоростям охлаждения, превышающим критическую, обеспечивают развитие мартенситного превращения, подавляя диффузионный распад. Охлаждение со скоростью равной критической также соответствует условиям проведения закалки, но является предельно малой. Отсюда можно сформулировать определение критической скорости закалки стали.

Критической скоростью закалки стали является такая минимальная скорость охлаждения, при которой переохлажденный аустенит в полном объеме претерпевает бездиффузионное мартенситное превращение и не распадается на феррито-цементитную смесь.

Скорость охлаждения при закалке, однако, не должна быть слишком большой, поскольку ее чрезмерное увеличение приводит к росту закалочных внутренних напряжений, что может вызвать коробление изделий или образование трещин. Увеличение скорости охлаждения (линия *5*) опасно из-за возникновения избыточного уровня закалочных напряжений.

Причинами возникновения закалочных напряжений являются термические градиенты от поверхности вглубь изделия, а также между зонами детали с разным поперечным сечением, а также неоднородность (неодновременность) развития структурных (мартенситных или иных) превращений по сечению изделия или в соседних объемах различной толщины. В этой связи следует рассматривать термические и структурные напряжения.

Наиболее опасными являются структурные напряжения, возникающие при развитии мартенситного превращения при относительно низких температурах (ниже линии Мн), когда пластичность материала предельно низка. Общий уровень закалочных напряжений определяется суммой термических и структурных напряжений независимо от причин их возникновения.

Анализ оптимальных условий охлаждения при закалке (рис. 1.24, *б*) показывает, что предельно высокая скорость охлаждения необходима лишь в области минимальной устойчивости переохлажденного аустенита (область температур 650-500 °С), с целью подавления диффузионного распада, а дальнейшее охлаждение может проводиться с меньшими скоростями (пологий участок кривой охлаждения ниже температур 500-450 °С).

При этом уменьшается температурный градиент по сечению изделия при дальнейшем охлаждении, в том числе в интервале температур развития мартенситного превращения (ниже линии Мн). Это обеспечивает более равномерное развитие мартенситного превращения по сечению, в результате чего снижается уровень возникающих структурных и общее значение остаточных закалочных напряжений.

Основными *способами охлаждения* при закалке являются: охлаждение в одном охладителе (непрерывная закалка), в двух средах или окунанием (прерывистая закалка); охлаждение с подстуживанием; а также ступенчатое или изотермическое. Все способы охлаждения должны обеспечить охлаждение сталей со скоростью выше *критической*, для предупреждения распада аустенита на феррито-карбидную смесь.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Идеальная закалочная среда должна обеспечить высокую скорость охлаждения в интервале температур минимальной устойчивости аустенита и медленное охлаждение в период мартенситного превращения для предупреждения образования закалочных трещин. По характеру охлаждения закалочные среды делятся на два вида:

- не испытывающие изменений агрегатного состояния во всем диапазоне температур охлаждения изделий;
- претерпевающие изменение агрегатного состояния в связи с кипением среды на поверхности закаливаемых изделий.

К первым относятся газовые среды (воздух, азот, инертные газы, вакуум), расплавы солей, щелочей и металлов, «кипящий» слой, металлические плиты. Наиболее широко при закалке применяют расплавы солей, щелочей, воздух. Например, 55% KNO_3+45% $NaNO_3$ (температура плавления – 137 °С, температура применения 155-550° С), 35% NaOH+65% KOH (температура плавления – 155 °С, температура применения – 180-350 °С) и т.д. Охлаждающая способность солей при температуре ~200 °С примерно равна охлаждающей способности масла при 20 °С.

Ко второму виду закалочных сред относятся вода, водные растворы солей, щелочей, полимеров, низкомолекулярных органических соединений, водо-воздушная смесь, различные марки масел.

Наиболее широко распространенной классической охлаждающей средой, используемой для закалки, является *вода*. Это объясняется ее широкой распространенностью, доступностью, относительной дешевизной и рядом замечательных теплофизических свойств, позволяющих осуществлять охлаждение со скоростями, превышающими критические скорости закалки многих сталей.

В табл. 1.7 приведены ориентировочные данные о максимальных скоростях охлаждения в некоторых закалочных средах в различных температурных интервалах охлаждения, поясняющие некоторые преимущества тех или иных сред.

Таблица 1.7 **Сведения об охлаждающей способности некоторых закалочных сред**

Разновидности закалочных сред	Скорости охлаждения, °С/с, в температурном интервале охлаждения, °С	
	650-550	300-200
Вода при температуре 18° С	600	270
Вода при температуре 28° С	500	270
Вода при температуре 50° С	100	270
Вода при температуре 74° С	30	200
10% водный раствор NaOH при 18° С	1200	300
10% водный раствор NaCl при 18°С	1100	300
Дистиллированная вода	250	200
Вода, насыщенная CO_2	150	200
Керосин	160-180	40-60
Минеральное масло	100-150	20-50
Сжатый воздух	30	10
Спокойный воздух	3	1

Из приведенных данных следует, что повышение температуры воды, используемой при закалке стали, от 18 до 74 °С уменьшает охлаждающую способность ее в интервале температур минимальной устойчивости переохлажденного аустенита (650-550 °С), практически не изменяя ее в интервале развития мартенситного превращения (300-200 °С). Это, во-первых,

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

может не обеспечить подавления диффузионного распада аустенита на феррито-цементитную смесь, а, во-вторых, не исключает образования в период развития мартенситного превращения высокого уровня структурных закалочных напряжений.

Существенно увеличивается охлаждающая способность при использовании в качестве закалочных сред растворов солей и щелочей, которые могут оказаться весьма эффективными при закалке малоуглеродистых сталей. Особенно большим преимуществом этих сред является высокая степень однородности охлаждения по всей поверхности изделия, что предотвращает появление «пятнистой закалки».

При этом наиболее целесообразно применение водного раствора поваренной соли, поскольку растворы щелочей (NaOH) ухудшают условия труда работающих. Полное удаление солей из водных сред (случай дистиллированной воды) резко ухудшает их охлаждающую способность. Ухудшает охлаждающую способность закалочных водных сред растворение в воде любых газов.

Принципиальным отличием минеральных масел и других углеводородов в качестве закалочных сред является малая скорость охлаждения в области температур развития мартенситного превращения, что почти всегда исключает опасность образования закалочных трещин и уменьшает коробление изделий.

Керосин, как более жидкотекучая среда, обеспечивает промежуточные скорости охлаждения (между водой и маслом) в интервале температур развития перлитного превращения. Однако использование керосина в качестве закалочной среды не рекомендуется в связи его пожароопасностью.

Наконец, примерные характеристики струйного охлаждения сжатым воздухом и на спокойном воздухе показывают возможность таких условий проведения закалки лишь для специальных высоколегированных сталей с предельно высокой устойчивостью к распаду переохлажденного аустенита либо для никелевых и некоторых других сплавов.

Наиболее сложные условия теплообмена наблюдаются при закалке изделий в жидких средах, в связи с их способностью к изменению агрегатного состояния (образованию парогазовых пленок) при контакте с погружаемой горячей поверхностью закаливаемого изделия. В этой связи охлаждение в жидкости разбивается чаще всего на три этапа, рис. 1.25.

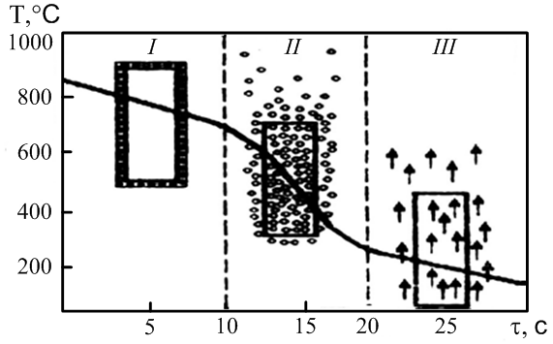


Рис. 1.25. Фазы теплового обмена в жидких закаливающих средах: *I* – пленочного кипения – «паровая рубашка»; *II* – пузырчатого кипения; *III* – конвективного теплообмена

В момент погружения нагретого до высокой температуры закаливаемого изделия в жидкую охлаждающую среду на охлаждаемой поверхности возникает очень высокий температурный градиент и пропорциональный этому градиенту тепловой поток. При превышении значения теплового потока выше некоторой критической величины наступает внезапное интенсивное испарение жидкости, приводящее к тому, что образующийся пар плотным и тонким слоем покрывает всю поверхность охлаждаемого изделия, отделяя ее физически тонкой газопаровой пленкой («паровой рубашкой») от объема охлаждающей жидкости (рис. 1.25, фаза *I*). Эту стадию охлаждения часто называют *стадией пленочного кипения*.

Теплоотвод от горячей детали к холодной жидкости происходит на этой стадии через достаточно стабильную газовую прослойку, в связи с чем скорость охлаждения в начальный период времени после погружения изделия в охлаждающую среду оказывается невысока.

Толщина паровой рубашки уменьшается по мере охлаждения изделия и уменьшения величины теплового потока через границу раздела, поэтому уже на стадии пленочного кипения скорость охлаждения постепенно возрастает с понижением температуры тела.

Толщину газопаровой пленки можно регулировать внешним воздействием, например, путем изменения скорости движения жидкости вдоль охлаждаемой поверхности. Поэтому

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

интенсивное перемешивание жидкости или возбуждение в ней колебаний резко увеличивает скорость охлаждения.

По мере уменьшения толщины газопаровой пленки она становится менее стабильной, способной к разрыву в локальных участках под действием гидростатического давления жидкости. Температура, при которой начинаются прорывы пленки, называется *точкой Лайденфроста*. Она отделяет стадию пленочного кипения от следующей *стадии пузырчатого кипения*.

Стадия пузырчатого кипения характеризуется тем, что после прорыва газопаровой пленки, дальнейший интенсивный теплоотвод обеспечивается в результате возникновения высокой степени турбулентности потоков охлаждающей жидкости, самоорганизующихся в связи с тем, что пузыри, образующиеся у горячей поверхности металла, не могут удерживаться на поверхности, а постоянно уносятся с нее за счет разности в плотности газопаровой среды и жидкости, что обеспечивает постоянный приток к охлаждаемой поверхности новых порций холодного жидкого охладителя.

Высокие скорости движения пузырей, постоянно уносящих с собой большое количество отводимого тепла, обеспечивают очень высокие скорости охлаждения (рис. 1.25, фаза *II*).

Стадия пузырчатого кипения характеризуется высокой плотностью теплового потока. Длительность стадии пузырчатого кипения зависит от температуры кипения жидкости, ее вязкости и других свойств.

Стадия пузырчатого кипения оканчивается при температурах несколько выше физической температуры кипения охлаждающей жидкости, после чего продолжение теплоотвода определяется лишь конвективным режимом теплообмена при ламинарном перемещении охлаждающих потоков среды относительно охлаждаемой поверхности (рис. 1.25, фаза *III*). Эта стадия носит название *ламинарного конвективного теплообмена*. Скорость охлаждения на третьей стадии самая низкая, даже по сравнению со стадией пленочного кипения. Ее протекание поддается регулированию.

Скорость охлаждения может быть изменена за счет перемешивания охладителя. Однако чаще всего охлаждение ниже температур кипения жидкости уже ускорять не требуется, а малые скорости охлаждения в период развития мартенситного превращения лишь благоприятно сказываются на уровне напряженного состояния стали после закалки.

Из жидких сред наиболее применима для закалки изделий из углеродистых сталей и иногда низколегированных – вода, но при этом всегда есть опасность образования закалочных трещин. Это связано с тем, что первая стадия при охлаждении в воде наблюдается в интервале 800-400 °С, вторая – 400-100 °С, третья – <100 °С, эти интервалы даны для спокойной воды при ее температуре равной 20 °С. С повышением температуры воды скорость охлаждения уменьшается на первой стадии, но не изменяется на второй и третьей. Повышает скорость охлаждения циркуляция воды или интенсивное ее перемешивание, но только на первой стадии.

Охлаждение в масле является основным способом при закалке изделий из легированных сталей. Процесс охлаждения в масле характеризуется теми же стадиями, что и в воде, только вместо паровой пленки образуется газовая. Переход от пленочного к пузырьковому кипению проходит при температурах 500-400 °С, а температура начала конвективного теплообмена лежит в пределах 400-200 °С в зависимости от марки масла. При температуре изделий 200 °С скорость охлаждения в масле в 25 раз меньше скорости охлаждения в воде, то есть в интервале мартенситного превращения в масле идет медленное охлаждение и трещины, как правило, не образуются. Охлаждающая способность масел почти не зависит от их температуры.

Основным недостатком масла является медленное охлаждение в верхнем перлитном интервале температур 700-500 °С, что не обеспечивает скорость охлаждения выше критической для углеродистых и низколегированных сталей, исключение составляют тонкие менее 5-8 мм, изделия. Кроме того масло имеет более высокую стоимость, чем вода, пожароопасно, повышает загазованность помещений (дым при закалке), требует обязательной промывки деталей после закалки перед отпуском.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При работе масло окисляется, густеет и при повышении вязкости более чем на 40% от первоначального значения масло следует заменить. Долговечность масел в обычных условиях составляет 400-1000 ч в зависимости от массы закаливаемых изделий. Лучшие сорта масел закалочные модифицированные (МЗМ) марок: МЗМ-16, МЗМ-26, МЗМ-120, ВЗ – вакуумное закалочное, МГЗ – (горячее, закалочное) для ступенчатой закалки при 160-180 °С в агрегатах.

В настоящее время ведутся исследования по поиску закалочных сред, которые бы заменили масло. К ним относятся водные растворы органических полимеров, среди которых наиболее известны ЗСП-1, ЗСП-2, ЗСП-3, ПК-2 и др. Закалочные среды типа ЗСП – это водные растворы полиакриламида, а ПК-2 – 1-2% раствор полимера – железосодержащей полиакриловой кислоты.

Все эти жидкие охладители дешевле масла, не требуют последующей очистки, пожаробезопасны, не токсичны, Однако их закаливающая способность очень сильно зависит от температуры, концентрации, и они не являются такими универсальными как масло.

Механизм охлаждения в растворах полимеров основан на их влиянии на вязкость воды, а также на повышение или снижение растворимости полимеров при изменении температуры среды в контакте с охлаждаемым металлом. На поверхности стали с понижением ее температуры в процессе охлаждения образуется пленка полимера, которая стабилизирует паровую рубашку, а в конце охлаждения оседает на детали, замедляя охлаждение в нижнем интервале температур мартенситного превращения. Такое охлаждение способствует понижению структурных и фазовых напряжений при закалке сталей.

Жидкости, не имеющие температуры кипения в используемом температурном интервале охлаждения (расплавленные металлы, расплавы солей и щелочей), не имеют перегибов на кривой, и скорость охлаждения в них изменяется лишь за счет уменьшения разницы температур между постоянно снижающейся температурой поверхности охлаждаемого изделия и неизменной температурой охлаждающей среды. Поэтому охлаждение в *некипящих* жидких средах существенно может отличаться по своей эффективности от масла, воды и иных кипящих жидкостей.

Охлаждение при закалке в холодных штампах при непосредственном контакте с массивным твердым телом напоминает охлаждение в некипящих жидкостях, однако оно может характеризоваться различной интенсивностью теплообмена в связи с возможным наличием на поверхностях раздела между охлаждаемым изделием и поверхностью массивного охлаждающего тела различных промежуточных пленок, препятствующих теплообмену между ними.

Охлаждение тонкого поверхностного слоя, например, при закалке с лазерным нагревом, происходит за счет теплопередачи тепла от быстро нагретого поверхностного слоя к холодному массивному объему изделия по механизму теплопроводности. В этом случае охлаждение развивается со скоростями, превышающими скорость охлаждения тонких изделий в массивных холодных штампах, поскольку между нагретым тонким слоем и массивной сердцевиной изделия отсутствуют какие-либо тепловые преграды в виде пленок окислов, воздушных зазоров и т.п., которые имеют место при закалке изделий между плитами холодных закалочных штампов.

Закаливаемость – это способность сталей повышать поверхностную твердость, что возможно при закалке на мартенсит. Данная характеристика измеряется в единицах прироста твердости для закаленных сталей по сравнению с отожженным состоянием. Твердость определяется обычно по методу Роквелла. Закаливаемость зависит от содержания углерода в сталях (рис. 1.26), условий охлаждения. Повышение концентрации углерода до 0,8% ведет к росту твердости до 60-62 HRC.

Практически на закаливаемость не влияет содержание легирующих элементов в сталях.

Прокаливаемость. Под прокаливаемостью понимается способность стали получать мартенситную структуру при закалке на определенной глубине от поверхности изделия.

Явление прокаливаемости обусловлено объективными физическими закономерностями и соотношениями внутреннего и внешнего теплообмена при закалке изделия с кинетическими особенностями развития фазовых превращений в стали в период закалочного ох-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

лаждения. При закалке глубина закаленного слоя оказывается значительно меньше, чем поперечное сечение детали. Это связано с различием скоростей охлаждения поверхностного слоя и сердцевины изделия.

Если при закалке скорость охлаждения на поверхности закаливаемого изделия всегда должна быть выше критической, то в сердцевине она может оказаться меньше ее. В этом случае поверхность получает мартенситное строение, а в сердцевине переохлажденный аустенит претерпевает распад по диффузионному механизму.

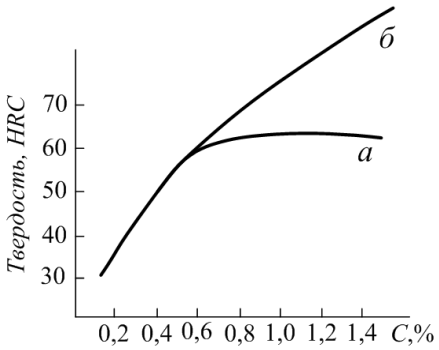


Рис. 1.26. Твердость стали в зависимости от содержания углерода и температура нагрева под закалку: *а* – нагрев выше критической точки Ac_1 (рис. 1.23); *б* – нагрев до аустенитного состояния

Анализ кривых охлаждения поверхности изделия и его слоев, соответствующих разной глубине от поверхности (рис. 1.27.), показывает, что слои металла, непосредственно примыкающие к поверхности и располагающиеся на некотором расстоянии от нее, (точки *1-4* на рис. 1.27, *а*, и соответствующие кривые на рис. 1.27, *б*), охлаждаются со скоростями большей или равной критической скорости закалки (точка *4*).

Поэтому закаленный слой детали, определяющий величину прокаливаемости, ограничивается расстоянием от поверхности до точки *4*. Более глубокие слои (точки *5*, *6* и далее до центра) охлаждаются со скоростями, меньшими критической (кривые соответствующие графикам охлаждения в этих точках на рис. 1.27, *б* пересекают С-образные линии диаграммы), в связи с чем в этих слоях образуются продукты диффузионного распада различной степени дисперсности (троостит, сорбит или перлит).

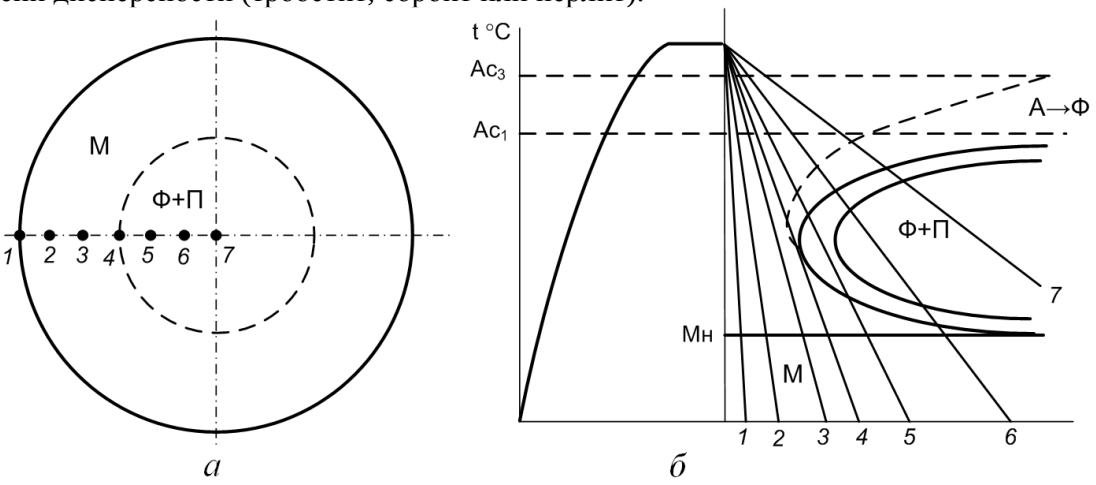


Рис. 1.27. Результаты анализа явления прокаливаемости с использованием С-образной диаграммы

Глубина проникновения закаленного слоя, то есть имеющего структуру мартенсита. Определяется по торцевой пробе согласно ГОСТ 5657-90, показателем глубины закаленного слоя является расстояние от поверхности вглубь до слоя со структурой 90% мартенсита (сквозная закалка) или слоя со структурой 50% мартенсита + 50% троостита (полумартенситная зона). Твердость полумартенситной зоны при различном содержании углерода в сталях представлена в табл. 1.5. Сквозная прокаливаемость необходима для таких изделий, как пружины, рессоры, тормозные колодки, инструмент, шарики и ролики подшипников.

Таблица 1.5 **Влияние углерода на твердость полумартенситной зоны**

Содержание углерода, %	0,18-0,22	0,23-0,27	0,28-0,32	0,33-0,42	0,43-0,52	0,53-0,62
Твердость, HRC	25	30	35	40	45	50

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Прокаливаемость – технологическая характеристика материала измеряется, как правило, в миллиметрах. Она определяет технологичность изделий, технологию их производства и эксплуатационные свойства. По этой причине ее следует учитывать при выборе сталей как конструкционных материалов. Путем выбора стали с оптимальной прокаливаемостью, соответствующей технологии термической обработки можно при сравнительно малых затратах повысить эксплуатационную надежность и долговечность изделий.

Для характеристики прокаливаемости введено понятие критический диаметр, которое позволяет устранить влияние размеров изделий на глубину прокаливаемости. Критический диаметр – это максимальное сечение цилиндра, который закаливается насквозь при охлаждении в данной закалочной среде. Связь между результатами торцевой закалки, размерами деталей простой геометрической формы и критической скоростью закалки отражена в номограммах для определения сквозной прокаливаемости. По номограмме можно установить прокаливаемость при заданной критической скорости закалки, критическую скорость закалки для определенной формы детали; прокаливаемость по данным торцевой закалки.

Справочной характеристикой прокаливаемости сталей являются полосы прокаливаемости, которые характеризует изменение твердости в зависимости от расстояния с поверхности вглубь детали, или связь значений твердости со средой закалки, глубиной слоя или количеством мартенсита закалки. Полосы прокаливаемости, так же как и номограммы, приводятся в справочниках по термообработке металла.

В табл. 1.6 приведена температура закалки основных углеродистых и легированных сталей.

Таблица 1.6 **Температура закалки основных углеродистых и легированных сталей**

Марка стали	Температура закалки, °С	Марка стали	Температура закалки, °С
Конструкционные углеродистые стали		12ХН3А	850-870
20; 25	870-890	20ХН3А, 30ХН3А	810-830
30	850-870	12Х2НН4А, 20Х2Н4А	850-870
35	840-860	40ХНМА	840-860
40	830-850	38ХМЮА	930-950
45	820-840	30ХМ	870-890
50; 55	800-820	35ХМ	840-860
60; 65; 65Г	790-810	Инструментальные углеродистые стали	
Конструкционные легированные стали		У7	770-790
15Х; 20Х	870-890	У8, У9, У10, У11, У12	760-780
30Х; 35Х	850-870	Инструментальные легированные стали	
40Х	840-860	7Х3, 8Х3	850-880
45Х	830-850	9Х	820-850
50Х	820-840	9ХС	845-865
15ХФ, 20ХФ, 40ХФ	870-890	ХГС	820-860
50ХФА	850-870	5ХС	850-900
20ХГ	870-890	Х, Х09	830-850
40ХГ	830-850	Х05	800-825
20ХГС, 25ХГС, 30ХГС	870-890	Ф	820-840
35ХГС	880-900	В1	810-830
18ХГТ, 30ХГТ, 35ХГТ, 40ХГТ	870-890	ХГ	830-850
20ХН	850-870	9ХВГ, ХВГ	825-845
40ХН, 45ХН, 50ХН	810-830	ХВ5	820-800

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Способы закалки стали. Существует несколько принципов классификации закалки стали, основанных на технологических особенностях ее выполнения. С учетом способов нагрева конкретных изделий и доли объема детали, нагреваемой под закалку, различают *объемную, поверхностную и местную* закалку.

Объемная закалка производится путем нагрева изделия по всему сечению в нагревательных печах с последующим ускоренным охлаждением в закалочных баках. Если требуется осуществить закалку только части объема изделия, например, только ее рабочей части, то такую закалку называют *местной*. Если закалке подвергается лишь тонкий поверхностный слой детали, то в этом случае закалка носит название *поверхностной*.

Поверхностную закалку классифицируют по способам нагрева, связанным с использованием различных высококонцентрированных тепловых источников, как правило, основанных на новых физических явлениях. Ее видами являются: индукционная закалка (закалка токами высокой частоты), закалка с электронно-лучевым, лазерным, плазменным нагревом и т.д. Однако наиболее распространенным принципом классификации является *способ охлаждения* при закалке.

Такая классификация может быть распространена как на объемную, местную, так и на поверхностную закалку. Закалка может быть *непрерывной* (закалка в одном охладителе), *прерывистой* (например, в двух охладителях – через воду в масло), *ступенчатой, изотермической, с подстуживанием, с обработкой холодом, с самоотпуском*.

Непрерывная закалка является наиболее распространенным способом закалки. При ее осуществлении используется лишь одна охлаждающая среда во всем интервале температур закалочного охлаждения. Примерами закалки в одном охладителе является закалка углеродистых сталей в воде или легированных сталей – в масле.

Достоинством такой закалки, обеспечивающим ее наиболее широкое использование в практике как промышленного, так и ремонтного производства, является простота выполнения.

Кроме того, закалка в одном охладителе гарантирует строго определенный график охлаждения изделия, который трудно нарушить исполнителем, что гарантирует стабильность качества продукции. После непрерывной закалки большинство сталей получает такую структуру, как мартенсит и остаточный аустенит, т.е. типичную структуру закаленной стали.

Закалка с обработкой холодом. В том случае, если количество остаточного аустенита в результате закалки оказывается слишком большим (это наблюдается в случае закалки высоколегированных сталей или даже углеродистых, но при использовании слишком высоких температур нагрева под закалку), то после закалки производят обработку при температурах ниже 0° С. Такое сочетание операций называют закалкой с обработкой холодом.

Теоретической основой закалки с обработкой холодом является то, что остаточный аустенит, сохраняющийся в стали после закалки до комнатной температуры, является термодинамически неустойчивым, и способным к мартенситному превращению при дальнейшем понижении температуры ниже 0 °С. Поэтому, применение обработки холодом с целью уменьшения количества остаточного аустенита возможно только для тех сталей, у которых точка конца мартенситного превращения Мн лежит ниже комнатной температуры.

Для углеродистых сталей это соответствует сталям с содержанием углерода более 0,55-0,60%. Для сталей с меньшим содержанием углерода такая обработка не приводит к уменьшению количества остаточного аустенита, поскольку после охлаждения до комнатной температуры уже была достигнута точка конца мартенситного превращения, ниже которой превращение продолжаться не может. При оценке применимости обработки холодом для легированных сталей следует руководствоваться табличными значениями мартенситных точек стали.

Технология обработки холодом предусматривает охлаждение изделия непосредственно после закалки до температур от минус 60 до минус 70 °С. Более низкие температуры не приводят к дальнейшему уменьшению количества остаточного аустенита, поскольку для большинства сталей точка конца мартенситного превращения не опускается ниже этих температур. Обработку холодом чаще всего проводят в специальных охладительных установках.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В некоторых случаях более просто технологически проводить обработку холодом непосредственно в жидком хладагенте, в качестве которого может быть использован жидкий азот, либо смеси его с углеводородами типа спирта, ацетона и др. Температура кипения жидкого азота составляет минус 196 °С, а в смеси с углеводородами могут быть получены промежуточные температуры от минус 196 до плюс 20 °С.

Закалка с подстуживанием. Одним из способов, обеспечивающих относительно низкий уровень закалочных напряжений, является закалка с подстуживанием. Наиболее широко этот способ применяется при закалке крупногабаритных массивных деталей, особенно сложной конфигурации, а также в случае закалки цементуемых изделий непосредственно после газовой цементации и нитроцементации.

Подстуживание производят обычно на воздухе или в камерах (зонах) подстуживания. Этим приемом удается уменьшить градиент температур по сечению изделия, возникающий после его погружения в закалочную среду, а следовательно и уровень термических и структурных закалочных напряжений.

Медленное охлаждение, соответствующее этапу подстуживания, можно проводить только до той степени, пока в материале изделия не начинается интенсивный процесс диффузионного распада аустенита. Однако при этом может выделяться избыточное количество карбидов легирующих элементов, снижая, таким образом, степень легированности переохлажденного аустенита. Это уменьшает количество сохраняющегося после закалки остаточного аустенита, а выделяющиеся при подстуживании карбиды могут увеличивать износостойкость стали.

Прерывистая закалка. Наиболее эффективное уменьшение уровня закалочных напряжений может быть достигнуто применением прерывистой закалки (закалки в двух охладителях), примером которой может явиться закалка через воду в масло. Нагретое до закалочных температур изделие сначала погружают на несколько секунд в воду, а затем немедленно переносят его во вторую охлаждающую среду – масло.

Таким образом, обеспечивается быстрое охлаждение в области температур минимальной устойчивости переохлажденного аустенита к распаду (650-500 °С) и последующее относительно медленное охлаждение в области температур развития мартенситного превращения (300-200 °С). В этом отношении график охлаждения при закалке через воду в масло является наиболее близким к идеальным условиям закалочного охлаждения, обеспечивающим минимальный уровень закалочных внутренних напряжений.

Однако такие качества проявляются только при условии очень точного выполнения планируемого графика, а это в реальных условиях оказывается зависимым от квалификации рабочего, его мастерства и других субъективных факторов. Некоторая передержка изделия в воде на первом этапе охлаждения может привести к переходу участка быстрого охлаждения в мартенситный интервал температур, что может вызвать образование трещин или усиленное коробление.

В другом случае, некоторая недодержка изделия в воде может привести к диффузионному распаду переохлажденного аустенита, что приведет к пониженной твердости изделия. Несмотря на это, закалка через воду в масло очень широко применяется при термической обработке режущих и штамповых инструментов, изготовленных из инструментальных нелегированных высокоуглеродистых сталей типа У7, У8, У10, У12 и др. Структура стали после закалки обычная для закаленных изделий: мартенсит и остаточный аустенит. При этом, правильно выполненная прерывистая закалка обеспечивает невысокий уровень закалочных напряжений.

Закалка с самоотпуском. В том случае, если при прерывистой закалке быстрое охлаждение, например в воде, провести таким образом, чтобы температура на поверхности изделия опустилась ниже точки начала мартенситного превращения, а сердцевина осталась горячей и затем выдать изделие на воздух, то тепло, сохранившееся в центральных объемах детали, перераспределится на поверхность и повысит ее температуру. При этом произойдет частичный распад мартенсита, обеспечив протекание процессов отпуска. Такая технология носит название закалки с самоотпуском.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Закалка с самоотпуском – одна из наиболее древних разновидностей закалки, которая в течение длительного времени рассматривалась лишь в качестве одного из технологических приемов металлургического искусства. Она не могла быть широко использована в качестве массовой технологической операции промышленного производства, поскольку качество изделий после такой обработки целиком зависит от субъективных данных исполнителя. Но в то же время данный вид закалки широко применяется в ремонто-слесарной практике.

Примером применения закалки с самоотпуском является закалка слесарных зубил из стали У7-У8, при которой отогрев режущей кромки за счет тепла сердцевины должен обеспечить достижение температуры 230-250 °С, при которой в стали формируется структура отпущенного мартенсита. Это обеспечивает сочетание высокой твердости и износостойкости при низком уровне остаточных напряжений.

Ступенчатая закалка. Наиболее надежное уменьшение уровня закалочных напряжений достигается в случае применения ступенчатой закалки, которая выполняется с использованием в качестве закалочных охлаждающих сред расплавов солей или металлов, нагретых до температур выше точки начала мартенситного превращения закаливаемой стали на несколько градусов или несколько десятков градусов. Охлаждение изделий в такой среде исключает образование «паровой рубашки», предотвращая стадию пленочного кипения при закалке, и происходит со скоростями, близкими к скорости охлаждения в масле.

Остановка охлаждения и кратковременная выдержка при температуре ступеньки обеспечивают релаксацию термических напряжений, образующихся на первом этапе быстрого закалочного охлаждения в перлитном интервале температур, а также приводит к выравниванию температуры изделия по сечению перед началом второго этапа охлаждения (например, в масле или на воздухе) в интервале температур развития мартенситного превращения (300-200 °С).

При этом мартенситное превращение развивается в условиях незначительных градиентов температур по сечению, до минимума снижая уровень образующихся структурных закалочных напряжений. Структура стали после ступенчатой закалки такая же, как и после непрерывной закалки, отличаясь от нее более значительным количеством остаточного аустенита в связи с явлением его стабилизации, аналогично процессам, развивающимся в стали в интервале температур мартенситного превращения.

Результаты ступенчатой закалки получаются гораздо более стабильными по сравнению с прерывистой закалкой, поскольку они практически не зависят от субъективного фактора – квалификации рабочего. Преимуществом ступенчатой закалки является возможность правки тонких длинных изделий в горячем состоянии после выдачи их на воздух из охлаждающей ванны, в связи с проявлением в период развития мартенситного превращения свойства термоупругой пластичности (одной из разновидностей явления сверхпластичности). Пластичность изделия оказывается в данный момент даже выше, чем пластичность самого переохлажденного аустенита. После завершения мартенситного превращения дальнейшая правка оказывается практически невозможной.

Использование этого эффекта позволяет наиболее рационально организовать технологический процесс термической обработки протяжек, оправок и других длинномерных изделий. Единственным ограничением применения ступенчатой закалки является почти полная невозможность закалки углеродистых нелегированных сталей в связи с малой устойчивостью переохлажденного аустенита и, слеовательно, невозможностью подавления его распада в перлитном интервале температур при охлаждении в горячих жидких средах.

Изотермическая закалка. Изотермическая закалка выполняется аналогично ступенчатой с использованием в качестве охлаждающих закалочных сред расплавов солей, щелочей либо металлов (свинец, цинк и др.). Отличием ее от ступенчатой закалки является то, что длительность выдержки при температуре охлаждающей среды принимается более значительной, с таким расчетом, чтобы переохлажденный аустенит претерпевал распад в области развития промежуточного (бейнитного) превращения. Это соответствует температуре охлаждающей среды и температуре изотермической выдержки ниже перегиба С-образных кривых.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Различают изотермическую закалку на верхний и на нижний бейнит. При этом образующиеся структуры верхнего или нижнего бейнита обеспечивают достижение различного уровня механических свойств стали.

Сталь со структурой нижнего бейнита характеризуется наиболее высоким сочетанием прочностных и пластических характеристик. Образование верхнего бейнита понижает одновременно как пластичность, так и прочность стали, что связано с особенностями развития бейнитного превращения при разных температурах изотермической выдержки в период закалочного охлаждения.

Для получения структуры нижнего бейнита температура изотермической выдержки должна лишь на несколько градусов или несколько десятков градусов превышать точку начала мартенситного превращения рассматриваемой стали. Для большинства сталей такой температурой является 200-350 °С. Закалка на структуру верхнего бейнита производится с использованием температуры изотермической выдержки 450-550 °С, что на 200-300 °С превышает точку начала мартенситного превращения.

Способы поверхностной закалки. В большинстве случаев детали машин в условиях эксплуатации воспринимают внешние воздействия своей поверхностью. Поверхность подвергается абразивным воздействиям со стороны сопряженных тел при трении. В поверхностных зонах при изгибе и кручении наблюдаются максимальные изгибающие и крутящие моменты.

Поверхность может испытывать одновременное воздействие механических факторов и коррозионных сред. Наконец, поверхность изделия – это тот его элемент, где в силу различных конструктивных или технологических причин могут появляться различные концентраторы напряжений (резкие переходы сечений, подрезы, царапины, микротрещины и др.), способствующие преждевременному разрушению. Поэтому на поверхности детали чаще всего должны иметь высокую твердость и износостойкость, тогда как сердцевина должна оставаться вязкой, обеспечивая способность поглощать ударные эксплуатационные нагрузки.

Такое сочетание свойств может быть достигнуто методами поверхностного упрочнения и, в частности, методами поверхностной закалки. Для поверхностной закалки в основном используют методы высокоскоростного поверхностного нагрева с последующим немедленным охлаждением со скоростями, превышающими критическую скорость закалки.

Необходимо учитывать, что чем более тонкий слой закаленного слоя требуется получить, тем выше должна быть скорость нагрева, поскольку при малых скоростях нагрева значительная часть подводимого тепла будет перераспределяться к сердцевине изделия, увеличивая глубину нагрева.

Если при обычном, печном нагреве под закалку температура должна быть на 20-50 °С выше критических точек, то при скорости нагрева 1000-10000 °С/с она может оказаться выше этих же критических точек на 100-150 °С, а иногда и еще больше.

Высокоскоростной нагрев обусловливает и еще одну особенность структурных превращений при поверхностной закалке: структура стали оказывается сверхмелкозернистой, поскольку при большой степени перенагрева резко увеличивается число одновременно образующихся аустенитных зародышей, а малые длительности нагрева предотвращают рост аустенитного зерна.

По методам нагрева выделяют следующие способы поверхностной закалки:

- с газопламенным нагревом;
- токами высокой частоты (метод В.П. Вологдина);
- в электролите (метод И.З. Ясногородского);
- с использованием высококонцентрированных источников энергии (лазерный, плазменный, электронно-лучевой нагрев).

Закалка с газопламенным нагревом. Закалка с газопламенным нагревом является одним из наиболее простых способов, не требующих сложного оборудования для его осуществления. Этот способ поверхностной закалки наиболее мобилен. Для его осуществления часто оказывается достаточным наличие баллонов с горючим газом (например, ацетиленом),

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

с кислородом, специальной горелки, изготовленной по форме закаливаемого изделия и охлаждающего устройства (спрейера или закалочного бака).

Поэтому такой способ закалки часто применяют для ремонтных работ в полевых условиях. Однако он может применяться и в стационарных условиях при обработке достаточно сложных поверхностей изделий, особенно, крупногабаритных и весьма сложной конфигурации. При этом может использоваться принцип одновременного нагрева всей закаливаемой поверхности с последующим одновременным охлаждением нагретого участка.

Для этого предварительно изготавливают горелочное устройство, обеспечивающее равномерное распределение пламени горелки на всей нагреваемой площади. Главная сложность такого технологического процесса состоит как раз в том, чтобы горелочное устройство обеспечивало равномерный нагрев всей поверхности с одинаковой скоростью в пределах оптимальных интервалов температур нагрева. После окончания нагрева горелку быстро отводят от нагретой поверхности, а на ее место устанавливают спрейерное (душирующее) устройство для закалочного охлаждения. Закалку однородных протяженных плоских или цилиндрических поверхностей можно выполнить с применением относительно простых линейных или кольцевых горелок и размещенными вслед за ними такими же спрейерными устройствами, с перемещением их вдоль закаливаемых поверхностей. Такой способ закалки называется *непрерывно-последовательным*.

Важнейшим недостатком закалки с газопламенным нагревом является невозможность контроля и регулирования температуры нагрева под закалку и глубины закаленного слоя. Качество закаленного слоя часто зависит от субъективных факторов, в частности, квалификации работающих. Оно характеризуется неоднородностью нагрева поверхности при неточно изготовленном горелочном устройстве, при его засорении, неточности установки относительно закаливаемой поверхности, поскольку пламя горелки имеет различные температурные зоны на разных расстояниях от зоны смешения горючего газа с кислородом.

В этой связи появляется опасность перегрева и даже оплавления поверхности или, наоборот, ее недогрева. Эти недостатки ограничивают сферу применения газопламенной закалки.

Индукционная закалка токами высокой частоты. Индукционный способ закалки токами высокой частоты получил в настоящее время наиболее широкое распространение благодаря его многочисленным преимуществам перед другими способами поверхностной закалки:

- высокая производительность процесса;
- возможность точной регулировки температурно-временных режимов нагрева и охлаждения и, следовательно, глубины закалки;
- возможность организации процесса закалки с самоотпуском;
- относительно простая система механизации и автоматизации процесса и возможность встраивания агрегата закалки токами высокой частоты (т.в.ч.) в линию механической обработки деталей, что исключает излишнюю транспортировку деталей;
- незначительное коробление деталей при закалке;
- отсутствие обезуглероживания поверхности и незначительное ее окисление;
- получение твердости на 1,5-2,0 ед. HRC выше, чем при объемной печной закалке.

Теоретической основой закалки т.в.ч. является то, что в изделии, помещенном в переменное электромагнитное поле, индуктируются вихревые токи (токи Фуко), концентрирующиеся вблизи поверхности изделия. Причем, чем выше частота переменного электромагнитного поля, тем в более тонком слое концентрируются вихревые токи и тем выше плотность тока, протекающего в приповерхностных слоях детали.

Для создания электромагнитного поля используется индуктор, представляющий собой в большинстве случаев одновитковый или многовитковый контур из медной трубки, через который пропускается переменный электрический ток. Индуктор изготавливается из трубки в связи с тем, что его необходимо постоянно охлаждать проточной водой для предотвращения его нагрева при пропускании через него электрического тока. Форма индуктора определяется формой детали.

Деталь при нагреве располагают в индукторе с небольшими, строго определенными зазорами, что определяет требуемую скорость нагрева и равномерность нагреваемого слоя по

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

всей поверхности. На острых кромках деталей в связи с чрезмерной концентрацией вихревых токов может возникать местный перегрев. Для исключения опасности перегрева или даже оплавления в этих участках увеличивают зазоры между поверхностью детали и индуктором.

Питание индуктора электрическим током производится от генераторов разного типа, обеспечивающих различную частоту тока: машинных с частотой тока 2500-8000 Гц, тиристорных – 10-70 кГц, ламповых – 60-250 кГц. При этом оказывается возможным получать различную глубину закаленного слоя в зависимости от частоты, табл 1.7.

Как и в случае газопламенной закалки, технология закалки т.в.ч. позволяет производить одновременный нагрев закаливаемой поверхности с последующим одновременным закалочным охлаждением, а также непрерывно-последовательный режим нагрева и охлаждения.

Таблица 1.7 Глубина закаленного слоя при закалке т.в.ч. в зависимости от частоты тока

Частота тока, кГц	Глубина закаленного слоя, мм
2,5	3-8
8,0	2-3
67	1,0-2,5
250	0,3-1,5

Если на одной детали оказывается необходимым подвергнуть закалке несколько подобных участков, например, шеек коленчатого вала, то такая закалка носит название *поочередной*.

Крупномодульные зубчатые колеса с большой шириной могут подвергаться закалке по очереди, каждая отдельная впадина непрерывно-последовательным способом. В этом случае весь комплекс технологии описывается термином поочередно-последовательной закалки.

Закалка в электролите. Способ закалки в электролите предусматривает пропускание электрического тока плотностью 4-5 А/см^2 с напряжением 220-300 В через электролит, где катодом является нагреваемое изделие, а анодом – материал ванны или специально введенный металлический электрод. В качестве электролитов используются водные растворы солей, например, соды Na_2CO_3 с концентрацией 5-10%. В процессе электролиза ионы водорода перемещаются к катоду, где возникает пленка ионизированного водорода, которая становится одним из звеньев электрической цепи. При прохождении электрического тока достаточной плотности через пленку ионизированного водорода она разогревается до температур в среднем 3000° С.

Поверхность детали, находящаяся в окружении такой пленки нагревается до температур закалки в течение нескольких секунд. После отключения электрического тока электролит может быть и охлаждающей средой, обеспечивая получение тонкого закаленного слоя, нагревшегося на предыдущем этапе в этом же электролите.

Однако охлаждение можно проводить и в другой охлаждающей среде путем переноса изделия в зону охлаждения либо в закалочный бак. Существуют установки струйного типа, в которых и нагрев в электролите, и закалочное охлаждение выполняются в быстродвижущемся потоке жидкости или в струйных душирующих устройствах.

Анализ процессов, происходящих в пленке ионизированного водорода при высокоскоростном нагреве поверхности детали в электролите, показывает, что при пропускании тока через водный раствор, в месте его контакта с поверхностью детали, возникает «низкотемпературная» плазма, в которой непрерывно развиваются разрядные явления. Это обеспечивает быстрый разогрев пленки водорода до 3000° С.

Теоретическими расчетами состояния плазмы доказано, что минимальная температура, даже в низкотемпературной плазме, составляет не менее 50000-100000 °С. Поэтому опасность перегрева и подплавления поверхности при плазменно-электролитном нагреве является одним из реальных недостатков рассматриваемого способа закалки. Особенно высока опасность подплавления острых кромок изделий, которые следует экранировать при нагреве под закалку в электролите специальными подставками из огнеупорных электрически непроводящих материалов, например, из керамик.

Вторым очень существенным недостатком закалки в электролите является неоднородное распределение твердости по поверхности закаленного изделия, что обусловлено явлением «пятнистой закалки». Это связано с тем, что после отключения электрического тока

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

пленка водорода, образовавшаяся в результате электролиза, в начальный момент охлаждения смывается электролитом лишь частично. Оставшаяся часть пленки затрудняет теплообмен между охлаждаемой поверхностью детали и охлаждающей средой. При этом на участках с адсорбированной и не оторвавшейся пленкой водорода охлаждение поверхности резко замедляется, в результате чего аустенит в закаливаемом слое претерпевает диффузионный распад, исключая образование мартенсита на этих участках поверхности.

Для исключения этого явления обычно применяют перемешивание электролита, используют уже упоминавшиеся струйные режимы обработки, наложение магнитного поля на электролит. Однако все эти пути воздействия на процесс закалки оказываются малоэффективными. Наибольшую эффективность показал метод наложения ультразвуковых колебаний, вводимых в электролитную ванну непрерывно в период нагрева и последующего охлаждения. Воздействие ультразвука в процессе плазмоэлектролитного нагрева стабилизирует формирование и работу плазмы, увеличивая степень равномерности нагрева. Воздействие ультразвука в момент отключения тока, пропускаемого через электролит, вызывает активное разрушение водородной пленки и удаление ее с поверхности изделия за счет кавитационных эффектов на поверхности детали. Исключение газовой пленки улучшает условия теплообмена между охлаждающей средой и поверхностью детали, устраняет «пятнистость закалки».

Продолжение охлаждения в поле кавитирующей жидкости подавляет стадию пленочного кипения, заменяя ее стадией пузырчатого кипения, характеризующегося более высоким коэффициентом теплопередачи через границу раздела.

Лазерная поверхностная обработка. В качестве высококонцентрированных источников энергии выступают: излучение лазера, сконцентрированный световой луч, электронный пучок, плазменные потоки.

Основной характеристикой таких источников энергии является высокая энергетическая насыщенность потока, позволяющая нагревать очень тонкие слои изделий в течение малых долей секунды в широком диапазоне возможных температур нагрева, включая температуры оплавления.

Скорости нагрева достигают величин 10^4-10^5 °С/с. После окончания действия такого теплового источника и нагрева очень тонкого слоя происходит самопроизвольное его охлаждение за счет перераспределения тепла в холодную сердцевину. При этом скорости охлаждения также оказываются сверхвысокими (10^3-10^6 °С/с), часто превышающими скорость охлаждения при обычной закалке в воде или иных быстроохлаждающих средах. Эффективность термического упрочнения высококонцентрированными источниками энергии мало зависит от природы используемого физического явления (лазерная закалка, электронно-лучевая или плазменная).

В большей степени эффективность упрочнения определяется мощностью энергетического потока и характером его воздействия (непрерывный, импульсный). Использование высококонцентрированных источников энергии позволяет проводить поверхностное упрочнение за счет различных структурных факторов в зависимости от значения достигаемой температуры нагрева. Различают четыре основных пути упрочнения поверхностного слоя:

- структурное упрочнение, достигаемое высокоскоростным нагревом тонкого поверхностного слоя до температур, не превышающих температур фазового превращения;
- упрочнение путем поверхностной закалки с получением метастабильного фазового состояния и последующим старением или отпуском;
- упрочнение путем нагрева поверхностного слоя до температур, превышающих температуру плавления с последующей ускоренной кристаллизацией, при которой достигается образование сверхмелкозернистой кристаллической структуры, аморфного состояния вещества либо иных метастабильных состояний закристаллизованной поверхности;
- упрочнение путем поверхностного легирования слоя на основе протекания микрометаллургических процессов в поверхностном расплаве и диффузионного взаимодействия легирующего компонента в слое с основой сплава, в результате оплавления вы-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сококонцентрированным источником энергии поверхности изделия вместе с предварительно нанесенным на поверхность слоем легирующего компонента.

Структурное упрочнение поверхностного слоя при высокоскоростном (например, лазерном) нагреве до температур, не превышающих критических точек, обусловлено преимущественно явлениями наклепа за счет внутренних напряжений, возникающих при «мгновенном» увеличении объема поверхностного слоя в момент нагрева, вызывающих его пластическую деформацию, а также сжатия этого слоя при последующем таком же высокоскоростном охлаждении. Процесс этот нельзя отнести к операциям закалки, поскольку упрочнение в данном случает носит чисто деформационный характер.

Лазерное структурное упрочнение, обусловленное рассмотренными причинами, может быть применено как для сталей, чугунов, так и для цветных металлов и сплавов независимо от наличия или отсутствия в сплаве фазовых превращений.

Чисто закалочное упрочнение поверхностного слоя, достигаемое при лазерной закалке с температур, выше точек фазового превращения, но ниже температур плавления, отличается от иных способов поверхностной закалки с высокоскоростным нагревом не принципиально.

Особенность такой технологии заключается в том, что при лазерной закалке сверхвысокоскоростной нагрев позволяет получать во внешней закаленной зоне слоя структуру очень мелкоигольчатого мартенсита в сочетании с некоторым количеством остаточного аустенита. Высокие температуры нагрева, близкие к температуре плавления сталей, особенно, высоколегированных, приводят к сохранению в стали после закалки очень большого количества остаточного аустенита (до 70-80%), что отрицательно сказывается на свойствах слоя. В зоне слоя, расположенной под областью мартенсита, в большинстве случаев обнаруживается зона структурного упрочнения, обусловленного деформационным воздействием высокоскоростного нагрева и последующего быстрого охлаждения, аналогичная рассмотренной выше.

Свойства слоя, полученного при лазерной закалке на мартенсит, или после закалки без полиморфного превращения, могут быть изменены методами старения или отпуска, вызывающими дополнительное упрочнение или разупрочнение в зависимости от требований, предъявляемых к детали условиями эксплуатации.

Особый интерес представляют способы закалки с поверхностным нагревом до температур, приводящим к оплавлению тонкого поверхностного слоя. В этом случае слой лазерной закалки на поверхности стали или чугуна включает три принципиально отличных зоны.

Внешняя приповерхностная зона – зона быстро закристаллизованного расплава, которая может иметь мелкокристаллическое (квазиаморфное) строение, либо превратиться в полностью аморфизированное состояние.

Вторая – мартенситная зона слоя в этом случае соответствует переходной зоне с температурами нагрева от точки плавления до температуры фазовых превращений в твердом состоянии. В процессе лазерного нагрева под слоем жидкости возникает зона аустенита, который при быстром охлаждении претерпевает мартенситное превращение.

Третья зона после такой обработки располагается ниже мартенситной, где температура при лазерном нагреве не превышала точки фазового превращения. Это зона структурного упрочнения за счет деформационного воздействия высокоскоростного нагрева и охлаждения.

Строение зоны быстро закристаллизованного расплава отличается большим разнообразием в зависимости от химического состава сплава, подвергаемого лазерной обработке, и ее температурных режимов, которые в первую очередь сказываются на измельчении зеренного строения оплавленной зоны.

При еще больших скоростях охлаждения образующиеся кристаллы могут получить размеры, соизмеримые с несколькими десятками межатомных расстояний, что соответствует формированию рентгеноаморфного состояния закристаллизованного слоя. Аморфизированное состояние, например, достигнуто в системах Fe-B-Si, Fe-Cr-B-C и некоторых других.

При лазерной обработке чугуна с плавлением поверхности в пленке расплава, возникающей под действием лазерного луча, происходит очень быстрое растворение графитных включений, которые при мгновенной кристаллизации после отключения лазера уже не выделяются из расплава, а его кристаллизация развивается по метастабильной фазовой диа-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

грамме железо-цементит, в связи с чем на поверхности в слое толщиной от 0,10 до 1,0 мм образуется ледебурит с очень высокой твердостью и износостойкостью.

Для легированных чугунов после лазерной закалки микротвердость зоны оплавления достигает 8000-13500 МПа. Глубина зоны упрочнения при лазерной закалке зависит от формы графитных включений и содержания легирующих элементов. Она выше у чугуна со сферической формой графита по сравнению с хлопьевидной. Повышенное содержание кремния в чугуне уменьшает твердость упрочненных зон, хром и марганец способствуют увеличению микротвердости зоны обработки, и уменьшают глубину упрочненной зоны.

В том случае, если перед лазерной обработкой на поверхность изделия нанести тонкий слой из легирующего материала, например, накаткой фольги, электролитическим или химическим осаждением, либо путем окраски тонким слоем порошкового материала, то при высокотемпературном лазерном нагреве, вызывающем оплавление, на поверхности развиваются микрометаллургические процессы взаимодействия нанесенного вещества с расплавом основы. В результате этих процессов получают легированный поверхностный слой, свойства которого принципиально отличаются от свойств основы.

Методы поверхностного легирования с лазерным нагревом не относятся напрямую к способам поверхностной закалки, однако, использование этих методов в технологии поверхностного упрочнения может создать условия для ее проведения в тех случаях, когда она была бы невозможна без поверхностного легирования.

Лазерное легирование позволяет улучшать физико-механические свойства сплавов и обеспечивать высокую твердость и износостойкость металлов, не имеющих полиморфных превращений. При специальных методах легирования можно получать мартенситные структуры в поверхностных слоях изделий из чистого железа, высокую износостойкость на алюминии, коррозионную стойкость и жаростойкость меди, создавать слои со специальными свойствами аморфизированного состояния на материалах, не способных достигать аморфного состояния в обычных условиях обработки и т.д.

Как уже было отмечено, аналогичные эффекты, в том числе методами поверхностной закалки и микрометаллургического поверхностного легирования, кроме лазерной обработки, можно получить при использовании и иных концентрированных носителей энергии: широкополосного светового луча, потоков электронов и плазменных источников.

Старение и отпуск. Понятия *старения* и *отпуска* во многом имеют единую природу процессов и основаны на явлениях распада пересыщенных твердых растворов, образовавшихся при предшествовавшей закалке. Обе эти операции, поэтому, проводятся после закалки, составляя с ней комплексную технологию упрочняющей термической обработки.

Отпуск. Отпуском называют такую термическую обработку, при которой сталь после закалки подвергают нагреву до температуры не превышающих точки на линии Ac_1 и последующему охлаждению до комнатной температуры. При этом в закаленной на мартенсит стали происходит переход структуры из метастабильного состояния в равновесное или близкое к нему. Конкретная температура отпуска определяется требованиями по твердости и механическим свойствам стали, предъявляемыми к изделию в соответствии с условиями его эксплуатации.

Отпуск часто является конечной операцией термической обработки. Поэтому его цель – получение определенных характеристик готовых деталей или полуфабрикатов. В зависимости от температуры нагрева различают следующие виды отпуска: низко-, средне- и высокотемпературный. Влияние температуры отпуска на твердость сталей представлена на рис. 1.28.

По температуре нагрева различают три вида отпуска: *низкий, средний и высокий*. Существует и четвертый вид отпуска, получивший свое название от наименования процессов, определяющих его содержание – *отпуск на дисперсионное твердение*.

Низкий отпуск проводится при температурах 120-250° С. Он применяется для деталей, от которых требуется максимально высокая твердость и износостойкость поверхности. В результате низкого отпуска достигается уменьшение уровня остаточных внутренних напряжений, возникших при закалке. Такой отпуск проводится для цементованных, нитроцементованных закаленных деталей и после закалки токами высокой частоты, а также для инструмента, который должен иметь высокую твердость, 60-63HRC.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Конечной структурой стали после низкотемпературного отпуска является *отпущенный мартенсит* и *остаточный аустенит*.

Средний отпуск (температура 300-500° С) применяется для изделий, которые должны обладать при эксплуатации высокими пределами упругости, прочности, выносливости при достаточно высокой вязкости. Средний отпуск обеспечивает в углеродистых и низколегированных сталях структуру троостита отпуска с твердостью 41-49 HRC и практически полное снятие остаточных напряжений. Детали с такой структурой имеют высокий предел упругости и усталости, поэтому такой отпуск применяет ля рессор и пружин.

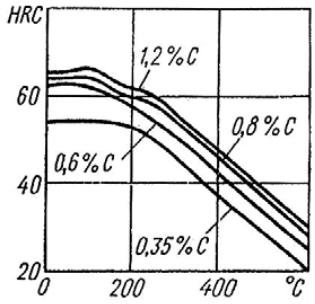


Рис. 1.28. Зависимость твердости углеродистых ста сталей от температуры отпуска

Высокий отпуск (температура для разных сталей от 450 до 690 °С) используется для изделий, испытывающих в процессе эксплуатации большие динамические нагрузки. Свойства стали после высокого отпуска характеризуются очень высокими значениями пластичности (относительного удлинения, сужения, ударной вязкости) при еще достаточно высоких значениях прочностных свойств.

Такой вид отпуска улучшает комплекс механических свойств, в связи с чем вид термической обработки, включающий закалку с высоким отпуском называют *улучшением*. Это связано с тем, что после такой обработки достигается сочетание высоких значений прочности, пластичности и вязкости сталей. Твердость находится в пределах 250-350 НВ, прочность по сравнению с закаленным состоянием повышается в 1,5-2,0 раза, а пластичность и вязкость в несколько раз. Структура стали, которая образуется после высокого отпуска – *сорбит отпуска*.

Если при отпуске применяются предельно высокие температуры отпуска (650-690° С), то в структуре может быть получен зернистый перлит, характеризующийся наиболее высокими значениями пластичности при минимальной прочности. Высокотемпературный отпуск применяется для широкого круга деталей, у которых необходимо иметь перечисленный комплекс свойств.

Отпуск на *дисперсионное твердение* может быть применен лишь к специальным легированным сталям, для которых развитие процессов распада, аналогичных наблюдаемым при старении, может приводить к упрочнению за счет выделения дисперсных когерентных карбидов легирующих элементов или интерметаллидов.

Температура разогрева стальной закаленной детали при отпуске определяется по изменению цвета оксидной пленки при разогреве детали, табл. 1.8. В табл. 1.9 приведены температуры отпуска при закалке некоторых инструментов.

Таблица 1.8 **Цвета побежалости и соответствующие температуры для стали**

Цвет побежалости		Температура, °С
	Светло-желтый	220
	Соломенно-желтый	240
	Коричнево-желтый	255
	Красно-коричневый	265
	Пурпурно-красный	275
	Фиолетовый	285
	Васильково-синий	295
	Светло синий	315
	Серый	330

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 1.9 **Рекомендуемая температура отпуска при закалке инструмента**

Наименование инструмента	Температура, °С
Резцы, сверла, метчики из углеродистых сталей	180-200
Молотки, штампы, метчики, плашки, малые сверла	200-225
Пробойники, чертилки, сверла для мягкой стали	225-250
Сверла и метчики для меди и алюминия, зубила для стали и чугуна	250-280
Инструмент для обработки древесины	280-300
Пружины	315-330

При выборе температуры отпуска нельзя забывать об отпускной хрупкости стали, которая приводит к значительному снижению ударной вязкости закаленных изделий.

Отпускная хрупкость – это явление характеризующееся понижением ударной вязкости, получаемой после отпуска стали в определенных температурных интервалах.

На кривой изменения ударной вязкости (рис. 1.29) проявляются два температурных интервала, соответствующих падению значений: 250-400 °С – интервал отпускной хрупкости первого рода (необратимая отпускная хрупкость); 450-650 °С – интервал отпускной хрупкости второго рода (обратимая отпускная хрупкость). Отпускная хрупкость *первого рода* характеризуется рядом особенностей. Ударная вязкость стали, отпущенной при температуре 250-400 °С, ниже значений, получаемых при температурах отпуска более низких.

Повторный нагрев исправленной стали до температурного интервала отпускной хрупкости первого рода уже не вызывает снижения ударной вязкости. Это свойство определяет второе название отпускной хрупкости первого рода, отражающее ее технологические особенности. Ее называют *необратимой отпускной хрупкостью*.

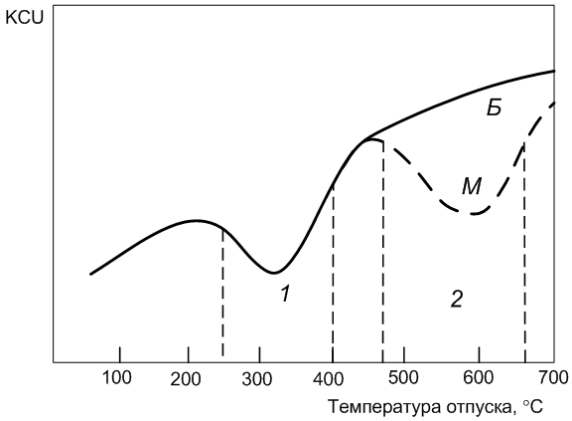


Рис. 1.29. Изменение ударной вязкости стали в зависимости от температуры отпуска, характеризующее явление отпускной хрупкости: *1* – интервал температур необратимой отпускной хрупкости (250-400° С); *2* – интервал температур обратимой отпускной хрупкости (450-650° С)

Скорость охлаждения с температуры отпуска 250-400 °С не влияет на ударную вязкость. Необратимая отпускная хрупкость свойственна всем сталям, включая углеродистые.

Поэтому, температуры отпуска, соответствующие минимуму ударной вязкости в связи с необратимой отпускной хрупкостью, являются «запрещенными» для применения в технологии термической обработки стали.

Отпускная хрупкость второго рода проявляется только для легированных сталей. Отпуск легированных сталей при температурах выше 450 °С с медленным охлаждением после отпуска приводит к понижению ударной вязкости стали, быстрое охлаждение после отпуска (в воде или масле) предотвращает снижение ударной вязкости. Особенностью высокотемпературной отпускной хрупкости является то, что она может быть исправлена повторным отпуском при тех же температурах, что и первоначальный отпуск, но с применением ускоренного охлаждения. При этом не ухудшаются другие механические свойства стали.

Однако исправленная сталь может вновь оказаться в состоянии отпускной хрупкости, если она будет нагрета до температур выше 450 °С и медленно охлаждена. Эта особенность отпускной хрупкости второго рода дала ей название *обратимой*.

Склонность к обратимой отпускной хрупкости в большой мере зависит от химического состава стали. Во-первых, углеродистые стали к обратимой отпускной хрупкости не склонны. Во-вторых, склонность легированных сталей к отпускной хрупкости второго рода сильно

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

увеличивается при загрязнении стали примесями, особенно фосфором, мышьяком и др. Склонность стали к обратимой отпускной хрупкости проявляется при ее легировании (в порядке убывания этого влияния): марганцем, кремнием, хромом, ванадием.

Никель, если он является единственным в стали легирующим элементом, не вызывает склонности к отпускной хрупкости, однако введенный вместе с хромом, марганцем, кремнием, сильно увеличивает склонность к отпускной хрупкости. Увеличивается склонность к отпускной хрупкости при комплексном легировании и другими элементами.

Склонность стали к отпускной хрупкости второго рода может быть уменьшена или устранена полностью при легировании стали десятыми долями процента молибдена или вольфрама. В меньшей степени склонность к отпускной хрупкости может снижать титан и ниобий.

Таким образом, на следующих примерах можно видеть, что сталь марки 40 не склонна к отпускной хрупкости второго рода; непрерывно растет склонность к отпускной хрупкости в ряду: 40Х, 55С2, 40Г2, 38ХС, 38ХГС, 40ХН.

Стали 40ХНМА, 40ХНВА не склонны к отпускной хрупкости, что связано как с легированием их молибденом или вольфрамом, так и с меньшим содержанием вредных примесей (особенно, фосфора). Последнее качество отражено в марке буквой А.

Обратимая отпускная хрупкость объясняется выделением охрупчивающих фаз по границам зерен и субзеренным границам в виде тончайших хрупких пленок. Такими фазами могут явиться фосфиды, нитриды легирующих элементов, растворимость которых в феррите увеличивается с ростом температуры до 600-700 °С. Будучи растворенными в твердом растворе при температурах отпуска, они могут выделиться на границах при медленном охлаждении с температуры отпуска, вызывая уменьшение ударной вязкости. Быстрое охлаждение после отпуска, предотвращая выделение указанных фаз, обеспечивает получение высоких значений ударной вязкости.

После проведения отпуска стали ее твердость становится более высокой, чем после закалки, что связано с появлением неотпущенного мартенсита и выделения карбидов. Такое явление называют вторичной твердостью или вторичной закалкой. Примером могут служить быстрорежущие стали.

Старение – это операция термической обработки, при которой в закаленном без полиморфного превращения сплаве происходит распад пересыщенного твердого раствора. Причиной старения стали является пересыщение феррита углеродом и азотом, а также примесными атомами, что характерно для низкоуглеродистых сталей (≤ 0,03% С). В результате старения происходит повышение твердости, прочности и снижение пластичности и вязкости стали, при этом их значение сохраняется с течением времени. В зависимости от температуры нагрева закаленного сплава старение может происходить при комнатной температуре (естественное старение) или повышенной (искусственное). Кроме того, различают еще два вида старения в зависимости от движущей силы распада: *термическое старение*, протекающее в закаленном сплаве и *деформационное*, происходящее в изделиях после пластической деформации при температуре ниже температуры рекристаллизации.

Термическое старение чаще всего наблюдается в низкоуглеродистых сталях при содержании 0,03-0,05% углерода. При закалке в таких материалах образуется пересыщенный α-твердый раствор, который при старении распадается с выделением избыточных фаз, что ведет к повышению твердости, прочности и снижению пластичности. Наибольший эффект изменения свойств наблюдается при естественном старении, но для этого требуется значительное время. При искусственном старении полученные характеристики прочности ниже, чем при естественном, но при этом время старения сокращается.

Холодная пластическая деформация приводит к значительному ускорению процессов распада α-твердого раствора при старении. Для тонких холоднокатаных листов из малоуглеродистой стали старение проводят после рекристаллизационного отжига. Выполнение старения можно провести по двум технологическим схемам. Первая – включает ускоренное охлаждение до 400 °С, изотермическую выдержку при этой температуре и регламентированное охлаждение со скоростью 3 °С/с. Вторая схема состоит из закалки с температуры рекристаллизационного отжига, затем термическое старение: нагрев до 400 °С с выдержкой 30 мин и медленное охлаждение.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В практике термической обработки кроме рассмотренных выше видов старения и отпуска применяются еще следующие: *отпуск под нагрузкой*, *отпуск после шлифования*, *стабилизационное старение*.

Отпуск под нагрузкой используется для деталей малой и весьма малой жесткости, которые практически всегда при закалке получают коробление и деформацию. Наиболее часто такой отпуск применяется для цилиндрических пружин, когда их отпускают с применением оправок. Закаленные без оправки пружины, (при этом обеспечивается их сквозная прокаливаемость), одевают на трубчатую оправку, длина которой равна свободной высоте пружины. С учетом допуска на усадку пружины после обжатия на оправке зажимают клином и в таком состоянии проводят отпуск. После отпуска пружины приобретают требуемую геометрическую форму, выход годных изделий составляет 100%.

Аналогично устраняют *коробление* пластинчатых круглых *дисков* посевных и почвообрабатывающих машин, *дисков сцепления* и др. деталей. В этом случае правку совмещают с отпуском, который выполняют на электрических прессах. Детали после закалки помещают между обогреваемыми плитами пресса и проводят отпуск под нагрузкой при заданной температуре. Такой процесс, совмещающий отпуск и правку, называют *терморихтовкой*.

Термическая обработка пружин, приготовленных из сталей общего назначения. Основное преимущество таких пружин – простота и экономичность технологического процесса их изготовления. При этом обеспечивается длительная и надежная их эксплуатационная стойкость. Отсутствие закалки позволяет получить высокую точность конфигурации и размеров пружин при практически полном отсутствии обезуглероживания и окисления поверхности при термической обработке.

Для изготовления мелких и средних витых пружин широко применяют патентированную проволоку или ленту (диаметр (толщина) до 8 мм) из среднеуглеродистых сталей с содержанием марганца 0,3-0,5% и сталей 65Г и 70Г с содержанием марганца 0,7-1,0%, а также углеродистых инструментальных сталей. Проволока или лента поставляется по трем группам прочности: 1П, 2П, 3П, с ростом номера группы уровень прочности повышается. Заготовки под пружины в патентированном состоянии имеют структуру тонкопластинчатого перлита, что позволяет проводить навивку в холодном состоянии без расслоения и растрескивания.

После навивки в холодном состоянии пружины проходят низкий отпуск при температуре 175-250 °С с выдержкой от 20 мин до 1 ч для снятия напряжений, повышения предела упругости и выносливости, релаксационной стойкости и обеспечения стабильности размеров пружин. Конкретное время выдержки зависит от диаметра (толщины) проволоки или ленты. Для отпуска используют печи ванны с горячим маслом или расплавом солей. Для снижения коробления плоских пружин при отпуске необходимо применение специальных штампов.

Пружины большого диаметра изготавливают из горячекатаных прутков. Их закаливают в масле после навивки с температуры 840-860 °С и подвергают среднетемпературному отпуску 300-470 °С с выдержкой 0,3-1,5 ч. Режимы отпуска определяются диаметром (толщиной) заготовки и требуемыми свойства изделий. При указанных температурах отпуска получается наиболее высокий предел упругости сталей. Во избежание поводки и изменения размера витков ответственные пружины охлаждают при закалке на оправках, рис. 1.30, *а*. Коробление пружины можно устранить при отпуске. Для этого закаленную пружину надевают на оправку и зажимают клином, рис. 1.30, *в*. В таком состоянии проводят отпуск, при отпуске в зажатом состоянии коробление пружин устраняется.

Структурные напряжения и деформация. Причиной термических и структурных напряжений, деформации и коробления изделий при термической обработке являются внутренние напряжения, которые в зависимости от происхождения делятся на: *усадочные* (литейные) образуются в основном в отливках; *тепловые* (термические); *структурные* и *фазовые*; *деформационные*, возникающие в результате наклепа при обработке деталей резанием давлением, шлифованием. По объему, в котором напряжения уравновешиваются, они подразделяются на *макро-* и *микронапряжения*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

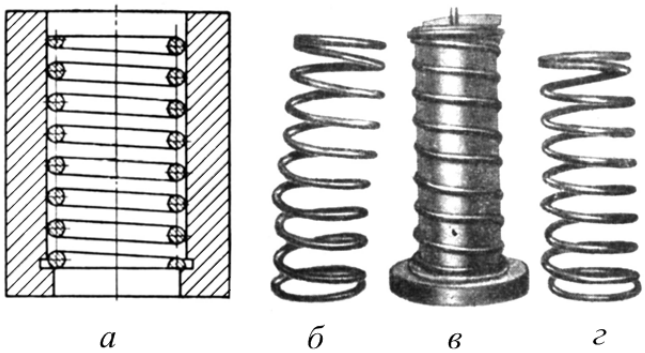


Рис. 1.30. Приспособление для закалки на оправке пружин сжатия (*а*); вид пружины после закалки (*б*); вид пружины на оправке перед отпуском (*в*) и после отпуска (*г*)

Усадочные напряжения возникают в отливках при затвердевании материала в результате уменьшения объема при переходе жидкого расплава в твердое состояние. *Термические* – при нагреве или охлаждении в связи с неодновременным изменением температуры по сечению, рис. 1.31, *а*. *Структурные* – также при нагреве и охлаждении вследствие неодинакового протекания фазовых превращений по объему деталей с изменением удельного объема, рис. 1.31, *б*. Величина *деформационных* напряжений, их распределение в изделиях определяются степенью деформации, технологической жесткостью изделий, неоднородностью макро- и микроструктуры. Необходимо учитывать, что напряжения, и особенно напряжения сжатия на поверхности, могут быть и полезными. Например, наклеп дробью поверхности зуба шестерни, пружины, рессоры повышает усталостную прочность в 1,5-2,0 раза.

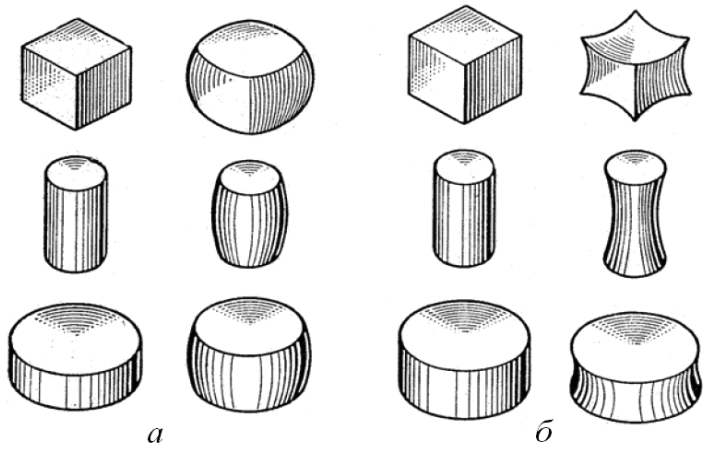


Рис. 1.31. Деформация тел простой формы при нагреве и охлаждении под воздействием напряжений: *а* – термических; *б* – структурных

При деформации за счет напряжений возможно образование следующих дефектов: увеличение или уменьшение объема изделий, выводящие их за пределы допуска; кривизна, волнистость, винтообразность, пропеллерность, овальность отверстий, изменение шага резьбы, вспучивание плоских стенок, диафрагм; макро- и микротрещины и др. Возможна неоднородная деформация (анизотропия) вызванная строчечным расположением фаз или волокнистостью структуры, а также разнозернистостью материала.

На деформацию и коробление в первую очередь оказывает влияние форма и размеры изделий.

Для предупреждения коробления и деформации при термической обработке используется ступенчатый нагрев, ограничение скорости нагрева, получение однородной структуры, охлаждение с оптимальной температуры закалки (желательно более низкой), применение подстуживания, изотермической или ступенчатой закалки, отжига для снятия напряжений. При термической обработке механически обработанных деталей уменьшить деформацию можно за счет значительных припусков. Для деталей малой жесткости рекомендуется выполнять термическую обработку в вертикальном (подвешивание) положении.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Применение максимально медленного нагрева способствует значительному понижению степени деформации. При охлаждении применять принудительное фиксирование формы закаливаемых изделий в штампах, приспособлениях (плоские, кольцевые детали), используя эффект кинетической пластичности.

Химико-термическая обработка стали. Химико-термической обработкой называют технологические процессы, приводящие к диффузионному насыщению поверхностного слоя деталей различными элементами.

Методы химико-термической обработки включают две крупные группы диффузионных покрытий. Первая группа включает *насыщение* поверхности металлических изделий *неметаллами*, а также *удаление неметаллов* из поверхности. Такими неметаллами являются: углерод, азот, бор, водород, сера. В этой связи способы химико-термической обработки металлов и сплавов получили названия: науглероживание (цементация), азотирование, борирование, сульфидирование. Удаление неметаллов происходит при обезуглероживании, обезводороживании, деазотировании.

Насыщение может проводиться одним неметаллом или комплексно двумя или тремя неметаллами. Такими процессами являются: углеродоазотирование (низкотемпературное цианирование, низкотемпературная нитроцементация); азотонауглероживание (цианирование, нитроцементация); сульфоцианирование. Как видно из названий процессов, насыщение в этих случаях ведется азотом и углеродом, а в последнем случае – одновременно азотом, углеродом и серой.

Основной целью насыщения поверхности сталей и сплавов неметаллами является повышение поверхностной прочности изделий при сохранении вязкой сердцевины. Это, как правило, связано с необходимостью увеличения износостойкости поверхности, ее контактной прочности, обеспечения устойчивости против задиров в условиях сухого трения, повышения усталостной прочности деталей машин. В ряде случаев, например, путем азотирования, обеспечивается, кроме того, и увеличение коррозионной стойкости материала изделия.

Вторая группа процессов включает *насыщение металлами и удаление металлов* из поверхности. Такими процессами являются: алитирование (насыщение алюминием), хромирование (диффузионное насыщение хромом), силицирование (насыщение поверхности металлов и сплавов кремнием, проявляющего в диффузионных процессах свойства металлического вещества). Принципиально, насыщение возможно любых металлических материалов любыми другими металлическими веществами, в том числе, например, насыщение можно проводить титаном, ванадием, цинком, молибденом и другими элементами.

Применяют и комплексные виды покрытий как двумя или тремя металлами, так и комплексные покрытия металлами и неметаллами одновременно или последовательно. В качестве примеров можно привести хромосилицирование, хромованадирование, карбохромирование и т.д. В качестве примера удаления металлов можно назвать обесцинкование.

Химико-термическая обработка основана на диффузии атомов различных химических элементов в кристаллическую решетку железа при нагреве в среде, содержащей эти элементы.

В общем виде методы диффузионного получения покрытий при химико-термической обработке металлов и сплавов включают три группы процессов, протекающих последовательно и одновременно при формировании диффузионного слоя при температурах насыщения.

Первая группа процессов включает явления, протекающие во внешней химически активной среде. К ней относятся:

- образование во внешней среде легкоразлагающегося вещества, содержащего наносимый материал, либо его атомарную форму;
- диффузия веществ во внешней (газообразной, жидкой) среде, посредством которой осуществляется доставка наносимого вещества от внешней среды к покрываемой поверхности.

Вторая группа относится к процессам на поверхности обрабатываемого изделия. Она включает:

- разложение на поверхности изделия, как на катализаторе, легко разлагающегося вещества с образованием атомарной формы наносимого материала и его физическая адсорбция поверхностью, либо прямая физическая адсорбция наносимого материала, если атомарная его форма была образована непосредственно во внешней среде;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- химическая адсорбция атомов, т.е. установление химических связей их с основой.

Третья группа состоит из процессов, развивающихся в твердом насыщаемом материале, за счет которых происходит непосредственное формирование требуемых диффузионных поверхностных слоев на изделии:

- вхождение в кристаллическую решетку поверхностных атомных слоев основы адсорбированных атомов по принципу замещения либо внедрения, т.е. образование в этих слоях твердых растворов;
- твердорастворная диффузия атомов наносимого вещества вглубь насыщаемого изделия под действием градиента концентрации, вызванного появлением в приповерхностных атомных слоях концентрации более высокой, чем в основе сплава;
- фазовое превращение в слое, приводящее к образованию зон слоя, отличающихся от основы сплава новой кристаллической решеткой и принципиальным (скачкообразным) отличием по химическому составу их от основы.

Цементация – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя стали углеродом. Целью цементации является получение твердой и износостойкой поверхности в сочетании с вязкой сердцевиной. Для этого поверхностный слой обогащают углеродом до концентрации 0,8-1,0% и проводят закалку с низким отпуском. Поверхности, не подлежащие цементации, защищаются гальваническим омеднением. Толщина медного слоя составляет 0,02-0,05 мм.

Цементации обычно подвергают такие детали машин, которые должны иметь износостойкую рабочую поверхность и вязкую сердцевину: *зубчатые колеса, валы и пальцы, распределительные валики, кулачки, червяки* и т.д.

Цементации обычно подвергают углеродистые и легированные стали с малым содержанием углерода (как правило, не более 0,20-0,25%). Примерами цементуемых сталей являются: 10, 15, 20, Ст.3, 20Х, 20ХН, 12ХН3А, 20Х2Н4А и др. Отдельную группу мелкозернистых легированных сталей для цементации составляют стали типа 18ХГТ, 25ХНТЦ и др. После цементации и окончательной термической обработки, заключающейся в закалке и низком отпуске, обеспечивается получение поверхностной твердости 56-64 HRC при сохранении вязкой сердцевины, что определяет высокую конструктивную прочность изделий, благоприятное сочетание износостойкости поверхности с высокой сопротивляемостью динамическим разрушениям.

Теоретически цементация оказывается возможной в связи с не насыщенностью железа или твердых растворов низкоуглеродистых сталей при высокой температуре нагрева. Наиболее интенсивно цементация может идти тогда, когда сталь нагрета до аустенитного состояния, поскольку растворимость углерода в аустените в десятки раз превышает растворимость его в феррите. При этом растворимость растет с увеличением температуры нагрева.

Наиболее широко используемой температурой цементации является 900-950 °С, хотя интенсивность насыщения будет непрерывно расти и при более высоких температурах вплоть до 1147 °С. Однако такие температуры не применяются в связи с опасностью сильного роста зерна стали и не технологичностью процесса по целому ряду нежелательных последствий, из которых следует выделить низкую стойкость печного оборудования, нагревателей и технологической оснастки.

Цементация осуществляется путем нагрева изделий в химически активной углеродсодержащей среде, обеспечивающей образование атомарного углерода при температуре процесса, поглощение его поверхностью с образованием высокоуглеродистого твердого раствора (аустенита), который при последующем охлаждении претерпевает структурные превращения, соответствующие условиям охлаждения. После медленного охлаждения, как правило, образуются относительно равновесные структуры, отвечающие равновесной диаграмме железо-углерод. При быстром (закалочном) охлаждении формируются метастабильные мартенситные структуры, обеспечивающие высокую твердость и износостойкость поверхности.

Как уже указывалось, обычной температурой цементации является 900-920 °С, длительность выдержки определяют из расчета 0,1-0,15 мм за 1 ч выдержки. Однако прирост глубины слоя не является линейным во всем интервале выдержек. В первый час глубина слоя

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

может оказаться равной 0,35-0,40 мм, во вторые 2 часа по 0,15 мм/ч, а в период от 8 до 15 ч прирост составляет лишь по 0,04 мм/ч. Поэтому длительность выдержки при цементации должна отрабатываться для каждого технологического процесса отдельно.

Эффективная толщина цементованного слоя обычно составляет 0,5-1,8 мм и в исключительных случаях достигает 6 мм (при больших контактных нагрузках на цементованную поверхность).

Структура слоя после цементации обычно получается крупнозернистой, так как выдержку проводят при высокой температуре. Для исправления структуры, измельчения зерна и повышения комплекса механических свойств поверхностного слоя проводят термообработку: закалку (820-850 °С) и низкий отпуск (150-170 °С).

После термической обработки структура поверхностного слоя представляет собой мартенсит или мартенсит с небольшим количеством карбидов (твердость HRC 60-64). Структура сердцевины деталей из углеродистых сталей – феррит и перлит; из легированных сталей – низкоуглеродистый мартенсит, троостит или сорбит (твердость HRC 20-40) в зависимости от марки стали и размеров изделия.

Науглероживающей средой при цементации служат:

- твердые карбюризаторы (науглероживающие вещества), в качестве которых применяют смесь древесного угля с углекислым барием, кальцием и натрием;
- жидкие соляные ванны, в состав которых входят поваренная соль, углекислый натрий, цианистый натрий и хлористый барий;
- газы, содержащие углерод (природный, светильный и др.). Газовая цементация является основным процессом для массового производства.

Азотирование – поверхностное насыщение стали азотом, применяется, как и цементация, преимущественно для повышения поверхностной твердости, износостойкости деталей машин и механизмов.

Кроме того, азотирование обеспечивает повышение коррозионной стойкости материала, а также обеспечивает теплостойкость упрочненного поверхностного слоя, не разупрочняющегося при нагревах до температур 500-600 °С. Характер упрочнения в результате азотирования принципиально иной по сравнению с цементацией. Высокая твердость и износостойкость слоя достигается в результате образования сплошной нитридной зоны слоя на внешней поверхности изделия, а частичное упрочнение в переходной зоне за счет образования большого количества высокодисперсных очень твердых нитридов легирующих элементов, содержащихся в составе стали.

Азотированию подвергают подвергают готовые изделия, уже прошедшие механическую и окончательную термическую обработку (закалку с высоким отпуском) из углеродистых сталей лишь для повышения коррозионной стойкости, поскольку эффект упрочнения таких сталей невелик, а затраты значительно выше, чем при цементации. Основными азотируемыми сталями для повышения поверхностной твердости и износостойкости являются комплексно легированные стали, содержащие хром, молибден, алюминий и другие компоненты. Примерами таких сталей являются: 38ХМЮА, 38ХЮА, 34ХН1М и др. В ряде случаев азотированию подвергают нержавеющие стали ферритного или аустенитного класса, такие как: 30Х13, 40Х13, 40Х14Н14В2М и др.

В связи с разницей в механизмах упрочнения поверхностного слоя, по сравнению с цементацией, после азотирования не требуется проведения какой-либо другой термической обработки, а также и механической обработки. Изделия после азотирования сразу подаются на сборку. Размеры изделий при азотировании практически не изменяются, поэтому азотированию подвергаются детали полностью изготовленные по чертежам в чистовые размеры без припусков на окончательную механическую обработку. В этой же связи, свойства, которыми должна обладать сердцевина изделия, должны быть сформированы до азотирования. Поэтому заготовки для изготовления азотируемых деталей подвергают предварительной термической обработке (улучшению), включающей закалку и высокотемпературный отпуск.

Цианирование (нитроцементация) – это процесс совместного насыщения поверхности стальных изделий азотом и углеродом. *Высокотемпературные процессы* совместного

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

насыщения напоминают по развивающимся процессам цементацию. В них насыщение идет преимущественно углеродом и в меньшей степени – азотом. Такие процессы называют *цианированием* (если процесс ведется в расплавах солей, содержащих до 20-25% цианистого натрия), или *нитроцементацией* (если проводится насыщение в газовых средах аналогично газовой цементации с дополнительной подачей в печь некоторого количества аммиака).

Цианирование и нитроцементация обеспечивают получение слоя, аналогичного получаемому при цементации. Азот, диффундирующий в сталь вместе с углеродом, растворяется в твердом растворе (аустените), входя затем в продукты его распада, а также частично растворяясь в формирующихся непосредственно при насыщении карбидах легирующих элементов, переводя их в ранг легированных по азоту карбидов или в карбонитриды. Такое влияние азота увеличивает прочностные свойства слоя, его износостойкость. Однако образование такого слоя при нитроцементации или цианировании не исключает необходимости упрочняющей окончательной термической обработки, заключающейся в закалке с последующим низким отпуском. Режимы обработки практически совпадают с аналогичными режимами обработки после цементации.

Наряду с этим режим самого насыщения может несколько изменяться по сравнению с цементацией. Поскольку легирование азотом снижает положение критических точек стали, насыщение может проводиться при несколько пониженных температурах по сравнению с цементацией. Чаще всего температура нитроцементации или цианирования составляет 870-900 °С, т.е. на 30 °С ниже, чем цементации. Совместное насыщение углеродом и азотом происходит несколько быстрее, чем только углеродом, в связи с чем, длительность нитроцементации оказывается меньше, чем газовой цементации. Скорость роста слоя в этом случае составляет 0,20-0,25 мм/ч. С учетом более высокой износостойкости нитроцементованного слоя, по сравнению с цементованным, глубина нитроцементованного слоя может задаваться несколько меньшей, чем цементованного. Это еще один резерв сокращения длительности насыщения.

Низкотемпературные процессы совместного насыщения азотом и углеродом имеют механизм, соответствующий насыщению азотом. При этом углерод имеет вспомогательное значение. Технологические особенности такого *углеродоазотирования* (*низкотемпературного цианирования*) в основном совпадают с процессами азотирования. В этом случае и природа формирующегося слоя также аналогична азотированному слою, однако дополнительная диффузия углерода в слой приводит к образованию карбонитридов вместо нитридов, что преимущественно повышает прочность слоя и несколько уменьшает его хрупкость.

Основное применение низкотемпературного цианирования – дополнительное упрочнение режущего и штампового инструмента, изготовленного из быстрорежущих и других теплостойких сталей. В этом случае инструменты после окончательной термической обработки на максимальную твердость и после шлифовки и заточки насыщают при температуре 540-560 °С в течение 2-4 ч. При этом формируется тонкий (0,04-0,09 мм) карбонитридный слой высокой твердости и износостойкости, увеличивающий режущую стойкость инструмента в 1,5-2,0 раза. Термообработки после насыщения, как и после азотирования, не требуется.

Комплексное насыщение тремя неметаллическими элементами одновременно: азотом, углеродом и серой получило название *сульфоцианирование.*

Этот процесс используется для обеспечения особого комплекса свойств поверхностей, работающих в условиях сухого трения (без смазки) при высоких удельных давлениях. В этих условиях кроме высокой износостойкости, что может быть обеспечено, например, азотированием или цианированием, поверхности должны обладать хорошей прирабатываемостью друг к другу при трении, не свариваться при высоких удельных давлениях и не образовывать «*задиры*» на поверхности. Примерами деталей, подлежащих сульфоцианированию, являются диски тормозов, тяжело нагруженные подшипники скольжения и др.

Такие качества поверхностей обеспечиваются *сульфоцианированием*, при котором одновременное насыщение азотом и углеродом формирует карбонитридный слой с высокой износостойкостью, а дополнительное насыщение серой создает хрупкий легко прирабатывающийся и разделительный слой, препятствующий «схватыванию» поверхностей и образованию «задиров».

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Процесс ведется в жидких (солевых) или твердых средах (карбюризаторах), в которые, кроме углеродсодержащих, азотсодержащих веществ вводят сульфид железа или небольшие добавки элементарной серы. Температура процесса от 500 до 680 °С, время выдержки 5-6 ч. Формируется слой, аналогичный нитроцементованному, общей глубиной 0,05-0,07 мм. Внешняя зона – сульфидная, хрупкая, глубиной 0,01-0,02 мм с содержанием серы до 2%.

Диффузионная металлизация – это процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стали различными металлами (алюминием, хромом, кремнием, бором). После диффузионной металлизации детали приобретают ряд ценных свойств, например, жаростойкость, окалиностойкость и др.

Наибольшее распространение получили методы насыщения поверхностных слоев металлами в порошковых твердых смесях. Для их проведения насыщаемые изделия упаковывают в порошковые смеси в герметичных стальных ящиках таким образом, чтобы детали не касались стенок ящика и друг друга с разделением слоев деталей порошковой засыпкой достаточной толщины. Сверху ящик закрывается плотной крышкой и при необходимости обмазывается огнеупорной глиной для предотвращения подсоса воздуха в ящик и выхода из него активной атмосферы, обеспечивающей насыщение. В состав порошковых смесей должны входить три составные части:

- активное металлическое вещество покрытия в виде чистого порошкового металла или сплава с металлом основы насыщаемого вещества, например, при хромировании стали может использоваться порошок металлического хрома или феррохром;
- нейтральный порошок, предотвращающий спекание смеси и обеспечивающий возможность относительно свободного диффузионного перемещения в ящике активной газовой фазы; в качестве такого порошка чаще всего используют обожженную глину (окись алюминия);
- галогенид аммония (чаще всего хлористый аммоний), обеспечивающий постоянное разрыхление порошковой смеси в ящике за счет разложения его при температуре насыщения с выделением большого количества образующихся при этом газов, в том числе газообразного хлора, взаимодействующего с насыщающим порошковым металлом, образуя химически активное легко разлагающееся вещество.

Образующиеся таким образом хлориды насыщающего металла переносятся в газовой среде к поверхности насыщаемых изделий, где они разлагаются как на катализаторе, в результате чего высвобождающийся атом металла адсорбируется поверхностью детали, а оставшийся хлор продолжает двигаться в газообразной среде ящика, участвуя в новых актах взаимодействия с новыми атомами насыщающего металла порошковой среды.

Алитирование – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя алюминием. Алитирование применяется с целью повышения стойкости к атмосферной коррозии, особенно при повышенных температурах, и, следовательно, для повышения жаростойкости и окалиностойкости стали, меди и медных сплавов.

Для алитирования стали используют порошкообразный ферроалюминий – 49%, окись алюминия – 49% и хлористый аммоний – 2%. Процесс ведут при температуре 900-1000 °С в течение 4-16 ч с медленным охлаждением (с печью).

Образующийся слой глубиной от 0,15 до 0,50 мм представляет собой твердый раствор алюминия в железе, содержание которого может достигать 50%, что создает повышенную хрупкость слоя. Для уменьшения хрупкости после алитирования рекомендуется провести отжиг при температурах 900-1050 °С с выдержкой от 4 до 6 ч. Концентрация алюминия в слое при этом уменьшается за счет перераспределения части алюминия в глубь изделия, что увеличивает глубину слоя на 20-40%. Отработанная смесь для алитирования может быть использована повторно с добавлением в нее 20% свежей.

Силицирование – процесс насыщения поверхности стали кремнием. Хотя известно, что кремний в свободном состоянии не может быть отнесен к металлам, но в диффузионных системах с железом он ведет себя, как металлическое вещество, поэтому процесс силицирования относится к рассматриваемой группе процессов. Силицирование применяется с целью

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

повышения кислотостойкости поверхности, например, стальных емкостей для перевозки концентрированных кислот, за исключением плавиковой. В состав порошковой твердой среды вводят 60% ферросилиция, 39% глинозема (окиси алюминия) и 1% хлористого аммония.

Процесс ведут при температуре 950-1000 °С с выдержкой от 2 до 10 ч. Глубина формирующегося слоя составляет от 0,3 до 1 мм. Слой представляет собой не травящийся кремниевый феррит (твердый раствор кремния в железе с содержанием кремния до 14%). В таком состоянии силицированный слой очень хрупкий, хотя и обладает высокой устойчивостью к коррозии в морской воде, а также стоек в азотной, серной и соляной кислотах. При невысокой твердости, этот слой неплохо сопротивляется истиранию, особенно после проварки деталей в масле при температуре 170-200 °С.

Хромирование – это процесс диффузионного насыщения поверхности хромом. *Диффузионное хромирование* ведут для повышения поверхностной твердости, износостойкости деталей из стали и чугуна при одновременном увеличении коррозионной стойкости и кислотостойкости поверхности. Для хромирования используют металлический порошок хрома или феррохрома в количестве 50% от состава смеси, 47% окиси алюминия и 3% хлористого аммония. Процесс ведут при 1050-1150 °С в течение 12-15 ч. Образующийся слой глубиной от 0,02 до 0,12 мм представляет собой сложные карбиды хрома, на образование которых расходуется углерод, входящий в состав насыщаемой стали или чугуна.

Насыщение хромом чистого железа не привело бы к формированию карбидов, поскольку железо с хромом образует непрерывный ряд твердых растворов. В этом случае фазовый состав слоя представлял бы собой высокохромистый феррит, обладающий очень высокой коррозионной стойкостью. Это свойство слоя проявляется и в случае хромирования стали и чугуна, поскольку высокая коррозионная стойкость сплавов, содержащих повышенное содержание хрома, обеспечивается преимущественно за счет возникновения в поверхностных атомных слоях пленки окиси хрома, предотвращающей дальнейшее взаимодействие кислорода с материалом основы сплава. Твердость карбидного слоя выше 13000 МПа, что обеспечивает высокую износостойкость поверхности детали.

Насыщение поверхности стальных деталей хромом можно сочетать с насыщением углеродом и азотом, для чего в состав смесей для хромирования вводят углерод и азотсодержащие вещества. Это обеспечивает образование карбонитридов хрома в слое, в результате чего его твердость может достигать значений 15000-17000 МПа.

Борирование – это процесс диффузионного насыщения поверхности бором. Толщина борированного слоя достигает 0,4 мм. В промышленности наиболее широкое применение получил способ борирования сталей в расплавах буры с добавками восстановителей – карбидов бора и кремния (70% $Na_2B_4O_7$ + 30% B_4C или 70% $Na_2B_4O_7$ + 30% SiC). Насыщение бором проводят при температуре 850-1050° С в течение 2-3 ч.

Боридные покрытия обладают высокой износостойкостью. Износостойкость борированной стали 45 в условиях трения скольжения выше в 4-6 раз износостойкости цементованных и в 1,5-3 раза нитроцементованных сталей.

Борированные стали хорошо сопротивляются действию 10%-ной серной и 30%-ной соляной кислот, а также обладают высокой коррозионной стойкостью в 40%-ной фосфорной кислоте.

1.3.5 Порошковые металлические материалы

Порошковыми металлическими материалами называют спеченные материалы, изготовленные методом приготовления порошковой шихты, формования и спекания.

Порошковые металлические материалы объединяют в себя твердые сплавы, порошковые стали, дисперсноупрочненные композиты, анти- и фрикционные материалы, спеченные цветные металлы, пористые металлические материалы.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Твердые сплавы и минералокерамические материалы. Применяют в инструменте, оснащенном твердым сплавом для скоростного резания металлов.

Твердыми называются сплавы, в состав которых входят такие тугоплавкие элементы, как вольфрам, молибден, титан, хром и др. Эти элементы образуют с входящим в сплав углеродом исключительно твердые соединения – карбиды. Связкой в твердых сплавах служат кобальт, никель, железо и другие металлы.

По способу производства твердые сплавы делят на *литые* и *металлокерамические*.

Из литых твердых сплавов наиболее распространен сормайт. Он содержит в своем составе железо, углерод, никель, хром, кремний, марганец, фосфор и серу. Сормайт применяют для наплавки на рабочую поверхность новых или изношенных деталей и инструментов: штампов, ножей для резания металла, центров токарных станков, режущей части почвообрабатывающих машин и др. Наплавка осуществляется при помощи ацетилено-кислородного пламени или электрической дуги.

Металлокерамические твердые сплавы получают путем прессования в формах и спекания порошков карбидов тугоплавких металлов – вольфрама, кобальта, титана и тантала в водороде до получения компактного изделия. В качестве связующего материала обычно служит кобальт. Введение титана и других элементов обусловлено стремлением сократить дефицит вольфрама. Введение металла связки – кобальта в ТС повышает сопротивление изгибу, но снижает твердость.

Твердость карбида титана TiC достигает 92 HRA. Структура TiC представляет собой два сложно переплетенных каркаса из карбида вольфрама и кобальта, с растворенным в нем карбидом вольфрама. Этой особенностью структуры объясняется уникальное сочетание высокой твердости и упругости TiC.

Металлокерамическими эти твердые сплавы называются потому, что их получение сходно с технологией производства керамики. Большинство изделий из металлокерамических твердых сплавов выпускается в виде пластинок для оснащения рабочей части металлорежущего инструмента (резцов, сверл, фрез, разверток и др.) путем напайки или механического крепления к державкам.

Отечественная промышленность выпускает металлокерамические сплавы трех групп: однокарбидные – вольфрамовые (ВК), двухкарбидные – титановольфрамовые (ТК) и трехкарбидные – титанотанталовольфрамовые (ТТК).

Сплавы первой группы (например, ВК3, ВК8) применяются при обработке хрупких материалов: чугуна, бронзы и др.

Сплавы второй группы (Т5К10, Т5К6 и др.) предназначены для обработки более вязких материалов: стали, латуни и т.д.

Сплавы третьей группы (например, ТТ7К12) используют для грубой черновой обработки стальных поковок. Эти сплавы имеют более высокую прочность, чем сплавы ТК.

Кроме металлокерамических твердых сплавов, в машиностроении применяют другой твердый и прочный инструментальный материал – минералокерамические сплавы. В отличие от металлокерамических они дешевы, так как не содержат дорогостоящих элементов: вольфрама, титана, кобальта и др. Изготовляются минералокерамические сплавы на основе окиси алюминия (Al_2O_3) – корунда путем тонкого размола, прессования и спекания. Применяют эти сплавы для оснащения рабочих частей режущего инструмента.

Некоторые, наиболее распространенные, марки твердо-спеченных сплавов маркируют, нанося цветные точки или линии, табл. 1.9.

Порошковые стали. Спеченные детали изготавливаются из смесей порошков железа с легирующими порошками и порошков углеродистых и легированных сталей. Стали порошковые и изделия из них получают холодным прессованием и спеканием, двойным прессованием и спеканием, горячим прессованием, горячей штамповкой. Термическая обработка проводится только в защитных средах. Охлаждение производят в масле или воде для исключения окисления. Для повышения коррозионной стойкости поверхности проводят операции воронения и фосфотации, парогазооксидирования. Углеродистая порошковая сталь общемашиностроительного применения после закалки и низкого отпуска служит замените-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

лем сталей марок 40, 50, 55 пп и т.п. для деталей станков и машин работающих при умеренном нагружении без нагрузок смятия.

Таблица 1.9 **Цветная маркировка твердо-спеченных сплавов**

Марка сплава	Цветная маркировка	
ВК2	Черный с белой полосой	
ВК3-М	Черный с оранжевой полосой	
ВК4	Оранжевый	
ВК6	Синий	
ВК6-М	Синий с белой полосой	
ВК6-В	Фиолетовый	
ВК8	Красный	
ВК8-В	Красный с синей полосой	
ВК10	Красный с белой полосой	
ВК15	Белый	
Т15К6	Зеленый	
Т30К4	Голубой	

Углеродистая порошковая легированная медью сталь общемашиностроительного применения используется как заменитель сталей марок 40, 50, 55 пп, 65, 65Г, 15Х, 40Г2, 30Г2 в состоянии поставки и после нормализации и сталей обыкновенного качества для экономии металла переводимого в стружку.

Углеродистая порошковая легированная хромом и молибденом сталь используется как заменитель сталей марок 40, 50, 55 пп, 65, 65Г, 15Х, 40Г2, 30Г2, 20Х, 20ХНР, 20Н2М. В порошковой стали с хромом, Cr и молибденом, Mo снижается порог хладноломкости и увеличивается прокаливаемость, коррозионная стойкость. Легированные хромом и молибденом стали мало чувствительны к перегреву. В порошковой стали с никелем до 3% снижается порог хладноломкости и увеличивается прокаливаемость, пластичность и коррозионная стойкость. Система железо-никель характеризуется неограниченной растворимостью. Например, марка СПН3-4 применяется после закалки и низкого отпуска, как заменитель сталей марок 40, 50, 55 пп, 40Г2, 15Х и т.п. для деталей станков и машин работающих при среднем нагружении без нагрузок смятия.

В основном спеченные материалы применимы, как детали небольших сечений с линейной осью симметрии: втулки, шестерни, кольца, сухари. Для валов и осей их не применяют. В случае пропитки пор маслом могут быть использованы в узлах труднодоступной смазки.

Наибольшие габариты формуемых деталей массового производства – не более 120 мм. Коэффициент использования металла при применении технологии порошковой металлургии – не менее 95%. Порошковые стали также бывают мартенситостареющие, коррозионностойкие и магнитные.

Характерным структурным элементом порошковых сталей (материалов) является пористость. Увеличение пористости приводит к снижения плотности, прочности, отчасти снижается ударная вязкость.

Антифрикционные материалы. Антифрикционные спеченные материалы используются для изготовления деталей узлов трения (подшипников скольжения, распорных втулок, колец, торцевых уплотнений, шайб, подпятников, поршневых колец и др.). Введение в состав спеченных антифрикционных материалов веществ, играющих роль твердой смазки, присадок, повышающих прочностные свойства материала, а также наличие пор, которые после операции спекания пропитываются смазочными жидкостями, увеличивает срок служ-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

бы деталей в 2-10 раз. В качестве присадок применяют графит, сульфиды, фториды, фторопласты, иногда оксиды.

Универсальность метода порошковой металлургии позволяет создавать композиционный материал со строго заданными свойствами для конкретных условий работы. Антифрикционные материалы промышленность изготавливает на основе меди, железа и их сплавов.

Кроме материалов на основе меди и железа для авиации и кораблестроения применяют спеченные материалы на основе алюминия и никеля.

Полуфабрикаты из антифрикционных материалов выпускаются в виде готовых изделий, а также для экономии цветных металлов (меди и олова) на стальных компактных подложках – биметаллические полуфабрикаты.

Фрикционные материалы. Фрикционные узлы принадлежат к наиболее важным узлам в машинах, так как они в первую очередь определяют их надежность, долговечность и безопасность.

Спеченные фрикционные материалы предназначены для работы в различных передаточных узлах – тормозах и сцеплениях. Кроме того, фрикционные материалы могут работать в разных условиях нагружения и разных условиях смазки – в сухую и специальных маслах.

Спеченные фрикционные элементы изготавливают методами порошковой металлургии в виде сегментов, плиток и дисков. Особенностью большинства фрикционных материалов является то, что они в процессе приготовления материала наносятся на несущие каркасы-подложки. Спеченные фрикционные материалы выпускают промышленным методом на основе меди и железа. В качестве фрикционных добавок, вводимых в металлическую порошковую матрицу, используют частицы преимущественно остроугольной формы из полевого шпата, мулата, кианита, нефелина (до 20-30% от объема).

Пористые материалы. В пористых материалах, спеченных из порошков и волокон, обеспечиваются такие свойства, как высокая тепло- и электропроводность, удовлетворительная пластичность, высокая коррозионно- и окалиностойкость, способность противостоять высоким давлениям, высокая степень очистки в приемлемых пределах проницаемости.

Пористые материалы из порошков титана, коррозионностойких сталей, никеля и тугоплавких металлов применяются для фильтрации газов, топлива и других технологических жидкостей. Пористость в таких материалах достигает 30-70%. Обладая громадной внутренней поверхностью, пористые спеченные материалы являются уникальными фильтрующими элементами, элементами пористого охлаждения и пламегасителями, в большой химии – наилучшими катализаторами.

Большинство пористых спеченных материалов изготавливают прокаткой металлических порошков или волокон с последующим спеканием в защитных атмосферах.

1.3.6 Неметаллические материалы

Неметаллические материалы разделяются на классы: *пластические массы*, *конструкционную керамику*, *стекла*, *каучуки* и *резиновые материалы*; *композиты на основе пластмасс* и с *органическим армированием*. В свою очередь каждый класс имеет свою специальную классификацию – пластические массы делятся на термопласты, термоэластопласты, олигомеры и реактопласты; конструкционная керамика классифицируется преимущественно по составу – на основе оксидов, карбидов, нитридов и т.п. Стекла разделяют по механическим свойствам: ударопрочное, термостойкое, радиационностойкое, многослойное (триплекс). Каучуки делят на натуральные и синтетические, а по назначению – для изготовления шин и технических изделий.

Пластические массы (пластмассы). Пластмассами называются материалы, полученные на основе природных или синтетических полимеров, способные под влиянием нагревания и давления формироваться в изделие сложной конфигурации и затем устойчиво сохранять приданную форму.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Пластмассы находят широкое применение при изготовлении различных деталей машин и приборов. Они обладают малым удельным весом, высокой химической стойкостью, достаточной прочностью, антифрикционными свойствами и другими ценными качествами.

Полимер – вещество, характеризующиеся многократным повторением одного или более составных звеньев, соединенных между собой в количестве, достаточном для проявления комплекса свойств, которое остается практически неизменным при добавлении или удалении нескольких составных звеньев.

Олигомер – вещество, молекулы которого содержат составные звенья, соединенные повторяющимся образом друг с другом, комплекс свойств которого изменяется при добавлении или удалении одного или нескольких составных звеньев.

В отличие от металлических материалов поведение полимеров при внешних воздействиях является феноменальным. При повышении температуры растянутые молекулы резины сжимаются в клубок и нагруженная полоска резины сокращается. Полимер может обратимо деформироваться в разы, но если он эксплуатируется в условиях быстро меняющейся нагрузки, то эта способность к большим деформациям не реализуется и полимер ведет себя как малоподатливый материал.

Стеклование полимеров не является фазовым переходом первого рода, т.е. он принципиально отличается от кристаллизации, плавления или сублимации. В тоже время при стекловании полимеров скачкообразно изменяются теплоемкость, коэффициент сжимаемости (фазовое превращение второго рода). При механическом воздействии на полимер, находящийся при температуре выше температуры стеклования, он может потерять способность течь и ведет себя как упругое тело.

Кристаллическая структура полимеров имеет ряд морфологических особенностей: это кристаллы с выпрямленными цепями, в которых молекулы упакованы как карандаши в коробке, гибкие макромолекулы укладываются «гармошкой» в упорядоченные формы – *ламели*. Характерны также кристаллические образования округлой формы – *сферолиты*.

Полимеры поликристалличны; кристаллические области имеют различные размеры; они не имеют направления предпочтительной ориентации (в отсутствии внешнего воздействия). Полимерные кристаллы обладают полиморфизмом. Монокристаллы полимеров могут быть получены только кристаллизацией из растворов или в ходе их синтеза.

Полимеры при переходе из высокоэластичного состояния в вязкотекучее надолго сохраняют свою структуру.

Главный недостаток полимеров их химическая и термическая деструкция (разрушение химических связей и тепловой распад – диссоциация), которая протекает не только на поверхности, как коррозия металлов, но и внутри массы. Физическое старение полимеров обусловлено действием остаточных механических напряжений, кристаллизацией, улетучиванием растворителей или пластификаторов.

По структуре макромолекул полимеры бывают линейными, разветвленными и сшитыми (сетчатыми, трехмерными). Полимеры в зависимости от их строения и внешних условий могут находиться в двух фазовых состояниях: аморфном и кристаллическом.

Аморфные полимеры в зависимости от температуры могут находиться в стеклообразном, высокоэластичном или вязкотекучем состояниях. При уменьшении температуры полимер проходит эти состояния в обратном порядке.

Классификация пластмасс. Пластмассы делят на *термореактивные* (реактопласты) и *термопластичные* (термопласты) в зависимости от их поведения при нагреве.

Реактопласты под действием теплоты и давлении (или инициаторов – ускорителей отверждения) переходят в твердое, неплавкое и нерастворимое состояние. Реактопласты не могут быть вторична переработаны.

Термопласты плавятся под действием теплоты и затвердевают при охлаждении. Изделия из термопластов могут неоднократно перерабатываться, Однако повторный нагрев несколько ухудшает физико-механические свойства материала (из-за его разложения и загрязнения).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В зависимости от применяемого наполнителя пластические массы разделяют на *композиционные* и *слоистые*. Композиционные пластмассы в свою очередь делятся на *порошкообразные* и *волокнистые*.

В настоящее время решается задача как можно более полного использования во всех отраслях промышленности и сельского хозяйства достижений современной химии и, в частности, замены традиционных материалов новыми более экономичными и практичными синтетическими материалами. Предусмотрено увеличение использования нефтяного и газового сырья для производства полимерных материалов, создание достаточных мощностей по переработке пластмасс в изделия.

Наиболее крупными потребителями пластмасс являются электротехническая промышленность, радиоэлектроника, общее машиностроение.

Основные **свойства пластмасс.** Изделия из пластмасс при обычных условиях, как правило, представляют собой твердые и упругие тела.

Ассортимент применяемых в промышленности пластмасс весьма разнообразен. Для подавляющего их большинства характерны следующие положительные качества:

- малая плотность полимерных материалов (1,1-1 8 г/см^3) что позволяет значительно уменьшить массу машин;
- химическая стойкость – пластмассы не подвержены коррозии даже в агрессивных средах;
- хорошие электроизоляционные свойства, что позволяет применять пластмассы в качестве диэлектриков, незаменимых в высокочастотных устройствах радиосвязи, телевидения и т.д.;
- высокая удельная и абсолютная механическая прочность и возможность создания анизотропных материалов;
- высокая технологичность – трудоемкость изготовления самых сложных деталей из пластмасс незначительна по сравнению с трудоемкостью изготовления этих же деталей из других материалов;
- наличие неограниченных ресурсов дешевого сырья;
- низкий коэффициент трения некоторых видов пластмасс, например текстолита, древесно-слоистых пластиков, капрона, что позволяет в ряде случаев успешно заменять ими бронзу и баббит в подшипниковых узлах машин;
- высокий коэффициент трения в сочетании с износостойкостью фенопластов с асбестовым наполнителем, пресс-композиций на основе каучуков и других видов специальных пластмасс, что позволяет с успехом заменять ими чугун и дорогие сорта дерева в конструкциях транспортных и прочих машин;
- прозрачность некоторых ненаполненных пластических масс, таких как полиметилметакрилат (органическое стекло), полистирол и др., которые способны пропускать лучи света в широком диапазоне волн, в том числе ультрафиолетовую часть спектра, значительно превосходя в этом отношении силикатные стекла. Эти пластмассы широко применяют в оптической промышленности и машиностроении для изготовления прозрачных деталей – водомерных стекол, арматуры масляных и охлаждающих систем, линз смотровых отверстий и т.д.

Одновременно с указанными достоинствами у пластмасс имеются следующие недостатки:

- низкая теплостойкость – основные виды пластмасс могут удовлетворительно работать лишь в сравнительно небольшом интервале температур (от –60 до 200 °С). Однако для пластмасс на основе кремнийорганических полимеров, фурфурольных композиций и фторопластов верхний предел температур доходит до 300-400 °С;
- низкая теплопроводность, которая в 500-600 раз ниже теплопроводности металлов, что ограничивает их применение в узлах и деталях машин, где необходим быстрый отвод большого количества теплоты;
- низкая твердость (НВ 6-60);

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

- ярко выраженная ползучесть, особенно у термопластов;
- малая жесткость, так как модуль упругости самых жестких пластмасс (стеклопластиков) на один-два порядка ниже, чем у металлов;
- старение – ухудшение свойств пластмасс со временем под действием температуры, влажности, света и воды;

Все это необходимо учитывать при конструировании деталей из пластмасс.

Компоненты, входящие в состав пластмасс. В большинстве своем пластмассы состоят из смолы, наполнителя, пластификатора, стабилизатора, красителя и других добавок, улучшающих их технологические и эксплуатационные свойства.

В зависимости от требований, предъявляемых различными отраслями техники, свойства полимеров могут быть в значительной степени улучшены и изменены с помощью дополнительных компонентов в составе пластмассы.

Наполнители служат для улучшения физико-механических, диэлектрических, фрикционных или антифрикционных свойств, повышения теплостойкости, уменьшения усадки, а также для снижения стоимости пластмасс. Наполнители бывают органические и неорганические. Органическими наполнителями являются древесная мука, хлопковые очесы, целлюлоза, бумага, хлопчатобумажная ткань, древесный шпон. В качестве неорганических наполнителей используют асбест, графит, стекловолокно, стеклоткань, слюду, кварц.

Применяя в качестве наполнителя древесную муку, получают порошкообразные полимерные материалы – пресс-порошки, употребляемые для изготовления слабо нагруженных деталей. Для получения материала с более высокой механической прочностью употребляют волокнистые наполнители (волокна хлопка, асбеста). Еще большую прочность пластмассам придают листовые наполнители, используемые для производства слоистых пластмасс. С применением хлопчатобумажной ткани получают *текстолит*, стеклоткани - *стеклотекстолит*, бумаги – *гетинакс*, асбестовой ткани – *асботекстолит*. Используя древесный шпон, вырабатывают древесные слоистые пластики. Для изготовления деталей, по прочности не уступающих стальным, в качестве наполнителей применяют стекловолокно, стеклошнуры, стекломаты.

Содержание наполнителей в пластмассах составляет от 40 до 70% (масс). Исключение здесь составляют теплоизоляционные материалы, где в качестве наполнителя используют газы, получая газонаполненные полимерные материалы – *пенопласты* и *поропласты*.

Пластификаторы увеличивают пластичность и текучесть пластмасс, улучшают их морозостойкость, В качестве пластификаторов применяют дибутилфталат, трикрезилфосфат и др.

В состав пластмасс часто вводят стабилизаторы вещества, предотвращающие разложение полимерных материалов на составляющие во время их переработки и эксплуатации под воздействием света, влажности, повышенных температур и других факторов. Для стабилизации используют ароматические амины, фенолы, сернистые соединения, газовую сажу.

Красители добавляют для окрашивания пластических масс. Применяют как минеральные красители (охра, умбра, литопон, крон и т.д.), так и органические (нигрозин, родамин).

Смазочные вещества, в качестве которых используют стеарин, олеиновую кислоту, трансформаторное масло, снижают вязкость композиции и предотвращают прилипание пластмассы к стенкам пресс-формы.

Получение пластмасс. Большое влияние на свойства пластмасс оказывает их основа, то есть, связующее вещество – смола. По характеру получения связующего вещества пластмассы разделяют на *конденсационные* и *полимеризационные*.

Конденсационные пластмассы. Основой этих пластмасс являются синтетические смолы, получаемые в результате химической реакции поликонденсации. При протекании этой реакции происходит образование высокомолекулярного вещества (полимера) с выделением побочных продуктов: воды, аммиака, спирта и др. Реакция поликонденсации в зависимости от исходных продуктов мажет происходить при нагреве или без него, при пониженном, нормальном или повышенном давлении, в присутствии катализатора или без него.

Наиболее распространенными в машиностроении и приборостроении термореактивными конденсационными пластмассами являются фенопласты и аминопласты.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Фенопласты получают из фенолоальдегидных смол, образующихся а результате взаимодействия фенола, крезола, фенолена или резорцина с альдегидами (формалином, фурфуролом, бензольдегидом) в присутствии кислых или щелочных катализаторов. В зависимости от способа производства смолы этой группы подразделяют на резольные и новолачные.

Резольные смолы – это термореактивные смолы. Их получают, используя щелочные катализаторы. Смолы могут производиться в виде водных эмульсий (до 20%воды), в сухом виде (в кусках желто-коричневой окраски) и в виде спиртовых растворов – лаков. Основной особенностью резольных смол является их свойство переходить при нагревании в неплавкое и нерастворимое состояние. В этом состоянии смолы химически инертны, обладают достаточной механической прочностью и высокими диэлектрическими свойствами. Переход смол в неплавкое и нерастворимое состояние, осуществляемый под действием нагрева и давления без добавления катализаторов, называется бакелизацией.

Новолачные смолы получают с кислыми катализаторами, и даже при длительном нагреве они остаются постоянно плавкими и растворимыми, то есть являются термопластичными смолами. Если же нагрев новолаков производится с добавлением уротропина (кристаллическое соединение аммиака и формальдегида), то новолаки отвердевают очень быстро. Поэтому они в большом количестве идут на производства быстро отвердевающих пресс-материалов, Кроме того, новолаки применяются в виде спиртовых растворов как лаки (марка «Идитоль).

Аминопласты, или мочевиноформальдегидные пластмассы, относятся к группе реактопластов. Благодаря красивому внешнему виду и ярким окраскам (смолы бесцветны и светостойки, поэтому их можно окрашивать в различные цвета) из этих смол вырабатывают изделия ширпотреба. Как материал для изготовления деталей машин и приборов аминопласты находят ограниченное применение по сравнению с фенопластами из-за более низкой водо- и теплостойкости. Мочевиноформальдегидные смолы применяют для пропитки древесины, которая после этого становится более прочной и водоустойчивой. Сырьем для производства мочевиноформальдегидных смол являются мочевина, тиомочевина, меламин и альдегиды, среди которых наибольшее значение имеют формальдегид и уротропин.

В промышленности также находят применение *кремнийорганические* (полисилоксановые), *эпоксидные* смолы и др.

Полимеризационные пластмассы. Пластмассы на основе полимеризационных смол получаются в процессе реакции полимеризации. Реакцией полимеризации называют процесс соединения большого количества однородных молекул низкомолекулярного вещества с образованием макромолекул нового вещества без выделения каких-либо побочных продуктов реакции. К числу наиболее важных полимеризационных пластмасс относятся термопластические материалы – *полистирол*, *поливинилхлорид*, *поливинилацетат*, *полиэтилен*, *политетрафторэтилен* (фторопласт), *полиметилметакрилат* и др.

Полистирол получают полимеризацией стирола при температуре 80 °С блочным или эмульсионным методом, В качестве пластификатора применяют дибутилфталат или трикрезилфосфат.

К виниловым пластикам относят полимеры винилхлорида, винилового спирта и другие производные винила.

Хлорвинил – бесцветный газ CH_3–CHCl, который в технике получают из дихлорэтана, опыляемого спиртовым раствором щелочи, Полимеризацией хлорвинила в водоэмульсионной среде получают поливинилхлорид. И качестве эмулятора применяют желатин или некаль, а в качестве катализатора – перекись бензоила и др.

Поливинилацетат получают полимеризацией винилацетата. Основным сырьем для получения винилацетата служит ацетилен и безводная уксусная кислота. В качестве катализаторов применяют ртутные соли серной, фосфорной и других кислот. Полиэтилен получают полимеризацией этилена.

Среди акриловых полимеризационных пластмасс наибольшее применение имеет *полиметилметакрилат* (органическое стекло). Для получения органического стекла производят полимеризацию метилметакрилата. В качестве катализатора применяют перекись бен-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

зоила. В целях улучшения эластичности вводят пластификаторы (дибутилфталат, трикрезилфосфат и др.), а также добавляют красители. В промышленности метилметакрилат (метиловый эфир метакриловой кислоты) получают сложным органическим синтезом из ацетона или изобутилового спирта.

Фторопласты – высокомолекулярные соединения на основе фтора и хлорпроизводных этилена, которые получают эмульсионной полимеризацией в виде мелкодисперсного порошка белого цвета.

Пластмассы на основе эфиров целлюлозы весьма широко распространены в народном хозяйстве. Основными представителями этой группы пластмасс являются целлулоид и ацетилцеллюлоза. Целлулоид – наиболее известная пластмасса – представляет собой твердый раствор нитроклетчатки в камфоре.

Порошковые и волокнистые пластмассы. Пластмассы, перерабатываемые в изделия методом прессования, принято называть прессовочными *термореактивными материалами* (пресс-материалы). Номенклатура прессовочных материалов очень обширна. Эти материалы особенно широко применяют для изготовления разнообразных, часто сложных по конфигурации деталей электротехнического назначения, которые в процессе эксплуатации не испытывают значительных механических нагрузок, а также для производства конструкционных деталей. Прессовочные материалы по виду используемых наполнителей делят на две группы: порошковые и волокнистые.

В *порошковых пластмассах* в качестве наполнителя для изделий общетехнического назначения используют древесную муку (пресс-порошки К-18-2, К-21-22).

Изделия из пресс-порошков на основе *фенолоформальдегидных* смол стойки к атмосферным воздействиям, выдерживают действие кислот и солей. Фенолоформальдегидные пресс-порошки применяют в общем приборостроении для изготовления деталей радиотехническою назначения и декоративного назначения (кнопки, рукоятки управления, корпуса некоторых приборов). Пресс-материал К-77-51 применяют для деталей приборов зажигания; пресс-материал К-78-51 – для деталей шахтного оборудования, деталей приборов зажигания, выключателей двигателей, деталей электрооборудования; пресс- материал ВЭИ-12 – для изделий, от которых требуются удовлетворительные механические свойства.

К числу пластмасс данной разновидности можно отнести и такие материалы, как меламин, получаемый на основе меламиноформальдегидной смолы и древесной муки и применяемый при изготовлении деталей машин, соприкасающихся с пищевыми продуктами. Пресс-материал МФК-20 на основе меламиноформальдегидной смолы, модифицированной кремнийорганической смолой, предназначен для изготовления изоляционных деталей электроаппаратуры.

Термопластические полимерные материалы. Обладая комплексом очень ценных свойств, термопласты находят широкое применение в технике при изготовлении деталей электроприборов и радиоаппаратов, деталей, работающих в химических средах, антифрикционных деталей, уплотнителей. Большинство материалов этой группы непригодно для производства изделий, работающих при высоких длительно действующих нагрузках. Такие нагрузки вызывают явления ползучести (хладотекучести). Термопласты выпускают или в виде гранул, порошков для изготовления деталей методами литья под давлением, экструзии и др., или в виде полуфабрикатов – пленок, листов и профилей различного сечения для изготовления деталей с применением механической обработки, штамповки и сварки.

Полиэтилен обладает высокой химической стойкостью, в том числе к концентрированным кислотам и щелочам. При обычной температуре не растворяется ни в одном из известных растворителей, при температуре 80 °С растворяется в ароматических углеводородах (толуоле, ксилоле и др.). Плотность полиэтилена ρ = 0,93-0,97 г/см^3. Полиэтилен стареет (изменяет свои механические свойства) под действием ультрафиолетовых лучей. Для предотвращения старения в него вводят 2-3% газовой сажи в качестве стабилизатора.

Полиэтилен отличается малой гигроскопичностью, повышенной морозостойкостью и высокими диэлектрическими свойствами. Для кабельной промышленности выпускают специальный кабельный полиэтилен, пластифицированный полиизобутиленом. Полиэтилен

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

хорошо перерабатывается всеми известными способами: литьем под давлением, экструзией, формованием в вакууме, механической обработкой, сваркой. На металлическую поверхность полиэтилен можно наносить методом огневого или вихревого напыления.

Полиэтилен выпускают двух видов – высокого давления (ВД) и низкого давления (НД), различающихся методами изготовления и физико-механическими свойствами. Полиэтилен ВД имеет температуру плавления 115 °С, а полиэтилен НД – 120-135° С. Полиэтилен НД обладает большей механической прочностью и жесткостью и используется для изготовления труб, шлангов, листов, пленки, деталей высокочастотной радиоаппаратуры, различных емкостей. Литьем изготовляют вентили, краны, золотники, бесшумные зубчатые колеса, работающие при малой нагрузке. Полиэтилен ВД применяют как упаковочный материал в виде пленки или для изготовления небьющейся химической посуды.

Полипропилен относится к той же группе термопластов, Он обладает многими положительными качествами, присущими полиэтилену, и в меньшей степени – его недостатками. Полипропилен имеет меньшую плотность (ρ = 0,91 г/см^3) и большие жесткость и поверхностную твердость. Из пропилена изготовляют трубы, листы различной толщины, которые легко подвергаются штамповке, сопровождаемой глубокой вытяжкой. Такие изделия используют в качестве корпусов приборов и аппаратов, облицовочного материала, заменителя фарфора и фаянса.

Полистирол представляет собой бесцветный прозрачный материал, обладающий абсолютной влагостойкостью, высокими электроизоляционными свойствами, светостойкостью и твердостью. Полистирол стоек к плесени, к щелочным и кислым средам, растворяется в бензоле, толуоле, хлороформе, тетрахлориде углерода, эфирах и кетонах. Его диэлектрические свойства мало меняются в диапазоне температур от – 80 до 110 °С. К недостаткам полистирола относятся его малая теплостойкость, хрупкость, подверженность старению и растрескиванию. Для предотвращения растрескивания в полистирольные материалы вводят пластификаторы или минеральные наполнители. Перерабатывают полистирол литьем под давлением, экструзией и выдуванием. Изделия из полистирола можно подвергать любым видам механической обработки.

Из полистирола изготовляют детали радиотехнических устройств, лабораторную химическую посуду. Из блочного полистирола экструзией можно получать трубки, стержни и другие профильные изделия, пленки, ленты и нити различной толщины. Полистирольные трубки применяют для изоляции высокочастотных проводов, изготовления деталей радиолокационной аппаратуры, изоляторов, прозрачных деталей и т.д. Этот полимер широко используют для изготовления бытовых изделий; в технике широко применяются сополимеры стирола.

Сополимеризация улучшает свойства чистого полимера (механическую прочность, теплостойкость). Применяют сополимеры стирала с метилметакрилатом (марки МСН, МС-2 и МС-3). При сополимеризации стирола с нитрильным каучуком получают материал ПКНД, обладающий большой гибкостью. Из него методами литья под давлением или глубокой вытяжки изготовляют стойкие к ударам корпуса для машин. Более прочный материал СПН (сополимер стирола с акрилонитрилом, модифицированный нитрильным каучуком) в виде листов и крошки перерабатывают в изделия методом литья под давлением и штамповкой.

Фторопласты выпускают нескольких видов, но наибольшее применение в промышленности получили политетрафторэтилен (фторопласт-4) и политрифтормонохлорэтилен (фторопласт-3). Фторопласт-4 химически абсолютно стоек. На него оказывают действие только расплавы солей щелочных металлов и фтор при высоких температурах. Плотность фторопласта-4 – ρ = 2,2 г/см^3 (самый тяжелый из всех полимеров); коэффициент трения в 7 раз ниже коэффициента трения хорошо полированной стали, что определяет его использование в машиностроении для трущихся деталей без применения смазки, однако при незначительных нагрузках, так как фторопласт-4 обладает хладотекучестью, увеличивающейся с повышением температуры. Фторопласт-4 работает в интервале температур от –250 до 60 °С.

Фторопласт-4 не переходит в вязкотекучее состояние, поэтому изделия из него получают спеканием порошка, прессованного по форме детали при температуре 350-370 °С.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Фторопласт-3 при нагреве до температуры 210 °С размягчается и плавится, что дает возможность перерабатывать его литьем под давлением. Фторопласт-3 может работать в интервале температур от –60 до 150 °С; он химически стоек, но набухает в органических растворителях; более тверд и механически прочен, чем фторопласт-4, не обладает холодной текучестью.

Фторопласты широко применяют для изготовления диэлектриков, уплотнительных деталей (прокладок, набивок), работающих в агрессивных средах, деталей клапанов кислородных приборов, вкладышей подшипников и т.д. Фторопласты также нашли применение для защиты металла от воздействия агрессивных сред. Покрытие производится из суспензий или эмульсий с последующим спеканием.

Полиамиды – твердые термопластические смолы – нашли широкое применение в машино- и приборостроении. В зависимости от химического состава исходного сырья вырабатывают несколько типов полиамидов. Для изготовления пластмассовых деталей обычно применяют полиамид-68, полиамид-66 и капрон. Полиамиды обладают высокой поверхностной твердостью, высокой прочностью на разрыв, значительной прочностью на статический и ударный изгиб. Они устойчивы к действию углеводородов, жиров, масел, разбавленных и концентрированных щелочей, растворимы в фенолах, муравьиной, уксусной и минеральных кислотах, низших спиртах; имеют вполне удовлетворительные диэлектрические свойства, хорошо сопротивляются изнашиванию, в том числе абразивному, и обладают низким коэффициентом трения. Полиамиды не горят, плавятся в узком интервале температур, что обусловлено кристаллической структурой этих веществ.

Полиамиды перерабатывают в изделия литьем под давлением и экструзией. Отдельные элементы изделий можно соединять сваркой или склеиванием. Применяют полиамиды для изготовления волокон, пленок, покрытий, клеев, деталей машин. Полиамидное волокно используется для высокопрочного шинного корда, трансмиссионных лент, канатов, щетины, рыболовецких сетей. Полиамиды в виде пленок хорошо наносятся на различные сорта стали, алюминий и другие металлы. Из полиамидов изготовляют шестерни, подшипники скольжения, рабочие органы центробежных насосов и турбин, уплотнения в гидравлических устройствах, само- стопорящиеся гайки, шкивы ременных передач, гребные винты теплоходов и т.д. Трубы из полиамидов применяют для маслопроводов, бензопроводов и гидравлических систем.

Полиамиды применяют в чистом виде и в смеси с различными наполнителями – графитом, сажей, каолином, стекловолокнистыми материалами. Введение стекловолокнистого наполнителя повышает физико-механические свойства полиамидов. Детали и изделия из стеклонаполненных полиамидов могут эксплуатироваться в более жестких условиях (при больших нагрузках и скоростях и в более широком температурном интервале), чем чистые полиамиды.

Поливинилхлорид представляет собой белый мелкодисперсный порошок. При добавлении в поливинилхлорид до 40% пластификаторов получают один из наиболее распространенных в промышленности материалов – винипласт. При содержании пластификатора до 40% получается эластичный и морозостойкий материал – пластикат. Пластикат выпускают в виде листов, пленок, трубок, лент. Он широко применяется в электротехнической промышленности для изоляции кабелей и проводов, для производства линолеума, масло-, водо- и бензостойких прокладок и уплотнений. Пластикат подвержен старению, становится хрупким от воздействия солнечных лучей. Светотермостойкий пластикат получается при введении специальных стабилизаторов.

Саран – это сополимер винилхлорида с винилиденхлоридом. В виде пленок имеет высокую прочность, низкую паро- и газопроницаемость, лучшую по сравнению с поливинилхлоридом стойкость к нагреву, устойчивость к действию агрессивных сред и растворителей. Этот материал идет на изготовление методами прессования и литья под давлением различной арматуры: патрубков, тройников, крестовин, фланцев, а также корпусов электрических батарей, аккумуляторов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Поликарбонаты – новые термопластические материалы, обладающие ценными свойствами: высокой поверхностной твердостью, ударной прочностью и стойкостью к нагреву. Они влагостойки и стойки в окислительных средах при повышенных температурах. Поликарбонаты совершенно прозрачны и могут быть использованы вместо силикатного стекла. Поликарбонаты применяют для изготовления зубчатых колес, втулок, клапанов, кулачков и др.

Полиформальдегид – это полимер, обладающий высокими жесткостью, твердостью, динамической прочностью, стойкостью к воде, минеральным маслам и бензину, атмосферным воздействиям, действию окислительных сред; постепенно разрушается в растворах кислот и щелочей. Полиформальдегид применяется для изготовления антифрикционных деталей, рабочих частей насосов, турбобуров и других гидравлических машин, шестерен, подшипников, деталей, работающих в воде, бензине и масле, деталей текстильных машин и металлорежущих станков, корпусов электроинструментов. Изделия из полиформальдегида формуют литьем под давлением в интервале температур 182-220 °С.

Пентопласт – полимер на основе формальдегида, отличающийся высокой химической стойкостью и стойкостью к атмосферным воздействиям. По водостойкости пентопласт аналогичен фторопластам, полиэтилену и полистиролу. Из пентопласта изготовляют химически стойкие трубы, клапаны, вентили, сепаратные кольца, подшипники, детали часовых механизмов.

Слоистые пластмассы. Материалы, получаемые при соединении между собой наложенных друг на друга нескольких слоев волокнистых наполнителей (ткани, бумаги, древесины и т.п.), пропитанных синтетическими смолами, называют слоистыми. Слоистые пластмассы выпускают либо в виде полуфабриката, представляющего собой листы наполнителя, пропитанные смолой, либо в виде прессованных заготовок: листы, плиты различной толщины, трубы различных диаметров, стержни, диски либо фасонные изделия. Плиты изготовляют, пропитывая наполнитель смолой и раскраивая его на листы, которые затем складывают друг с другом в пакеты заранее установленной толщины, Пакет прессуют при давлении 8-10 МПа и температуре 140-160 °С.

Необходимость предварительно раскраивать листы наполнителя, пропитанного смолой, и собирать пакеты приводит к тому, что из слоистых пластмасс преимущественно формуют заготовки. Поэтому для слоистых пластмасс механическая обработка является одним из основных методов их переработки в изделия. Слоистые пластмассы отличаются анизотропией свойств, особенно это касается механической прочности. Наиболее прочен материал вдоль нитей тканевой основы или волокон шпона.

Промышленность выпускает следующие виды слоистых пластмасс: гетинакс, текстолит, асботекстолит, древесные слоистые пластики, стеклотекстолит и др.

Гетинакс – слоистая пластмасса на основе фенолоформальдегидной смолы и листов бумаги. Гетинакс производят в виде листов толщиной 0,5-50 мм, стержней диаметром до 25 мм и трубок различных диаметров. Гетинакс применяют главным образом как электроизоляционный материал, Выпускают также декоративный гетинакс для отделочных работ.

Текстолит – слоистая пластмасса, где в качестве наполнителя используется хлопчатобумажная ткань, а в качестве связующего – фенолоформальдегидная смола.

Текстолит обладает относительно высокой механической прочностью, малой плотностью и высокими антифрикционными свойствами, высокой стойкостью к вибрационным нагрузкам и хорошими диэлектрическими свойствами. Теплостойкость текстолита составляет 120-125 °С, Текстолит нашел широкое применение как заменитель цветных металлов для вкладышей подшипников прокатных станов, как конструкционный и поделочный материал в машиностроении, для изготовления направляющих роликов в самолетах, шестерен в автомобилях и др. Текстолитовые шестерни, в отличие от металлических, работают бесшумно.

Асботекстолит представляет собой слоистую пластмассу с наполнителем из асбестовой ткани и связующим – фенолоформальдегидной смолой. Он имеет высокую теплостойкость – до 250 °С. Асботекстолит применяют преимущественно в качестве теплоизоляцион-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ных облицовок для тормозных колодок и дисков сцепления, так как он обладает большим коэффициентом трения.

Древесный слоистый пластик – пропитанный небольшим количеством фенолоформальдегидной смолы, спрессованный древесный шпон. Древесный слоистый пластик имеет высокую механическую прочность, пониженную влагостойкость и невысокие диэлектрические показатели.

Дельта-древесина, как и другие виды древесного слоистого пластика, применяется как конструкционный, обшивочный и поделочный материал в машиностроении, как заменитель цветных металлов для изготовления шкивов, вкладышей подшипников, втулок, шестерен, опорных рам.

Стеклотекстолит изготовляют прессованием пакета стеклоткани, пропитанной смолой. Выбор связующего определяется назначением стеклотекстолита и способом изготовления изделия. Диаметр стекловолокна в стеклоткани составляет 3,5-5 мкм. Связующим в стеклотекстолите является клей, содержание которого не превышает 25-30%, иначе прочность изделия снижается.

Из пакета пропитанной стеклоткани прессуют листы, плиты, трубы. Стеклотекстолит применяют для изготовления сильно нагруженных конструкционных деталей в машиностроении.

Резиновые изделия отвечают разнообразным требованиям в отношении теплостойкости, морозостойкости, химической стойкости, твердости, эластичности и упругости. Исходным материалом для резин служат натуральный и синтетический каучук. Натуральный каучук – полимер изопрена (C_5H_8). Изопреновые группы полиизопрена связаны в длинную молекулярную цепь, и это позволяет отнести его к классу линейных карбоцепных полимеров.

Полиизопрен и его аналоги, а также полибутадиен и полихлоропрен относятся к классу эластомеров. Эластомерами называют полимеры, обладающие в широком температурном интервале высокой эластичностью – способностью подвергаться значительным (до 1000%) обратимым деформациям.

Общим признаком эластомеров является макромолекулярное строение, а также способность к вулканизации. Переход пластичного каучука в эластичную резину называется вулканизацией, которая представляет собой процесс «поперечного сшивания» линейных макромолекул в редкосетчатую структуру. В качестве агентов применяю серу, тиурам, диазосоединения.

Компоненты, входящие в резиновую смесь. Каучук, соединяясь в процессе вулканизации с вулканизирующим веществом, образует *резину*. В качестве вулканизирующего вещества обычно применяют серу.

Для повышения механической прочности и износостойкости в состав резиновой смеси обычно вводят упрочняющий *наполнитель*. К числу таких наполнителей относятся вещества с предельно малыми размерами частиц и высокоразвитой поверхностью. Наиболее распространенным упрочняющим наполнителем является сажа. В производстве светлоокрашенных резин и резин, предназначенных для работы при повышенных температурах, в качестве упрочняющего наполнителя применяют окись кремния, окись титана в мелкодисперсном состоянии.

В резиновую смесь вводят также *ускорители вулканизации*, применяя для этого дифенилгуанидин и др. Иногда для повышения пластичности резиновой смеси и морозостойкости готовых изделий в резиновую смесь добавляют пластификаторы (стеариновая и олеиновая кислоты, парафины и др.).

Против старения – окисления резины кислородом воздуха – в резиновую смесь вводят *противоокислители* (противостарители), а для придания цвета добавляют *красители* (охра, ультрамарин).

Технология изготовления резины. Вулканизация. Процесс изготовления резины и резиновых деталей состоит из приготовления сырой резиновой смеси, получения из нее полуфабрикатов или деталей и их вулканизации.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Этот процесс включает в себя следующие операции: вальцевание, каландрирование, получение заготовок, формование и вулканизацию, обработку готовых деталей.

Для приготовления сырой резины каучук разрезают на куски и пропускают через вальцы для придания пластичности. Затем в специальных смесителях каучук смешивают с порошкообразными компонентами, входящими в состав резины (вулканизирующие вещества, наполнители, ускорители вулканизации и т.д.), вводя их в резиновую смесь точно по весовой дозировке. Перемешивание можно производить и на вальцах. Таким образом получают однородную, пластичную и малоупругую массу – сырую резину. Она легко формуется, растворяется в органических растворителях и при нагревании становится клейкой.

Провальцованная сырая резина поступает на каландр, где получают листы заданной толщины. Из каландрованных листов по шаблонам вырезают заготовки вырезкой, вырубкой с последующим формованием на машинах.

Для изготовления резиновых деталей формовым способом используют гидравлические вулканизационные прессы с нагревом пресс-формы электрическим нагревателем. Литье под давлением применяют для изготовления деталей сложной конфигурации.

Для получения высокоэластичных и прочных изделий (покрышек, трансмиссионных лент, ремней, рукавов) резиновую смесь наносят на высокопрочные ткани (корд) из хлопчатобумажного, полиамидного или полиэфирного волокна. Для сцепления резины с тканью применяют методы напрессовки или пропитывания. В первом случае тонкие листы каландрованой резины напрессовывают на ткань. Во втором случае ткань пропитывают раствором резиновой смеси (резиновым клеем) и сушат для удаления растворителя. Прорезиненную ткань раскраивают, собирают в пакеты и прессуют в изделия.

Многие резиновые изделия армируют металлическими деталями. Металлические детали (за исключением латунных) не обладают адгезией к резине, поэтому легко вырываются из изделия, Чтобы увеличить адгезию металлической арматуры к резине, на металл наносят клеевую пленку или осуществляют латунирование. Наиболее высокая прочность сцепления металла с резиной достигается нанесением на металлическую поверхность пленки клея «лейконат».

Любой процесс формования заканчивается процессом *вулканизации*. Каучук состоит из линейных молекул, При нагреве с серой (вулканизации) происходит укрупнение молекул и образование сетчатой структуры молекул, при этом каучук превращается а резину. В резине, кроме линейных, есть двух- и трехмерные молекулы.

Усложнение и укрупнение молекул приводит к тому, что вещество приобретает упругость без снижения эластичности, а кроме того, стойкость к термическим и химическим воздействиям. Добавление в резину сажи придает веществу кристалличность строения, что увеличивает его прочность.

Длительность и температура вулканизации определяются рецептурой резиновой смеси (типом каучука и эффективностью введенного ускорителя). Обычно вулканизацию проводят при температуре 120-150 °С.

При формовании деталей их вулканизацию производят в пресс-формах на вулканизационных гидравлических прессах с паровым или электрическим обогревом. Такой метод вулканизации дает более плотную, однородную структуру, более точные размеры и более гладкую поверхность резинового изделия.

Почти все синтетические каучуки получают методом эмульсионной полимеризации в водных средах. Размеры образующихся в этих условиях частиц полимера получают близкими к размерам коллоидных частиц. В присутствии специально вводимых веществ (эмульгаторов) частицы полимеров образуют устойчивую эмульсию полимера в воде, которая называется *латексам*.

В настоящее время выпускают большое количество латексов, из которых можно непосредственно изготовлять резиновые изделия. Латексы применяются для получения фрикционных изделий, для пропитки корда, для изготовления шлифовальных камней, резиновых нитей, волосяных эластичных подушек, тонкостенных изделий (перчаток, воздушных шаров), толстостенных изделий, для замены клеев латексными пастами, для получения рези-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

новых пеноматериалов. Для получения резиновых изделий толщиной не более 0,2 мм форму (обычно стеклянную) несколько раз погружают в латекс. После каждого погружения на форме остается слой латекса, из которого высушиванием удаляют воду.

Процесс изготовления изделий из латексов состоит из следующих операций: смешивания латекса с вулканизирующими агентами и другими компонентами резиновой смеси, высаживания резины на форму в виде пленки по мере испарения воды, вулканизации.

Вулканизированные резиновые изделия в зависимости от предъявляемых к ним требований подвергают дополнительной обработке. В большинстве случаев достаточно удалить облой, что выполняют небольшими ножницами с загнутыми концами. При необходимости создания сквозных отверстий применяют вырубные ножи.

Свойства резины. Основные виды резины и их назначение. Современная техника не может обходиться без резины. Из резины делают покрышки и шины колес, изоляцию проводов, водолазные костюмы, баллоны аэростатов, обувь, шланги и многое другое. Применение резины в машиностроении обусловливается ее ценными свойствами. Резина обладает высокой упругостью и способностью поглощать вибрации, хорошо сопротивляться истиранию и многократному изгибу, обладает газо- и водонепроницаемостью, хорошими диэлектрическими свойствами. Резина в готовом изделии находится в термически стабильном состоянии, она нерастворима (хотя обладает способностью набухать) в растворителях и непластична. Невулканизированная резиновая смесь обладает хорошей пластичностью, обеспечивающей возможность формообразования всевозможных изделий.

Свойства вулканизированных резин в значительной степени определяются характеристикой каучуков: изопреновый, бутадиеновый, бутадиенстирольный, этиленпропиленовый, бутилкаучук.

В резине не все линейные молекулы скреплены в трехмерные, поэтому она не теряет полностью эластичности, присущей каучуку. Если содержание серы в резине довести да 30-35%, то атомы серы скрепляют все нитевидные молекулы каучука в трехмерные. При этом молекулы каучука становятся крупнее, эластичность уменьшается, твердость увеличивается и образуется материал *эбонит*. Он легко подвергается механической обработке, инертен, водостоек и широко используется в автотракторной, химической, электронной и радиотехнической отраслях промышленности как диэлектрик.

Если соединение молекул каучука осуществляется не с помощью атомов серы, а напрямую – углерод с углеродом (такая реакция возможна при температуре выше 300 °С), получается твердое вещество *эскапон*, обладающее исключительными электроизоляционными свойствами. Эскапон – прозрачная, стеклообразная масса, которая хорошо обрабатывается и полируется. Он обладает высокой химической стойкостью и выдерживает нагрев до 400-500 °С.

На способности каучука адсорбировать газы и на его газопроницаемости основано производство *пористых резин* (губок). В качестве порообразователя в резиновые смеси вводят карбонат натрия, в количестве 10-15%. Пористая резина применяется для амортизаторов, в качестве теплоизолятора, звукоизолятора и как материал для фильтров в автомобильной и химической промышленности, при производстве изделий санитарии и гигиены, медицинских приборов, спортивных товаров.

В промышленности используются многие виды стандартизованных и нормализованных резиновых изделий.

Техническая листовая резина предназначается для изготовления прокладок, клапанов, уплотнителей, амортизаторов и др.

Резиновый шнур круглого, квадратного и прямоугольного сечений используется в качестве уплотнителей.

Резинотканевые ленты применяют для ленточных конвейеров. Ленты состоят из тканевого сердечника послойной конструкции и резиновой обкладки рабочей и нерабочей поверхностей Для прокладок применяют прорезиненные ткани: бельтинг и уточную шнуровую ткань.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Плоские и клиновые ремни в зависимости от назначения и конструкции подразделяются на три типа: нарезные, применяющиеся для малых шкивов и больших скоростей; послойно завернутые – для тяжелых работ с прерывистой нагрузкой и средних скоростей; спирально завернутые – для работ с небольшими нагрузками и при малой скорости (до 15 м/с). Ремни всех типов изготовляют как с резиновыми обкладками (одной или двумя), так и без них. Приводные *клиновые ремни* состоят из кордовой ткани или кордшнура, оберточной ткани, вулканизированных в одно изделие.

Рукава резинотканевые с металлическими спиралями и без них делят на две группы: всасывающие (для работы под разрежением) и напорно-всасывающие (для работы под давлением и разрежением). В каждой группе в зависимости от перекачиваемого вещества рукава подразделяют на следующие типы; бензомаслостойкие, для воды, воздуха, кислорода и нейтральных газов, для слабых растворов неорганических кислот и щелочей, жидких пищевых продуктов.

Резинотканевые напорные рукава применяются в качестве гибких трубопроводов для перемещения под давлением газов, жидкостей и сыпучих материалов. Они состоят из внутреннего и наружного резиновых слоев и одной или нескольких прокладок из прорезиненной ткани.

Технические резиновые трубки, стойкие к кислотам и щелочам, предназначены для перемещения растворов кислот и щелочей; теплостойкие – для работы на воздухе с температурой до 90 °С, в среде водяного пара до 140 °С; морозостойкие – для работы при температуре до –45 °С.

Резинотканевые шевронные, многорядные уплотнения служат для обеспечения герметичности в гидравлических устройствах при возвратно-поступательном движении плунжеров, поршней и штоков, работающих в среде воды и нефтяных масел.

Резиновые уплотнения применяются для валов, работающих в среде нефтяных масел и воды при избыточном давлении.

Сальниковые набивки предназначены для заполнения сальниковых уплотнителей с целью герметизации места выхода движущейся детали механизма; пропитанные набивки обеспечивают смазку.

Листовая техническая резина применяется для изготовления прокладок, выпускают пяти видов (кислото-, щелоче-, тепло-, морозо-, маслобензостойкую и пищевую) в виде листов или лент длиной 0,5-10 м**,** шириной 200-1750 и толщиной 0,5-50 мм.

Прокладочная резина должна быть плотной, эластичной, без трещин и изломов.

Кислотощелочестойкая резина хорошо противостоит действию кислот и щелочей. Теплостойкая резина, в состав которой входит асбест, сохраняет свои свойства в воздушной среде при температуре до 90 °С и в среде водяного пара до 140 °С. Морозостойкую резину используют в воздушной среде при температуре до –45° С. Резина всех видов должна быть термостойкой при температурах от –30 до +50 °С.

Прокладки из пористой или технической резины изготовляют в мастерских. Из листа или ленты вырезают кольцо или рамку, соответствующую периметру или диаметру фланца, и пробивают в них отверстия для болтов.

Термоэластопласты близки по свойствам к обычным резинам, но в отличии от них не имеют стадии вулканизации, перерабатываются в изделия обычными способами: экструзия, инжекция, шприцевание и прессование. На основе бутадиен- и изопренстирольных термоэластопластов изготавливают светлые прорезиненные ткани на синтетической основе, шланги, специальные виды деталей.

Термоэластопласты обладают большей в 2 раза стойкостью к истиранию и высоким сопротивлением к расслаиванию, чем резина. Термоэластопласты в отличие от резин способны к многократной переработке. По механическим свойствам они также превосходят обычные резины, однако частично уступают им по масло- и кислотостойкости. Например, бутадиен-стирольный термопласт ДСТ-30 имеет условную прочность при растяжении 25 МПа, относительное удлинение 830%, а бутадиенметилстирольный термопласт обладает прочностью 27,5 МПа относительным удлинением 1063%.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Материалы для уплотнения и герметизации соединений. Для создания плотных и герметичных соединений металлических поверхностей – фланцевых соединений труб, патрубков, крышек и корпусов, а также других деталей машин, работающих в средах воды, пара, газа, сжатого воздуха, бензина, керосина, масла и т.п., применяются прокладки. Они изготовляются из следующих материалов: промасленной бумаги, картона, фибры, паронита, клингерита, асбеста, кожи, войлока, резины и мягкого листового металла (медь, свинец, алюминий).

Бумага чертежная промасленная используется для изготовления прокладок, уплотняющих зазоры в соединениях полостей.

Прокладочный картон является бензо- и маслостойким материалом. Влажность 8-10%; за 24 ч пропитывается водой не более чем на 12%, бензином – на 20%, маслом – на 25%. Картон применяют для прокладок во фланцевых соединениях. Для большей эластичности и прочности прокладку из картона пропитывают олифой. Хранят картон в сухом месте, чтобы на него не попала влага, от действия которой картон портится.

Клингерит – спрессованная смесь асбеста, сурика, графита, окиси железа и каучука. Клингеритовые прокладки устойчивы при температуре до 453° К (180 °С) и давлении до 1,17 МПа.

Асбест – волокнистый минерал, обладающий способностью расщепляться на тонкие гибкие волокна, допускающие при достаточной их длине скручивание в нить. Асбест обладает высокой огнестойкостью – до 500 °С, малой электро- и теплопроводностью, кислото- и щелочеустойчивостью, широко используется в технике в качестве уплотняющих сальниковых набивок и прокладок, для изоляции горячих труб, аппаратов и печей. Из длинных асбестовых волокон изготовляют нити и шнуры, из коротких – асбестовый картон.

Асбестовый шнур, применяемый для фланцевых соединений, выпускают толщиной 3-25 мм. Для изготовления прокладок отрезают кусок шнура заданной длины (в зависимости от диаметра или периметра воздуховода) и укладывают его на поверхность фланца. Затем через шнур пропускают болты так, чтобы асбестовые нити огибали болт с обеих сторон. Шнур должен быть эластичным; хранить его следует в сухом закрытом помещении.

Асбестовый картон выпускают в виде листов размером от 780х460 до 1000х1000 мм, толщиной 2-10 мм. Листы картона должны быть ровными, не иметь трещин, вдавленных мест и посторонних механических включений. Изготовление прокладок для фланцевых соединений из асбестового картона аналогично изготовлению прокладок из листовой резины. При хранении и транспортировании асбестовый картон необходимо защищать от увлажнения.

Паронит – гибкий листовой материал серого цвета. Паронит получают из асбеста, каучука, минеральных наполнителей и серы получают паронит. Паронит выдерживает высокие температуры. Что позволяет изготовлять из него прокладки для уплотнения мест соединения металлических поверхностей, работающих в среде воды и пара до 450 °С и давлении до 50 МПа, в нефтяных продуктах – до 400 °С и давлении до 70 МПа, в жидком и газообразном кислороде – до минус 182 °С и давлении до 2,5 Мпа, а также для уплотнения соединений трубопроводов горячего воздуха, газа или щелочных растворов и слабых кислот.

Кожа техническая состоит из двух основных слоев внутреннего и наружного, лицевая сторона имеет блестящий вид, внутренняя – негладкую и неблестящую поверхность, называемую бахтармой, кожа применяется для изготовления прокладок, манжет и других изделий.

Войлок технический (фетр) изготовляют из низких сортов шерсти с добавлением растительных *волокон* и клейстера. Различают грубошерстный, полугрубошерстный и тонкошерстный войлок. В зависимости от назначения войлок каждой группы разделяется на войлок для сальников, для прокладок, для фильтров. Прокладки из войлока предотвращают попадание в соединение посторонних веществ, задерживают смазочные масла, смягчают удары и вибрацию.

Для создания надежных уплотнений в местах выхода движущихся деталей, работающих в различных средах (вода, пар, масло, кислоты, газы и т.п.), используют сальниковые набивки.

Сальниковые набивки подразделяются на плетеные, скатанные и кольцевые: плетеные – изготовляются в виде шнуров, нитей или сердечников, сухих или пропитанных антифрикционными составами. Материалом для них служат чаще всего хлопчатобумажные, пень-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ковые или асбестовые нити, а также тальк. Скатанные – изготовляются из прорезиненных хлопчатобумажных, а также из асбестовых тканей; кольцевые – изготовляют в виде колец или манжет из резины или прорезиненных хлопчатобумажных материалов, уплотненных в прессформах.

Для обеспечения лучшего уплотнения плоских стыков применяются мастики и мази.

Смазочные материалы делятся на жидкие масла, мази, или консистентные смазки, и специальные смазки.

Жидкий масла бывают растительного, животного и минерального происхождения. В технике в основном применяются масла минерального происхождения, отличающиеся большей стойкостью к действию кислорода воздуха и температуры, чем растительные. Минеральные масла изготовляют из остатков перегонки нефти (мазута).

Консистентные смазки (густые, пастообразные) изготовляют из минерального масла, загущенного мылами. Применяются они в тех случаях, когда невозможна их частая замена, если масло не держится в местах смазки или если место смазки несет большие нагрузки и смазочное масло выдавливается.

Специальные смазки изготовляются в случаях, когда другие смазки не обеспечивают необходимых условий работы механизма.

Клеи из синтетических материалов. Клеящие материалы на основе синтетических полимеров приобретают все большее значение во многих отраслях промышленности. Клеевые соединения во многих случаях являются наиболее рациональными, а иногда единственно возможными. Возрастающее значение клеев связано, прежде всего, с теми преимуществами, которые имеют клеевые соединения по сравнению с заклепочными, болтовыми, сварными и другими соединениями. Это, в первую очередь, возможность соединения между собой самых разнородных материалов. Современными клеями соединяют пластические массы, силикатные и органические стекла, натуральные и искусственные кожи, каучуки и резины, фарфор, керамику, бетон, изделия из бумаги, различные породы дерева, хлопчатобумажные и шерстяные ткани, изделия из синтетических волокон, а также сталь, серебро, медь, алюминиевые, магниевые, титановые сплавы и другие металлы.

Важным свойством клеевых соединений на основе синтетических клеев является их способность противостоять коррозионным воздействиям и гниению. К числу преимуществ клеевых соединений можно также отнести отсутствие отверстий под болты или заклепки, ослабляющих скрепляемые элементы; более равномерное распределение напряжений в соединениях; относительно низкую стоимость производства клеевых соединений при массовом производстве. Применение клея в сварных и клепаных соединениях увеличивает их статическую прочность и сопротивление усталости. В то же время клеи не лишены недостатков. Большинство клеев имеет относительно низкую стойкость при нагревании (до 350 °С) вследствие органической природы основных компонентов клея. Новые клеи из элементоорганических и неорганических полимеров способны удовлетворительно работать при температурах, достигающих 1000 °С и выше, однако большинство из них не обладает достаточной эластичностью, что пока сильно ограничивает их применение.

Синтетические клеи широко применяют для склеивания разнообразных материалов в автомобильной, авиационной, судостроительной, электро- и радио- технической, химической, деревообрабатывающей, обувной, полиграфической и других отраслях промышленности. Это дает большой технический и экономический эффект, позволяет совершенствовать изготовление элементов различных конструкций, приспособлений, приборов и других изделий.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Контрольные вопросы

1. Рассказать об организации слесарно-монтажных работ.
2. Рассказать об организации сварочных работ.
3. . Рассказать о строение и свойствах металлов и сплавов.
4. Каково кристаллическое строение металлов?
5. Рассказать о методах и способах определения твердости металлов.
6. Каковы технологические свойства металлов?
7. Как влияет углерод на свойства сталей?
8. Как влияют легирующих элементы на свойства сталей?
9. Рассказать о цветных металлах и их сплавах.
10. Как проводится термическая обработка металлов и сплавов?
11. Что такое отжиг 1 и 2 рода?
12. Рассказать о закалке сталей.
13. Рассказать о порошковых металлических материалах.
14. Рассказать о неметаллических материалах.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

2 Ремонтно-слесарное производство

2.1 Организация ремонтно-слесарных работ

Ремонтно-слесарные работы занимают значительное место в ремонте сельскохозяйственного и другого оборудования. К ним относятся разборка и сборка машин и агрегатов, их узлов и механизмов, ручная обработка металлических изделий, ремонт и подгонка деталей.

Для выполнения всего комплекса работ следует создавать благоприятные условия труда, обеспечиваемые рациональной планировкой рабочего места, подбором технологического оборудования; оргтехоснастки и инструментов, правильной освещенностью и рациональной окраской рабочего места.

Рабочим местом слесарей-ремонтников называется ограниченная зона, рассчитанная на одного или двух человек, занятых выполнением определенных ремонтных работ. Планировка рабочего места предусматривает пространственное размещение в рабочей зоне производственного оборудования, рабочей мебели, оргтехоснастки, транспортных и других средств, необходимых для осуществления трудового процесса.

Рациональная планировка рабочего места обеспечивает удобные и безопасные условия труда, эффективное использование производственной площади, полное использование рабочего времени. Она предполагает размещение оборудования и оснастки в зонах обзора и досягаемости, рис.2.1.

Зоной обзора называется угол, в пределах которого отчетливо воспринимается форма и местоположение предмета. По горизонтали этот угол равен примерно 120°, а по вертикали 86°. При размещении на рабочем месте инструментов и приспособлений важно учитывать следующие углы зрения:

- угол мгновенной видимости в рабочей зоне – 18°;
- угол эффективной видимости в рабочей зоне – 30°;
- угол обзора на рабочем месте при фиксированном положении головы – 120°;
- угол обзора при повороте головы – 220°.

Поворот головы расширяет зону обзора на угол, соответствующий ее повороту. Размер допустимого поворота составляет 45° в горизонтальной плоскости и 30° – в вертикальной.

Зоной досягаемости называется пространство, в пределах которого должны размещаться инструменты и оборудование для обеспечения наилучших условий выполнения работы. Наиболее удобная (нормальная) зона досягаемости определяется полудугой с радиусом примерно около 350 мм для каждой руки. Расположение предметов дальше указанных пределов повлечет за собой ненужные движения, большие наклоны корпуса, что вызовет дополнительные затраты времени, увеличит утомляемость и снизит производительность труда.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Движения слесаря при работе разделяются на пять групп: первая – движения пальцев; вторая – движения пальцев и запястья; третья – движения пальцев, запястья и предплечья; четвертая – движения пальцев, запястья, предплечья и плеча; пятая – движения пальцев, запястья, предплечья, плеча и корпуса.

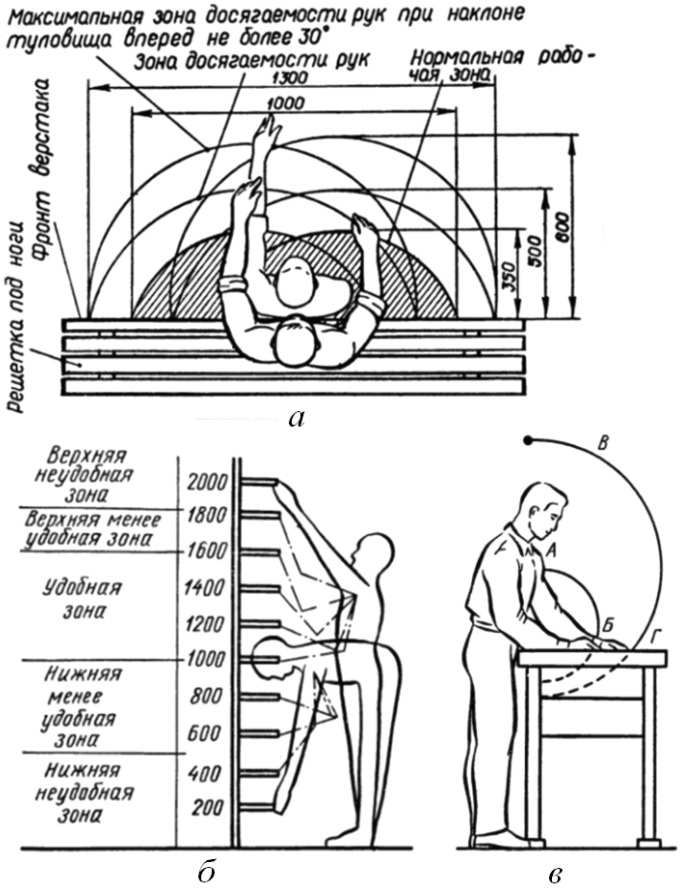


Рис. 2.1. Зона досягаемости рук человека: *а* – в горизонтальной плоскости при работе стоя и сидя им; *б*, *в* – в вертикальной плоскости при работе стоя, мм

В трудовых движениях должно участвовать наименьшее количество сочленений, тогда труд будет менее утомительным. Наиболее рациональными движениями считаются движения первых трех групп.

Определенные требования предъявляются к площади, отводимой под рабочее место слесаря в цехе или мастерской. Она должна быть не менее 1,92 м^2 при длине 1,2 м и ширине 1,6 м, для того чтобы слесарь мог без помех работать за тисками и на верстаке и свободно перемещаться во время работы. Рабочее место должно быть хорошо освещено как днем, так и в вечернее и ночное время, иначе будут затрудняться измерение и подгонка деталей на просвет.

Верстак следует располагать в близи окон. Свет от электрической лампы, установленной на рабочем месте, не должен попадать прямо в глаза работающему. Необходимо пользоваться передвижным светильником, снабженным защитным колпаком, так чтобы можно было направлять свет на обрабатываемый предмет в тисках или на верстаке.

При размещении инструмента на рабочем месте необходимо иметь в виду некоторые факторы, способствующие снижению напряженности двигательного аппарата и повышению производительности труда. Расположение предметов труда должно соответствовать содержанию и последовательности выполнения трудовых приемов. Предметы труда, которыми слесарь пользуется чаще, следует размещать ближе к нему. Легкие предметы размещают на оптимальной высоте, тяжелые – несколько ниже. Предметы, которые слесарь должен брать левой рукой, должны быть расположены слева от него, а предметы, которые слесарь должен брать правой рукой – справа. Если материалы и инструменты берут обеими руками, мате-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

риалы и инструменты следует размещать с той стороны, в которую во время работы обращен корпус работающего. На рабочем месте не должно быть предметов, не используемых в производственном процессе.

Большое значение имеет порядок хранения деталей и инструментов на рабочем месте. Рационально спроектированная рабочая мебель, учитывающая специфику выполняемой операции, требуемые размеры и число инструментов обеспечивают наиболее благоприятные условия выполнения трудовых движений. Благодаря правильной планировке рабочего места при выполнении трудовых движений можно обеспечить наиболее рациональные направления перемещения деталей и инструментов: по вертикали – вниз и от себя, а по горизонтали – радиально-круговые. При планировке рабочих мест должны быть предусмотрены оптимальные размеры проходов, создающих удобство в обслуживании этих мест. Рабочие места и вся площадь, на которой производится ремонт, должны быть хорошо освещены в любое время суток, когда выполняются работы.

На рабочем месте слесаря-ремонтника, обслуживающего объекты АПК и выполняющего ремонт и размещаются: верстаки для слесарных работ, подставки – деревянные решетки, на которых стоит слесарь при выполнении работы, зажимно-поворотное устройство, наждачно-шлифовальное устройство, настольно-сверлильный станок, стеллажи для хранения запасных частей.

Измерительные и поверочные инструменты размещаются отдельно от рабочего инструмента на специальной полочке или планшетке. Чертежи следует располагать на планшете-подставке, установленной на верстаке, на расстоянии, достаточном для их чтения.

К организации рабочего места слесаря предъявляются определенные требования.

1. Верстак должен быть прочным и устойчивым. Столешница (крышка) верстака должна быть ровной и покрыта по всей плоскости листовой сталью, стеклотекстолитом или линолеумом, а кромки закрыты угловой сталью или деревянными рейками. На каждом верстаке обязательно устанавливают сменный (убирающийся) сетчатый экран для защиты работающего рядом от осколков, отлетающих во время рубки.

2. Параллельные тиски поворотного типа должны быть прочно и надежно укреплены на верстаке. В сжатом положении губки должны быть расположены параллельно и находятся на одном уровне. Накладные губки прочно закреплены, хорошо закалены и иметь четкую насечку для надежного закрепления детали.

3. Рабочие места должны иметь хорошее индивидуальное освещение. Свет должен падать на обрабатываемый предмет, а не на лицо работающего. Желательно, чтобы свет был рассеянным и не создавал бликов, мешающих работать.

4. Местное освещение на рабочем месте должно иметь исправную передвижную арматуру с защитным плафоном для направления света на обрабатываемую деталь и плоскость верстака. Напряжение питания светильника местного освещения не должно превышать 36 В.

5. Рабочий и контрольно измерительный инструмент должен быть расположен в ящике верстака в строго определенном порядке.

Пример расположения инструмента показан на рис. 2.3. Крупный инструмент помещается на дне ящика в перегороженных отделениях, а мелкий – на подвижном щитке. Нельзя хранить инструмент навалом. Это приводит к его порче и, кроме того, к потере времени на поиски требуемого инструмента.

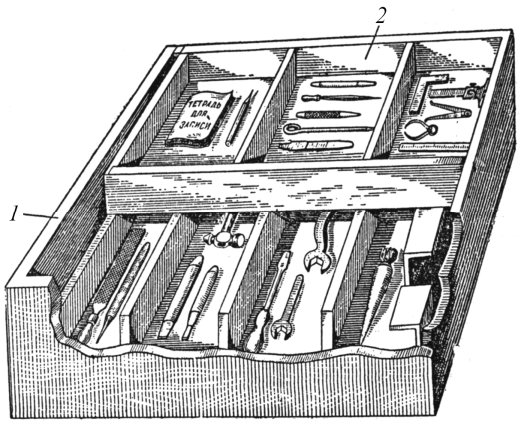


Рис. 2.3. Ящик с инструментами: *1* – выдвижной верстачный ящик с расположенным в нем крупным инструментом; *2* – выдвижной щиток в верстачном ящике с мелким инструментом

Перед тем как начать работу, слесарь должен провести на рабочем месте такую подготовку, которая обеспечит бесперебойную и высокопроизводительную работу в течении всей смены. С этой целью он сначала знакомится с чертежом, намечает порядок обработки, определяет, какие инструменты, приспособления и материалы нужны для работы, согласовывая с

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

мастером неясные вопросы. После этого слесарь доставляет к себе на верстак полученные заготовки и материал. Получает в инструментальной кладовой недостающий инструмент. Все подготовленное к работе он раскладывает на верстаке в определенном порядке по общепринятому правилу, рис. 2.4:

- то, что приходится брать правой рукой, располагают справа;
- то, что приходится брать левой рукой, располагают слева;
- то, что нельзя взять одной рукой, располагают так, чтобы было удобно взять обеими руками;
- то, чем приходится пользоваться часто, надо положить ближе;
- то, чем приходится пользоваться реже, следует положить дальше;
- контрольный и измерительный инструмент располагают на специальных полочках или щитках.

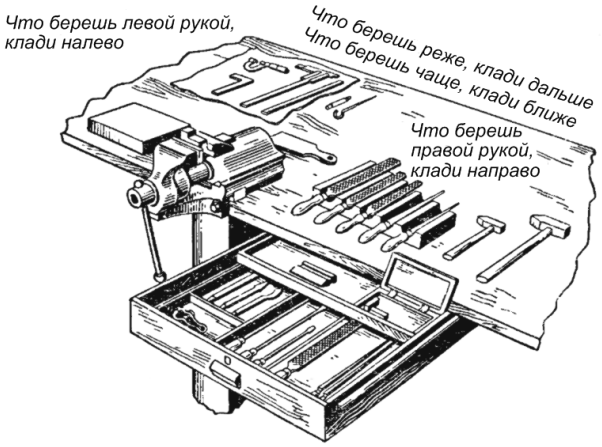


Рис. 2.4. Расположение инструмента на слесарном верстаке

Выполняя заданную работу, слесарь должен строго соблюдать дисциплину труда, требования техники безопасности, проявлять высокую культуру труда. Использовав тот или иной инструмент, необходимо тут же положить его на место. Нельзя класть инструмент на инструмент или на какие-либо предметы, рис.2.5. Зажимая в тисках обрабатываемые детали, ни в коем случае не следует ударять молотком или другими предметами по ручке тисков. Точно так же не допускается надевать трубки на ручку тисков для усиления зажима. Не измерять нагревшиеся во время обработки детали. Во время работы не делать лишних и не нужных движений, без которых можно обойтись – этим сберегаются время и силы. Не отлучаться без надобности от рабочего места. Постоянно поддерживать порядок и чистоту на рабочем месте.

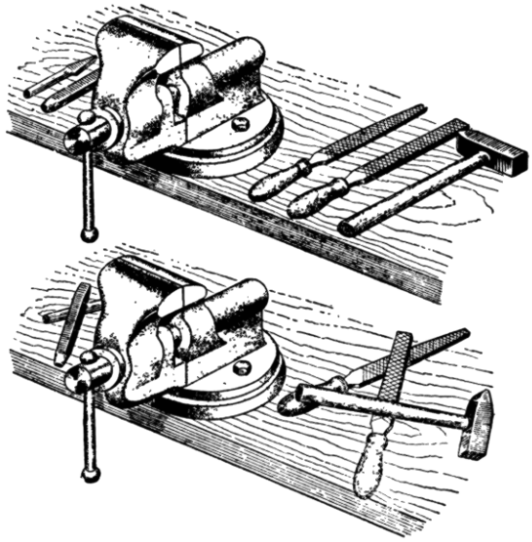


Рис. 2.5. Правильное и неправильное расположение инструмента

Высота установки тисков, как уже указывалось, должна быть подогнана по росту работающего. При необходимости работать сидя пользуются подъемным сидением верстака или же ставят табурет с регулируемым по высоте сидением.

По окончании работы слесарь должен сдать всю изготовленную продукцию, привести в порядок инструменты, приспособления и механизмы. Рабочий инструмент следует очистить от стружки и обтереть сухой мягкой ветошью; контрольно-измерительный инструмент сначала вытирают сухой мягкой ветошью, а затем протирают слегка промасленной мягкой ветошью. Свой постоянный инструмент слесарь укладывает в верстачный ящик и раскладывает по местам, взятый во временное пользование – сдает в инструментальную кладовую.

Уборка рабочего места должна производиться тщательно; щеткой сметают с верстака и с тисков опилки, стружки и мусор, удаляют отходы (если они имеются) в отведенное для них место, обтирают ветошью тиски. Один раз в неделю обтирают досуха ходовой винт и гайку тисков, затем их смазывают консистентной смазкой. В нерабочем состоянии губки тисков не должны плотно смыкаться, между ними оставляют зазор в 2-3 мм. Уходя с работы, нельзя оставлять невыключенным освещение.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

2.2 Рабочее место слесаря

2.2.1 Слесарный верстак

Рабочим местом слесаря называется участок цеха или мастерской со всем находящимся на нем машинным и иным оборудованием, устройствами, инструментами и принадлежностями, отведенный для выполнения определенных операций.

Слесарный верстак является одним из основных видов оборудования рабочего места для выполнения ручных работ и представляет собой специальный стол, на котором выполняют слесарные работы. Он должен быть, как уже отмечалось выше, прочным и устойчивым. Каркас верстака – сварной конструкции из стальных труб, стального профиля (уголка). Крышку (столешницу) верстака изготовляют из досок толщиной 50-60 мм (из твердых пород дерева). Столешницу в зависимости от характера выполняемых на верстаке работ покрывают листовой сталью толщиной 1-2 мм, линолеумом или стеклотекстолитом, а кругом окантовывают бортиком, чтобы с нее не скатывались детали.

Под столешницей верстака находятся выдвижные ящики (не менее двух), разделенные на ряд ячеек для хранения в определенном порядке инструментов, мелких деталей и документация.

Слесарные верстаки бывают одно- и многоместными. Одноместные (рис. 2.6, *а*) имеют длину 1000-1200 мм, ширину 700-800 мм, высоту 800-900 мм. Многоместные – длину в зависимости от числа работающих, а ширину и высоту – те же, что и одноместные верстаки. Наиболее удобны и более широко применяются одноместные верстаки.

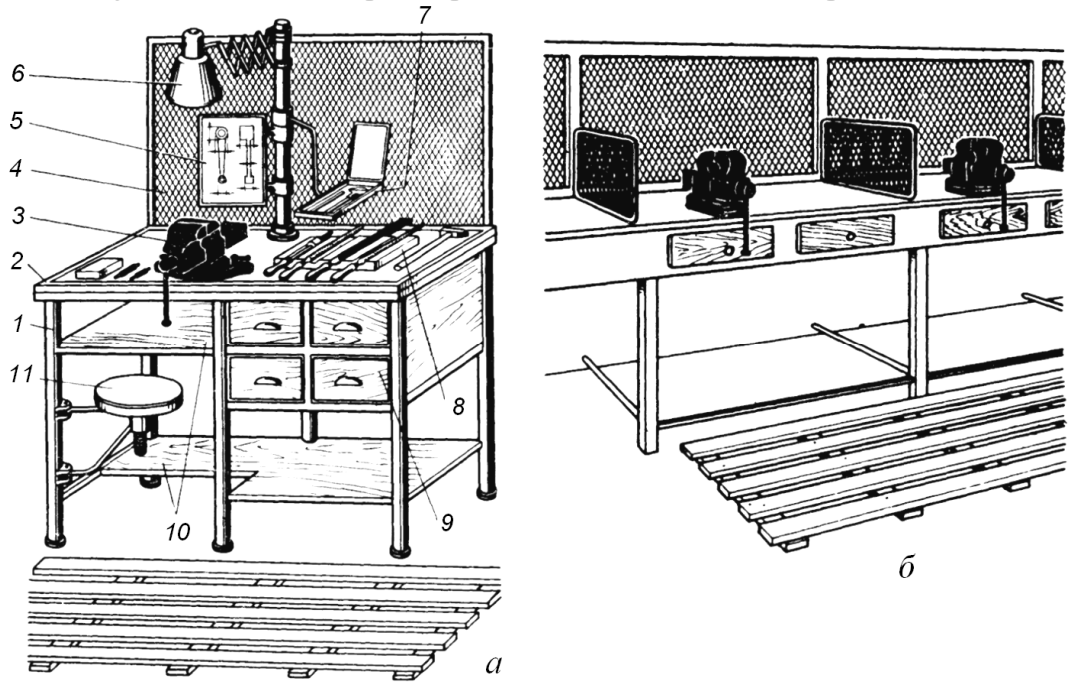


Рис. 2.6. Слесарные верстаки с поворотными тисками: *а* – одноместный; *б* – многоместный; *1* – каркас; *2* – столешница; *3* – тиски; *4* – защитный экран; *5* – планшет для чертежей; *6* – светильник; *7* – полочка для инструмента; *8* – планшет для рабочего инструмента; *9* – ящики; *10* – полки; *11* – сиденье

Многоместные слесарные верстаки (рис. 2.6, *б*) имеют существенный недостаток: когда один рабочий выполняет точные работы (разметку, опиливание, шабрение), а другой в это время производит рубку или клепку, то в результате вибрации верстака нарушается точность работ, выполняемых первым рабочим.

Слесарный верстак (рис. 2.6, *а*), применяемый при ремонтно-слесарных работах, состоит из металлического каркаса *1*, верстачной доски (столешницы) *2*, защитного экрана

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

(металлическая сетка с очень мелкой ячейкой или органическое стекло) *4*. На верстаке располагают тиски *3 с* параллельными губками, планшет *5* для размещения чертежей, светильник *6*, кронштейн с полочкой *7* для измерительного инструмента, планшет *8* для рабочего инструмента.

Под столешницей имеются четыре ящика *9 с* отделениями для хранения инструмента и две полки *10* для хранения деталей и заготовок. К ножке верстака крепится откидное сиденье *11*.

Для работы механизированным инструментом к верстаку подводятся силовая электрическая линия и магистраль сжатого воздуха.

Для выполнения слесарных работ в мастерской, непосредственно у сельхозмашин, широко применяют передвижные (на роликах) верстаки, рис. 2.7. Когда слесарю приходится перемещаться по фронту работы, он пользуется таким верстаком.

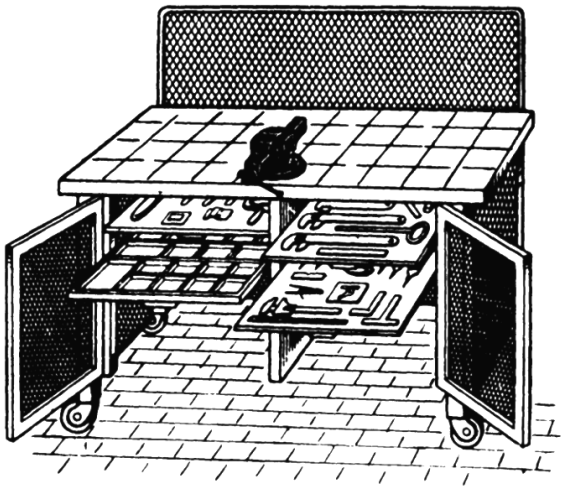


Рис. 2.7. Передвижной верстак

При выполнении слесарных работ часто находят применение ящики с набором слесарного инструмента (рис. 2.8, *а*), а также инструментальные мягкие сумки, рис. 2.8, *б*.

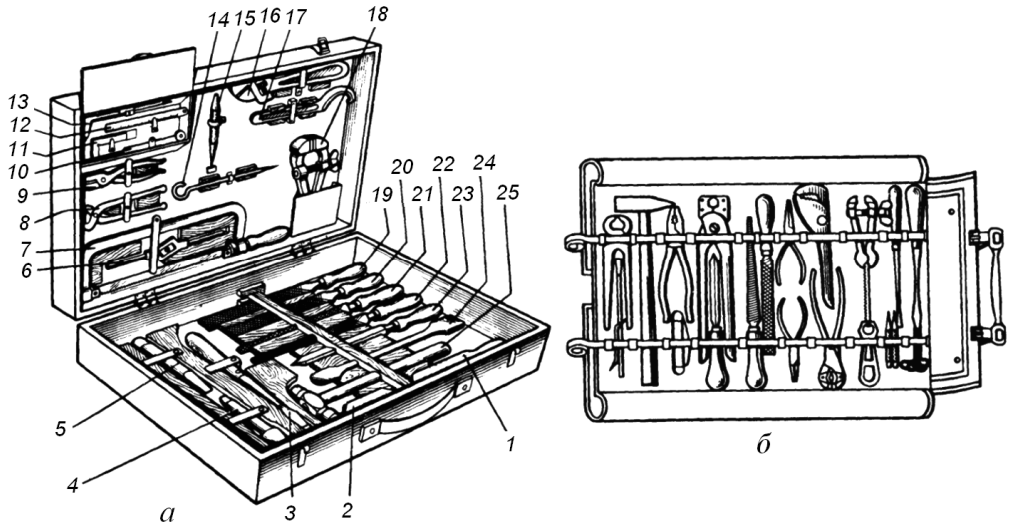


Рис. 2.8. Ящик с набора слесарных инструментов (*а*) и мягкая инструментальная сумка (*б*): *1* – щетка, *2* – скребок для очистки напильников, *3* – отвертка, *4* – крейцмейсель, *5* – зубило, *6* – раздвижной вороток для метчиков, *7* – ножовка, *8* – клещи, *9* – плоскогубцы, *10* – разметочный циркуль, *11* – угольник 90°, *12* – линейка, *13* – штангенциркуль, *14* – чертилка, *15* – кернер, *16* – раздвижной ключ, *17* – накидной ключ для круглых гаек, *18* – ручные тиски, *19* – плоский драчевый напильник, *20*, *22* – плоский и круглый личинке напильники, *21* – трехгранный напильник, *23*, *24* – шаберы, *25* – молоток

1.2.2. Тиски

При выполнении большинства слесарных работ необходимо прочно закреплять обрабатываемую заготовку. Для этой цели на слесарном верстаке устанавливают специальное зажимное приспособление – слесарные тиски, рис. 2.9. В зависимости от характера выполняемой работы используют стуловые или параллельные тиски. В слесарном деле наиболее употребимы тиски параллельные.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

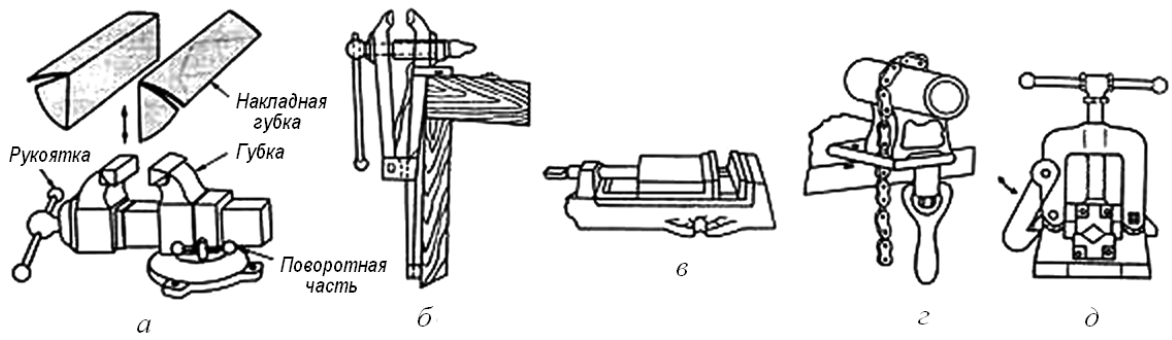


Рис. 2.9. Тиски: *а* – параллельные; *б* – стуловые; *в* – машинные; *г* – цепные; *д* – трубные

Установка тисков без учета роста работающего значительно тормозит формирование навыков правильного выполнения работы, снижает производительность труда, увеличивает утомляемость. Оптимальная высота тисков при опиливании – 102 см над уровнем пола (при росте работающего 168 см). Отступление от этого значения приводит к уменьшению количества снимаемого с заготовки металла. Это объясняется следующим.

При низком расположении тисков предплечье образует с плечом тупой угол, мышцы предплечья сильно напрягаются, движение затрудняется, нарушается равномерность нажима правой и левой руками, спина сгибается, рис. 2.10, *а*. Так как при согнутой спине положение работающего неустойчиво, то он, сохраняя равновесие, наклоняется вперед и усиливает нажим левой рукой. Это вызывает «завал» левого края обрабатываемой заготовки.

При высоком расположении тисков предплечье и плечо образуют острый угол, рис. 2.10, *б*. В этом случае условия работы еще хуже, так как передача усилия резания от плеча к инструменту требует особого напряжения, что часто бывает не под силу учащемуся и молодому рабочему: усилие передается больше правой рукой, что приводит к «завалам» правого края.

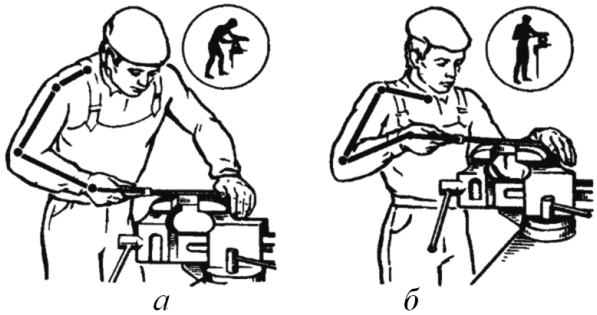


Рис. 2.10. Выбор высоты тисков по росту работающего: *а* – низкое расположение тисков; *б* – высокое расположение тисков

Правильность установки тисков на верстаке определяется каждым работником по его росту, рис. 2.11, *а*. При установке тисков встают перед ними прямо, не сгибаясь, ставят на губки тисков сверху локоть согнутой и прижатой к груди руки и распрямляют пальцы, при правильной установке тисков пальцы должны коснуться подбородка.

При стуловых тисках согнутая в локте левая рука, поставленная на губки тисков, касается подбородка согнутыми в кулак пальцами, рис. 2.11, *б*.

Угол (между плечом и предплечьем) при работе напильником или ножовкой должен составлять 90°, рис. 2.11, *в*

При высоком росте работающего тиски устанавливаются на деревянных подкладках соответствующей высоты. При малом росте работающего применяются подножные решетки, убираемые каждый раз по окончании работы под верстак. Надобность в подставках и подкладках отпадает, если сами верстаки имеют устройство для регулирования их высоты.

Стуловые тиски (рис. 2.9, *б*) в настоящее время почти не применяются. Стуловые тиски состоят из неподвижной и подвижной губок. Неподвижная губка имеет удлиненную ногу с приклепанными к ней двумя пластинками, между которыми помещена на оси подвижная губка. Губки разводятся и сводятся посредством зажимного винта. Винт, проходящий через продолговатое отверстие подвижной губки, ввертывается в трубчатую гайку, прочно закрепленную в отверстии неподвижной губки. Вращают винт ручкой, вставленной в отверстие его головки. Ручка входит в отверстие головки свободно, ее можно выдвигать в ту или другую сторону.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Стуловые тиски изготовляют из низкоуглеродистой стали. Для повышения твердости рабочих частей губок и увеличения прочности зажима в них обрабатываемых предметов на эти рабочие части наваривают слой более твердой инструментальной стали или на винтах ставят закаленные пластинки из инструментальной стали.

Рабочие поверхности губок насекаются крестообразной насечкой и закаливаются. Крепление стуловых тисков к верстаку показано на рис. 2.12, *а*. Лапа неподвижной губки крепится к верхней доске верстака глухарями или болтами с гайками.

Достоинство стуловых тисков заключается в их прочности, которая дает возможность выполнять в этих тисках тяжелые слесарные работы, например удаление рубкой толстых слоев металла, правку и гибку толстого материала, холодную и горячую клепку и т.п.

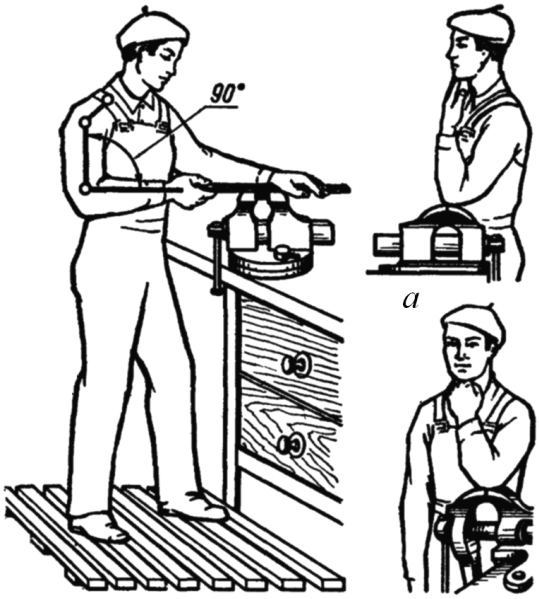


Рис. 2.11. Установка тисков по росту: *а* – параллельные тиски; *б* – стуловые тиски; *в* – для опиливания

Недостаток стуловых тисков заключается в том, что насеченные поверхности губок при разведении не остаются параллельными между собой. Получается так, что узкие предметы зажимаются только верхней частью губок, а широкие – только нижней (рис. 2.12, *б*), в результате чего снижается прочность зажима.

Кроме того, крепление стуловых тисков к верстаку при работе постепенно ослабевает, поэтому приходится время от времени подтягивать болты. Наконец, у стуловых тисков резьба зажимного винта постоянно засоряется опилками и грязью, вследствие чего быстро изнашиваются и винт и гайка.

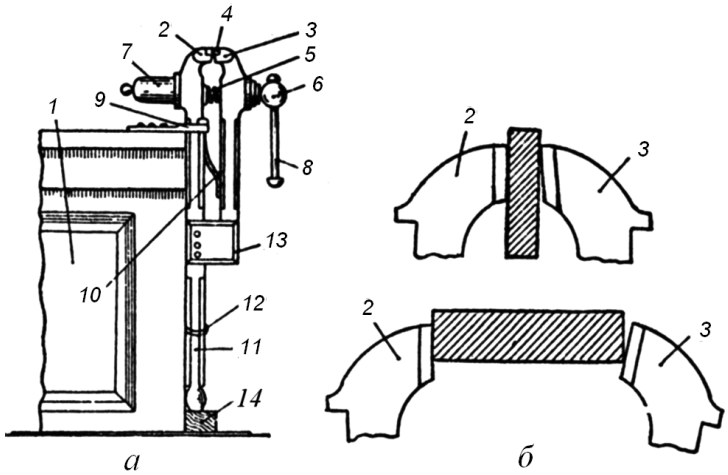


Рис. 2.12. Стуловые тиски: *а* – крепление стуловых тисков к верстаку; *б* – зажимание деталей губками тисков; *1* – верстак; *2* – неподвижная губка; *3* – подвижная губка; *4* – наварные губки; *5* – зажимной винт; *6* – головка зажимного винта; *7* – зажимная гайка; *8* – ручка; *9* – лапа для крепления тисков к верстаку; *10* – пружина; *11* – удлиненная нога неподвижной губки; *12* – скоба для крепления ноги к ножке верстака; *13* – крепление подвижной губки; *14* – подкладка для упора ноги тисков

Параллельные тиски бывают двух видов: неподвижные и поворотные. Параллельными они называются потому, что их подвижная губка при раскрывании тисков перемещается параллельно неподвижной губке во всех положениях.

На рис. 2.13 показаны поворотные тиски. В корпусе неподвижной губки имеется сквозной прямоугольный вырез, в котором помещена гайка зажимного винта. В вырез входит пря-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

моугольный со сквозным отверстием призматический хвостовик подвижной губки. Зажимной винт, пропущенный через отверстие корпуса подвижной губки, закреплен стопорной планкой. При вращении зажимного винта ручкой в ту или другую сторону он будет ввинчиваться в гайку или вывинчиваться из нее и соответственно перемещать подвижную губку. Последняя, приближаясь к неподвижной губке, будет зажимать обрабатываемый предмет, а удаляясь – отпускать.

Неподвижная губка тисков соединена с плитой-основанием болтом. Вокруг болта и происходит круговое движение тисков. Закрепление тисков в требуемом положении производится болтом и гайкой, помещенной в круговой Т-образной выточке плиты.

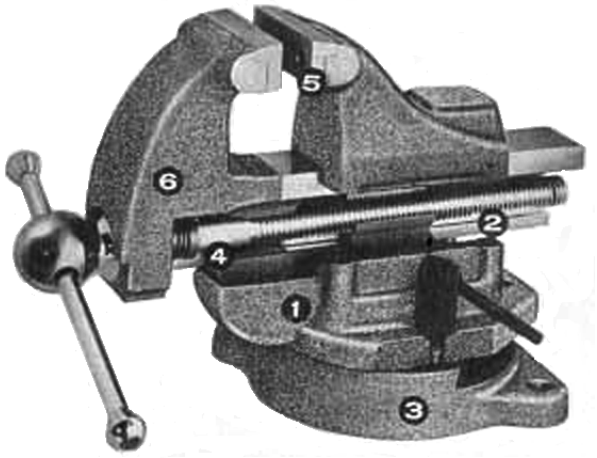


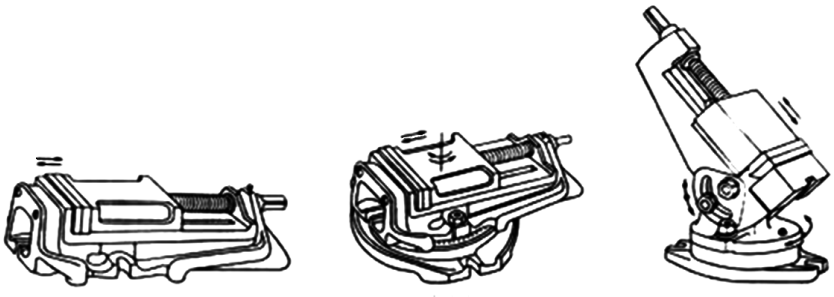
Рис. 2.13. Параллельные поворотные тиски: *1* – поворотная часть тисков; *2* – направляющая призма (хвостовик) подвижной губки; *3* – основание тисков (плита с лапками); *4* – зажимной винт; *5* – неподвижная губка; *6* – подвижная губка

Изготовляют параллельные тиски из серого чугуна. Для увеличения их срока службы к рабочим частям губок прикрепляются винтами стальные (из инструментальной стали У8) закаленные пластинки с крестообразной насечкой. Размеры тисков определяются шириной их губок, которая колеблется в пределах от 60 до 150 мм. Масса тисков – соответственно от 3 до 50 кг.

Параллельные тиски являются приспособлением, требующим за собой тщательного ухода и бережного отношения. Так, не рекомендуется зажимать широкие детали на очень большое раздвижение губок, так как это вызовет искривление ходового винта, а, следовательно, ускоренный износ тисков. Слесарю всегда надо стараться зажать деталь так, чтобы оставалось еще около трети невывинченного винта.

Несмотря на достоинство тисков с параллельными губками, заключающего в прочном креплении к верстаку, они имеют недостаток – малую прочность губок. Поэтому для тяжелых работ эти тиски непригодны.

Машинные тиски применяются для закрепления деталей при сверлении отверстий на сверлильных станках. Машинные тиски могут быть неповоротные, поворотные и поворотные в двух плоскостях, рис. 2.14.



а *б* *в*

Рис. 2.14. Машинные тиски: *а* – неповоротные; *б* – поворотные; *в* – поворотные в двух плоскостях

Специальные тиски (рис. 2.15) находят широкое применение благодаря удобству и точности крепления. В этих тисках зажимают поршни, а также короткие цилиндрические детали диаметром от 80 до 165 мм.

Ручные тиски применяют для закрепления мелких деталей (заготовок) при опиливании либо при сверлении, так как их неудобно или опасно держать в руках.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Тиски изготовляют двух типов: тиски с пружиной и шарнирным соединением с шириной губок 36; 40 и 45 мм и наибольшим раскрытием губок – 29, 30 и 40 мм (рис. 2.16, *а*) и для мелких работ с шириной губок 6, 10 и 15 мм, рис. 2.16, *б*. Применяются также другие конструкции тисков. При опиливании фасок или наклонных поверхностей используются угловые (косогубые) тиски, рис. 2.16, *в*.

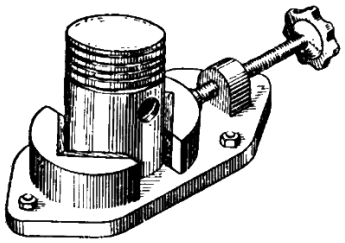


Рис. 2.15. Специальные тиски

При работе ручные тиски держат в руке или же их неподвижную губку зажимают в параллельных слесарных тисках, рис. 2.16, *г*.

Приспособления к тискам. В тисках не всегда можно зажать любую деталь, особенно при опиливании металла, поэтому слесарю приходится обзаводиться мелкими дополнительными приспособлениями.

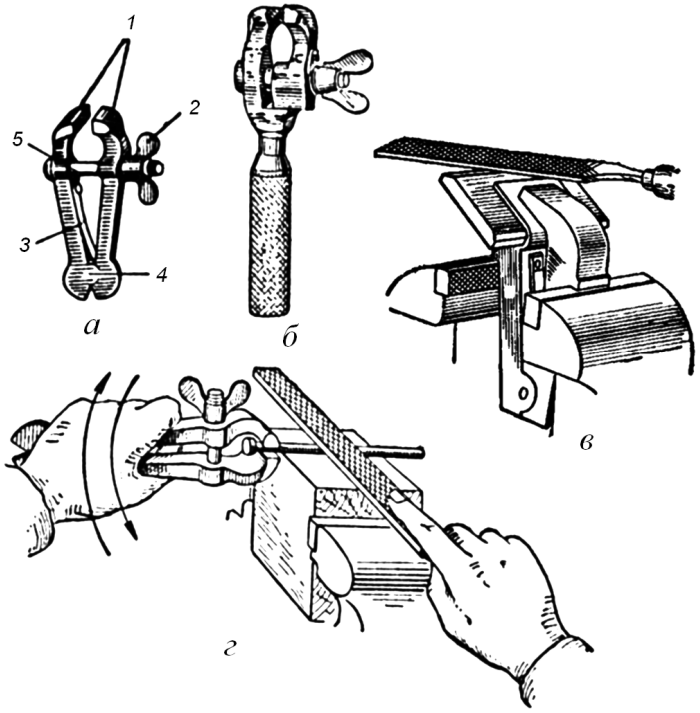


Рис. 2.16. Ручные тиски: *а* – обычные; *б* – малые (ювелирные); *в* – угловые; *г* – опиловка штифта, зажатого в ручных тисках; *1* – губки, *2* – барашек, *3* – пружина, *4* – шарнир, *5* – соединительный болт

Например, для зажима в тиски чисто обработанных поверхностей применяют накладные губки из красной отожженной меди (рис. 2.17), которые предохраняют обработанную поверхность от следов насечки стальных щечек губок тисков. Нужно иметь ввиду, что эти губки следует периодически, время от времени, отжигать, так как от постоянного зажимания они твердеют и начинают оставлять следы на изделии. Для полированных поверхностей применяют деревянные губки. Для опиловки узких и длинных клиньев применяют приспособление в виде корытца, изготовленного из угловой стали, рис. 2.17.

Зажим деталей со скошенными поверхностями значительно облегчается применением губки с приваренным куском низкоуглеродистой стали клинообразной формы, рис. 2.18. Такая губка хороша тем, что перемещением ее в ту или другую сторону поперек тисок можно регулировать равномерное зажатие клина с любым наклоном скошенной плоскости.

При работах с различного рода валиками, винтами и другими деталями, имеющими цилиндрическую поверхность, применяют деревянные или железные зажимы, рис. 2.18. Практика и некоторая сообразительность работающего подскажет ему устройство того или иного приспособления для зажима тех деталей, которые ему придется обрабатывать.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

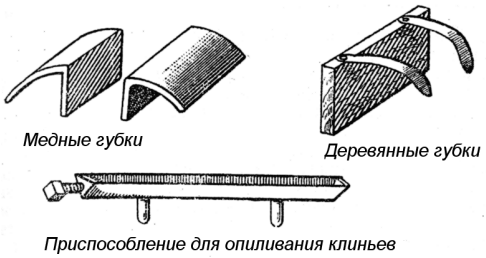


Рис. 2.17. Медные и деревянные губки, клиновое приспособление

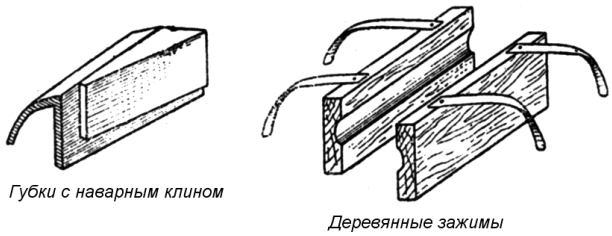


Рис. 2.18. Губки с наварным клином и деревянные зажимы для круглых деталей

2.3 Слесарный и контрольно измерительный инструмент слесаря-ремонтника

2.3.1 Рабочий инструмент слесаря

Инструмент, которым слесарь пользуется особенно часто, должен быть всегда под его рукой и находится в верстачном ящике. Такой инструмент (его принято называть ходовым) слесарь обычно получает в постоянное пользование с отметкой в инструментальной карточке рабочего. Инструмент, к которому прибегают только в отдельных случаях, слесарь берет из инструментальной кладовой (инструменталки) во временное пользование. После окончания работы он возвращает инструмент обратно.

К инструментам и принадлежностям, которые слесарь должен иметь постоянно на своем рабочем месте, относятся: молотки, зубила, крейцмейсели, напильники, шаберы, отвертки, гаечные ключи, абразивные бруски, рис. 2.19.

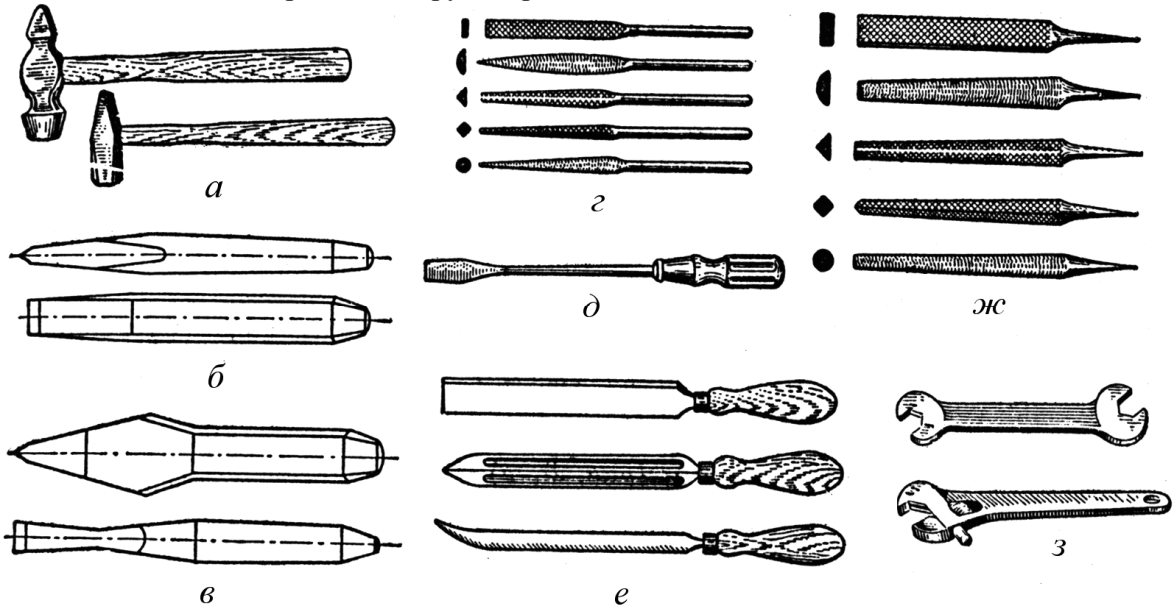


Рис. 2.19. Набор ходового рабочего инструмента слесаря: *а* – молоток с круглым бойком (вверху) и молоток с квадратным бойком (внизу); *б* – зубило; *в* – крейцмейсель; *г* – надфили (мелкие напильники); *д* – отвертка; *е* – шаберы; *ж* – напильники; *з* – рожковый ключ (вверху) и разводной ключ (внизу)

Молотки. Изготовляют молотки из углеродистой стали У7-У8, их рабочие концы (боек и носок) подвергают закалке и полируют. Все молотки состоят из трех основных частей – го-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ловки, ручки и соединяющего их узла крепления. В головке молотка можно выделить три части (рис. 2.20): боек, тело и носок. В теле имеется овальное отверстие (всад), в котором надежно фиксируется ручка.

Каждая часть головки молотка испытывает свою определенную нагрузку, поэтому они имеют разные твердости: боек – 52-58 HRC на глубину до 3 мм, тело вокруг всада – 35 HRC, носок – 46 HRC. При производстве стальных высококачественных молотков обязателен технологический процесс ковки, придающий однородность структуре металла, что повышает прочность и износостойкость головки.

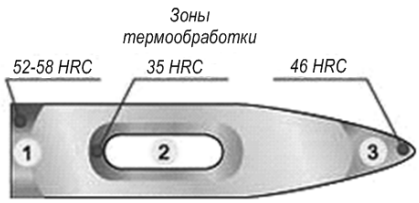


Рис. 2.20. Стальная головка молотка общего назначения: *1* – боек; *2* – всад; *3* – носок

Наиболее распространены молотки общего назначения. Они различаются по массе стальных головок, табл. 2.1. По форме головок (рис. 2.21) эти молотки делятся на:

- германский тип, к этому типу относится большая часть слесарных молотков;
- французский тип, появился в России недавно, но специалисты считают, что этот тип наиболее пригоден для выполнения точных ударов носком;
- британский тип, на российском рынке появился недавно; круглая форма его носка позволяет эффективно выполнять целый ряд работ;
- американский тип, известен в России давно, но менее распространен по сравнению с германским типом.

Рис. 2.21. Молотки общего назначения: *а* – германский тип; *б* – французский; *в* – британский; *г* – американский

Таблица 2.1 **Масса головок различных молотков**

Вид молотка	Масса головок, г
Общего назначения	50; 100; 200; 300; 400; 500; 600; 800; 1000; 1500; 2000
Из цветных металлов	200, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000
Резиновые	300; 500; 600, 1000

Молотки из цветных металлов (рис. 2.22) применяются преимущественно при монтажно-демонтажных работах, когда недопустимы повреждения и деформации деталей и при работе в помещениях с взрывоопасной средой (при ударе по стальным поверхностям исключается образование искры). Головки таких молотков медные, свинцовые или алюминиевые. Форма головок прямоугольная или цилиндрическая.

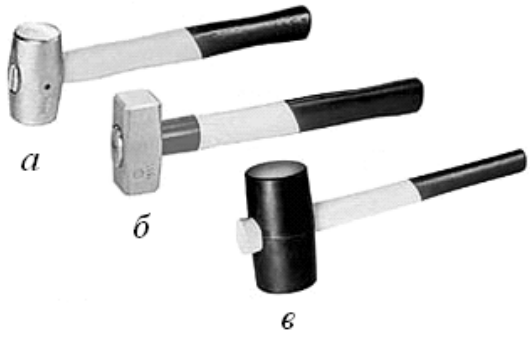


Рис. 2.22. Молотки из цветных металлов и резины: *а* – свинцовый; *б* – медный; *в* – резиновый

Молотки из резины используются для работ с тонким листовым металлом, когда нежелательны следы от инструмента на месте удара. Чаще всего они имеют головки цилиндрической формы с плоскими бойками. Производят

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

их из резины различной твердости. Редко, но встречаются молотки из белой резины, не оставляющие темных пятен на месте удара.

Молотки из пластических масс (рис. 2.23) имеют то же назначение, что и резиновые молотки. Инструмент изготавливается или целиком из пластмассы (монолитные молотки), или имеет традиционную конструкцию (пластмассовая головка и деревянная ручка). Материалом для производства этих молотков служат нейлон, полиуретан и ацетилцеллюлоза.

Деревянные молотки (киянки) (рис. 2.24) применяются для работ с листовым металлом и для сборочных операций. Головки киянок изготавливаются из твердых пород дерева (бука или граба) и имеют цилиндрическую или прямоугольную форму. Поверхности бойков у киянок плоские.

Рис. 2.23. Молотки из пластических масс: *а* – целиком из пластмассы; *б* – с деревянной рукояткой

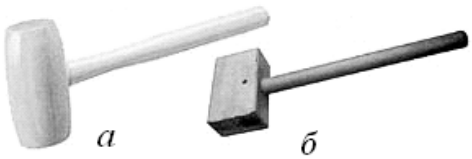


Рис. 2.24. Молотки из дерева (киянки) с круглой (*а*) и прямоугольной (*б*) головками

Молотки со сменными бойками (рис. 2.25) позволяют выбирать вид бойка, необходимый для данной операции. Существующие конструкции по способу крепления бойков в головке можно разделить на два типа:

- молотки с зажимаемыми бойками – сменные бойки из меди, пластмасс, дерева и т.п. имеют диаметр 1,25" (32 мм), 1,5" (38 мм), 1,75" (44 мм), 2" (50 мм) и 22,25" (70 мм);
- молотки с резьбовым креплением бойков. Этот тип фиксации менее надежен, чем зажим, поэтому для изготовления бойков этих молотков применяют только пластмассы. Сменные бойки из пластмасс выпускают трех классов твердости.

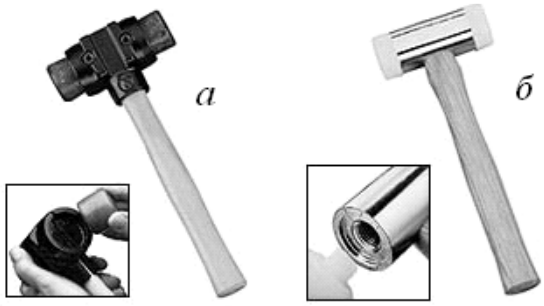


Рис. 2.25. Молотки со сменными бойками: *а* – молоток с зажимными бойками; *б* – молоток с резьбовым креплением бойка

Безотбойные молотки (рис. 2.26) после удара не отскакивают, что предотвращает случайный повторный удар по обрабатываемому предмету. У них пустотелая головка, в которую насыпаны мелкие стальные шарики или свинцовая дробь. Некоторые модели молотков имеют сменные пластмассовые бойки. Эти инструменты различаются по массе всего молотка (а не только головки, как для всех остальных молотков) и диаметру бойков, табл. 2.2.

Рис. 2.26. Безотбойный молоток

Ручка молотка должна иметь высокую механическую прочность и хорошо поглощать возникающие при ударах вибрации. Последнее особенно важно в связи с тем, что их постоянное воздействие на руку вызывает не только неприятные ощущения, но и приводит к профессиональным заболеваниям.

Деревянные ручки обладают неплохой механической прочностью и хорошо гасят вибрации. Производят их из различных твердых лиственных пород дерева, обладающих прочной тонкослойной структурой и устойчивостью к усыханию. Для этого пригодны бук, граб, кизил, ясень и рябина, но лучшим по всем показателям является американский орешник «гикори». Для высококачественного инструмента изготавливают деревянные ручки, имеющие только эргономическую форму.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.2 **Основные характеристики безотбойных молотков**

Вес молотка, г	280	400	550	700	850	1000	1650
Диаметр бойка, мм	25	30	35	40	45	50	60

Высококачественные молотки имеют на ручке предохранительный «воротничок» из стали или из ударопрочной пластмассы, рис. 2.27. Он предохраняет ручку от поломки или сколов при случайном промахе.

Синтетические ручки делают в основном из стеклопластика (стекловолокно, пропитанное эпоксидными смолами). Стеклопластик «фиберглас» по прочности в 10 раз выше любой древесины. Кроме того, он обладает достаточной способностью поглощать вибрации, хорошо обрабатывается, устойчив к воздействию масел, бензина и растворителей, а также не гниет и не усыхает.

Рис. 2.27. Предохранительный «воротничок» на деревянной ручке молотка

Стальные ручки у слесарных молотков встречаются редко из-за низкой способности поглощать вибрации. Молоток может быть выкован из одной заготовки, однако больше распространены конструкции, в которых головка закреплена на стальной трубчатой ручке.

Рис. 2.28. Эргономичный объемный резиновый (пластмассовый) чехол на ручке из стеклопластика или стали

Ручки из стеклопластика и стали всегда имеют эргономичный объемный резиновый или пластмассовый чехол (рис. 2.28).

Соединительный узел предназначен для прочного и надежного крепления головки молотка на ручке. Угол между продольными осями головки и ручки должен составлять ровно 90° (для обеспечения точности наносимых ударов). Используется несколько типов крепления головки (рис. 2.29):

- расклинивание одним или несколькими металлическими клиньями, которые забиваются в торец ручки. Клин имеет обратные зазубрины (заершен), препятствующие его выходу из ручки. Часто клину придают сложную (в сечении) форму;
- применение крепежных элементов. Полый конусообразный клин, «заершенный» по его внешней поверхности, забивают в ручку. В ее торец сквозь клин (по его центру) вворачивают длинный шуруп со стягивающей шайбой;
- крепление ручки «на протяг». Деревянная ручка имеет коническое расширение на одном конце, максимальный диаметр которого больше размера всада. Ручка протягивается тонким концом через головку молотка до расширения и заклинивается в ней.

Рис. 2.29. Типы крепления ручки в головке молотка: *а* – расклиниванием одним клином; *б* – набором крепежных элементов; *в* – «на протяг»

В слесарной практике наиболее часто применяются два типа молотков – с круглым бойком и с квадратным бойком (американский и германский тип) насаженные на ручки из дерева твердых пород (бук, береза, клен, кизил, рябина), причем длина ручки зависит от массы молотка:

Вес молотка, г	400-500	600	800
Длина ручки, мм	350	380	430

Для прочного закрепления на ручке молоток заклинивают либо деревянным клином на клею, либо металлическим клином с ершами, рис.2.30. Ручка должна быть овальной, а не круглой, конец ручки делают в полтора раза толще, чем около отверстия молотка. При работе молоток держат правой рукой за ручку, обхватывая ее на расстоянии 15-30 мм от свободного конца.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Кувалды, как и молоток, состоят из головки, ручки и узла крепления. Кувалда является усиленным ударным инструментом по сравнению с молотком. Ее применение резко повышает энергию наносимого удара как за счет увеличенной массы головки кувалды, так и за счет большей длины ручки. Головки всех кувалд изготавливаются из стали, а технология их производства аналогична технологии производства молотков. Чаще всего головка кувалды имеет прямоугольную или граненую форму, а ручка деревянная или из фибергласа. Кувалды производятся двух типов: с короткой и с длинной ручками, рис. 2.31.

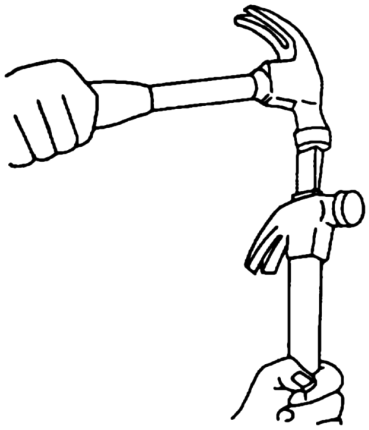


Рис. 2.30. Заклинивание молотка на ручке деревянным клином

Кувалда с короткой ручкой применяется для ручной рубки металла, при демонтажных работах и т.п., где нужен сильный, резкий и точный удар, чего не обеспечивает молоток. Кувалда с длинной ручкой используется для нанесения особо сильных ударов, например при разрушении стен строений, при забивании костылей, других крепежных элементов и т.п. Размеры выпускаемых кувалд приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3 **Характеристика кувалд**

Кувалда с короткой ручкой						
Масса головки, г	800	1000	1250	1500	2000	—
Длина ручки, мм	260	260	260	280	300	—
Кувалда с длинной ручкой						
Масса головки, г	3000	4000	5000	6000	8000	10000
Длина ручки, мм	600	700	800	800	900	900

Зубило (рис. 2.32) применяется для удаления рубкой слоя металла с поверхностей обрабатываемых деталей, для разрубки на части заготовок, для изготовления заготовок из листового металла, для обрубки заусенцев, приливов, литников и т.п.

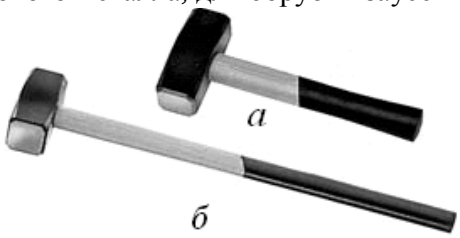


Рис. 2.31. Кувалды с короткой (*а*) и длинной (*б*) ручками

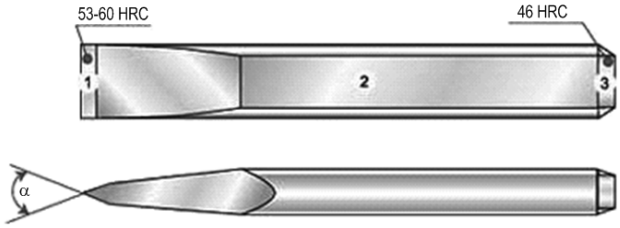


Рис. 2.32. Зубило: а – угол заточки лезвия; *1* – рабочая часть; *2* – тело; *3* – затыльник

Зубило относится к ударно-режущему инструменту. В нем различают три части – рабочую, среднюю (тело зубила) и ударную часть, заканчивающуюся затыльником. Рабочая часть зубила имеет вид клинообразной лопатки, на конце которой заточены две пересекающиеся под определенным углом грани. Острое ребро, образованное пересечением этих граней, называется режущей кромкой. Средняя часть зубила имеет закругленные боковые стороны. Ударная часть зубила, обычно, оттянута в виде усеченного конуса с округленным верхним основанием.

Зубила изготовляют из углеродистой инструментальной стали марки У7А; их рабочая часть на длине около 30 мм закаливается и затем подвергается отпуску. Ударная часть зубила также закаливается на длине около 15 мм, твердость этой части несколько ниже твердости рабочей части.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Зубила имеют различные углы заточки лезвия, зависящие от твердости обрабатываемого металла, табл. 2.4. Для повышения стойкости режущая кромка зубила делается слегка притупленной (скругленной или трапециевидной). Длина зубил и ее соотношение с шириной рабочей части стандартизированы, табл. 2.5.

Таблица 2.4 **Углы заточки лезвия зубила**

Обрабатываемый материал	Угол заточки
Чугун, бронза, сталь (твердая)	70°
Сталь (средней твердости)	60°
Медь, титан, латунь	45°
Сплавы алюминия	35°

Масса молотка или кувалды с короткой ручкой, применяемых для работ с зубилом, должен соответствовать его размерам – на каждый миллиметр ширины лезвия зубила должно приходиться 35-40 г массы ударного инструмента (молотка).

Таблица 2.5 **Стандартизированные параметры зубил**

Длина зубила, мм	100	125	160	200
Ширина рабочей части, мм	5	10	16	20

Для защиты рук от случайных промахов при ударах по зубилу предназначены приспособления (рис. 2.33), своей формой напоминающие грибок с достаточно широкой шляпкой, в отверстие которого вставляется инструмент. «Грибки» изготавливаются из резины или из поливинилхлорида.

Рис. 2.33. Защитные приспособления для рук «грибки»

Крейцмейсель (рис. 2.34, *б*) – разновидность зубила с зауженной режущей кромкой, которая позволяет вырубывать канавки, пазы и т.п. Крейцмейсель имеет характерную форму лезвия, ширина которого 4-9 мм. Крейцмейселем пользуются для прорубания канавок. Изготавливают крейцмейсель из инструментальной стали марки У7А и закаливают также как и зубило.

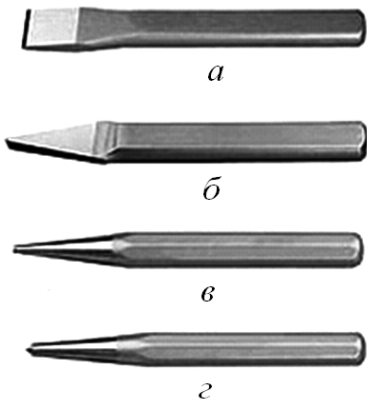


Рис. 2.34. Зубило (*а*), крейцмейсель (*б*), бородок (*в*) и кернер (*в*)

Канавочник – разновидность крейцмейселя для фигурного вырубывания в металле углубления определенного профиля, определяемого рабочей частью инструмента. Длина канавочников – 80-350 мм и, как правило, их производят на заказ с профилем под конкретные задачи.

Бородок (рис. 2.34, *в*) предназначен для пробивания круглых отверстий в тонких листовых материалах. Рабочая часть его выполнена в виде вытянутого усеченного конуса. Диаметр вершины конуса бородков; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 12,0 мм, а их длина – 120 мм.

Кернер (рис. 2.34, *г*) применяют для получения небольших лунок при разметке заготовок и лунок для начальной установки сверла. Имеет заостренную рабочую часть с углом при вершине 100-120°. Длина кернера – 100-150 мм.

Выколотки (рис. 2.35). Это инструменты для выколачивания штифтов, шплинтов, шпонок и т.п. Имеют восьмигранное или круглое тело и цилин-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

дрическую калиброванную рабочую часть, диаметр которой стандартизирован: 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 12,0 мм.

Общая длина выколотки – 150 мм (рабочая часть 35-55 мм). Выпускается также инструмент диаметром 4,0 и 6,0 мм с удлиненной до 80 мм рабочей частью. Материалом выколоток является сталь, но производятся они и из цветных металлов (бронза, латунь) для сохранения выбиваемой детали.

Рис. 2.35. Набор выколоток

Напильники также являются режущим инструментом. Они представляют собой полосы, бруски или прутки различных размеров и профилей с насеченными на рабочих поверхностях зубьями. Хвостовая часть напильника имеет вид заостренного стержня и служит для насаживания ручки напильника, рис. 2.14, *г*.

Напильники различают по профилю, виду, роду насечки, по размеру.

По *профилю* напильники подразделяются на плоские, квадратные, трехгранные, ромбические, полукруглые, круглые и специальные.

По *виду насечки* различают напильники драчевые – с крупной насечкой (применяются для грубого опиливания) и личные – с мелкой насечкой (для окончательной обработки и получения чистой поверхности).

По *роду насечки* различают напильники с одинарной или простой насечкой и напильники с двойной насечкой.

Размер напильников определяется длиной насечки части в миллиметрах. Изготавливают напильники самых различных размеров – от 75 до 500 мм.

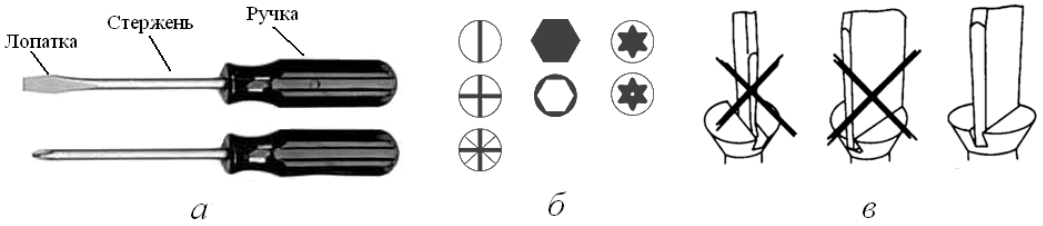
Материал напильников – углеродистая инструментальная сталь У8-У13 или хромистая сталь ШХ6, ШХ9 и ШХ15. Напильники закаливаются до высокой твердости, 62-64 HRC.

Шаберы представляют собой стальные полосы прямоугольного или трехгранного сечения с режущими кромками на одном конце, рис. 2.19, *е*. Этот режущий инструмент, предназначенный для окончательной обработки плоских и криволинейных поверхностей, применяется в тех случаях, когда необходимо получить хорошо пригнанные поверхности соприкасающихся деталей. Прямолинейные поверхности обрабатываются плоскими шаберами, а криволинейные – шаберами трехгранными и специальными.

Шаберы изготавливаются из инструментальной углеродистой стали У12-У12А; их рабочая часть на длине 30 мм закаливается.

Отвертки применяют для завертывания и отвертывания винтов с фигурной головкой или с прорезью – шлицем. Отвертки бывают различной конструкции и размеров. Многообразие типов отверток, прежде всего, определяется необходимым соответствием шлицевой части инструмента и шлица на винте, рис. 2.36. Отвертки бывают следующих типов:

- отшлицованные отвертки, т.е. имеющие прямой шлиц, рис. 2.36, *б*;
- крестообразные отвертки, рис. 2.36, *а*, *б*;
- крестообразные отвертки с дополнительными направляющими, рис. 2.36, *б*;
- отвертки шестигранные наружные, рис. 2.36, *б*;
- отвертки шестигранные внутренние, рис. 2.36, *б*;
- шариковые отвертки – позволяющий отворачивать (заворачивать) винты с внутренним шестигранником под углом до 25°;
- отвертки под крепеж с внутренней спрофилированной шестиконечной звездочкой, имеющие название, запатентованное фирмой, рис. 2.36, *б*.



а *б* *в*

Рис. 2.36. Отвертка (*а*); форма шлицевой части на винте (*б*) и подбор отвертки по величине головки винта (*в*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Преимущество крестообразных отверток перед отвертками с прямым шлицем состоит в том, что они позволяют надежно зафиксировать отвертку в шлице, не соскальзывают и при правильной работе практически полностью исключает возможность повреждения, срыва шлица, возникновения заусенец, нарушения антикоррозионного покрытия крепежа. Площадь рабочего контакта между поверхностями «крестика» и отвертки практически вдвое больше, чем при прямом шлице.

В помещенной ниже таблице обозначены границы применения крестовых отверток в соответствии с размерами крепежных деталей.

Номер отвертки	Диаметр наружной резьбы крепежной детали, мм	Номер отвертки	Диаметр наружной резьбы крепежной детали, мм
0	До 2	3	От 5,1 до 7
1	От 2,1 до 3	4	От 7,1 и выше
2	От 3,1 до 5		

Длина стержня отвертки одного и того же номера может быть различной для различных видов работ, особенно в машиностроении. Наиболее распространены средние, оптимальные размеры.

Номер отвертки	Размер стержня, мм		Номер отвертки	Размер стержня, мм	
	диаметр	длина		диаметр	длина
0	4	80	3	8	130-150
1	5	80-100	4	10	150-200
2	6	100-120			

Форма, размеры и материал ручки могут быть самыми разными и определяются не только конструктивными требованиями, но и индивидуальными особенностями работающего (эргономическими требованиями). У кого-то ладонь широкая с короткими пальцами, а у кого-то узкая с длинными, при этом и ручки нужны разные – длиннее или короче, большего диаметра или меньшего. Материал ручки может быть самый различный: дерево, пластик, резина. И здесь нужен индивидуальный выбор – дерево хорошо, но не достаточно прочно, а вот резину не все любят, рука потеет, хотя надежность захвата этой ручки полная.

Форма ручки может быть тоже самой различной. Основное требование к ней – надежность захвата, чтобы рука не проскальзывала при необходимом усилии. И еще, торец ручки обязательно должен быть хорошо обработанным, гладким, чтобы при интенсивной работе не натереть ладонь.

Все вышесказанное относится и к традиционному виду отвертки с плоским, прямым шлицом (лопаткой). Эти отвертки еще очень долго будут существовать, до тех пор, пока выпускается и (особенно при ремонтных работах) встречается крепеж с прямым шлицом.

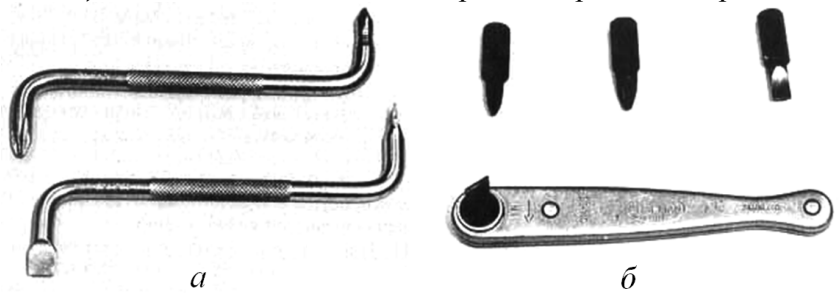
Видов и размеров таких отверток великое множество, но основной их параметр – размер лезвия лопатки который определяется двумя числами – толщиной и шириной, например: 0,5х4 – это лезвие толщиной 0,5 мм и шириной 4 мм.

Под каждый размер головки и шлица крепежного изделия должна быть своя отвертка. Так, если диаметр головки крепежа 6 мм, а ширина шлица 0,8 мм, то лезвие отвертки должно быть шириной не более 6 мм и не менее 5 мм, а его толщина не менее 0,7 мм. Это обеспечит удобство и качество работы, гарантирует надежность крепления, сохранение целостности шлица и самой отвертки. Кроме того, широкие поверхности рабочей части (лопатки) отвертки до высоты, равной глубине шлица на винте, должны быть параллельны.

В последнее время появились плоские отвертки с насечками, нанесенными на плоскостях лопатки, что увеличивает трение между отверткой и шлицом крепежа; отвертки всех видов с алмазными покрытием рабочей части; с твердосплавной рабочей частью; с намагниченной рабочей частью для удержания крепежных деталей (из низкоуглеродистой стали).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для слесарных работ часто применяю отвертки, изготовленные из металлического стержня (рис. 2.36, *а*) или биты вставляемые в вороток с трещоткой, рис. 2.37, *б*.



а *б*

Рис. 2.37. Отвертки в виде изогнутого стержня (*а*) и биты вставляемые в вороток с трещоткой (*б*)

Шарнирно-губцевый инструмент. Любой шарнирно-губцевый инструмент состоит из трех основных частей: головки, шарнира и ручек.

Головка включает в себя рабочие элементы – губки с насечками для захвата и удержания предметов, режущие кромки с заточкой и т.п.

Шарнир – осевое подвижное соединение частей инструмента. Он может быть фиксированным (на одно положение) или переставным (на несколько положений). В первом случае рабочие элементы могут быть раскрыты (растворены) не более чем на определенную величину, во втором – величину их раскрытия (раствора) можно изменять в широких пределах.

Ручки изготавливаются различных конфигураций, в зависимости от назначения инструмента, но чаще всего они имеют дугообразную форму. Чем длиннее ручки, тем выше усилие, которое можно создать на рабочих элементах. Для удобства пользования на ручки большинства инструментов надеты чехлы. Они представляют собой трубчатые или объемные покрытия из пластмассы, а на высококачественном инструменте им придают эргономическую форму.

На объемных и эргономических чехлах имеются «гарды», препятствующие соскальзыванию руки на шарнир. Современные эргономические чехлы делают двухкомпонентными – корпус из твердой пластмассы, в углубления которого (в местах контакта ладони с инструментом) вмонтированы мягкие шероховатые резиновые вставки.

Весь шарнирно-губцевый инструмент подразделяют на универсальный и специализированный.

Универсальный шарнирно-губцевый инструмент предназначен для нескольких операций, однако расширение количества выполняемых работ производится за счет снижения качества их выполнения.

Фиксирующий инструмент предназначен для захвата и удержания различных деталей.

Плоскогубцы (рис. 2.38, *а*) используются прежде всего для работы с деталями, имеющими плоские поверхности. Шарнир у них фиксированный, на ряде моделей в средней части губок выполнены полукруглые углубления с крупной насечкой, что позволяет захватывать цилиндрические предметы.

Плоскогубцы универсальные (рис. 2.38, *б*) обязательно имеют на внутренних поверхностях губок полукруглые углубления, а также режущие кромки. У ряда моделей на внешней стороне шарнира есть паз с острыми кромками для резки проволоки.

Длинногубцы (рис. 2.38, *в*) применяются при работе в труднодоступных местах, поэтому имеют удлиненные губки прямоугольного или полукруглого сечения, прямые или отогнутые (угол отгиба от 15 до 75°). Соотношение длины ручек и губок не позволяет создать высокое рабочее усилие на последних. Этого недостатка не имеют длинногубцы с особо длинными ручками (рис. 2.38, *г*), которые к тому же позволяют проникать в труднодоступные места. Некоторые длинногубцы имеют режущие кромки.

Круглогубцы (рис. 2.38, *д*) используют для фигурного выгибания проволоки и т.п. Конусная форма удлиненных губок дает возможность изгибать проволоку различного диаметра по произвольным конфигурациям. Часть моделей выпускается без насечки на губках.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рис. 2.38. Фиксирующий инструмент: *а* – плоскогубцы; *б* – плоскогубцы универсальные; *в* – длинногубцы; *г* – длинногубцы с особо длинными ручками; *д* – круглогубцы; *е*, *ж* – переставные клещи; *з* – переставные клещи с блокирующимся шарниром

Переставные клещи (рис. 2.38, *е*) применяются для фиксации предметов различной формы и размеров, а также для работы с поврежденным крепежом, когда необходим мощный захват. Многопозиционный переставной шарнир позволяет изменять величину раствора губок. Увеличенная длина ручек обеспечивает создание повышенных усилий фиксации, недоступных другим инструментам.

Разновидностью переставных клещей является инструмент, выпускаемый под названиями Robogrip, Powergrip, Supergrip и т.п., (от английского grip – захват), рис. 2.38, *ж*. Клещи имеют автоматически блокирующийся шарнир, обеспечивающий фиксацию губок без постоянного сжатия ручек. Для разблокировки ручки повторно сжимают. Нормальное положение губок – раскрытое, что обеспечивается встроенной пружиной.

Переставные клещи с блокирующимся шарниром – «клещевой ключ», рис. 2.38, *з*. Шарнир клещей имеет механизм трещоточного ключа, т.е. клещи способны, захватив болт или гайку, отворачивать или заворачивать их без перестановки инструмента на крепеже.

Режущий шарнирно-губцевый инструмент применяется для резания проволоки, листовых материалов и т.п. В характеристиках инструмента, для каждой модели, указывается материал проволоки и ее максимальный диаметр, разрезаемый этим инструментом. Некоторые фирмы наносят на сам инструмент надпись с указанием материала проволоки (например, piano wire или Pianodraht).

Режущую способность оценивают для четырех различных материалов:

- электротехническая медная проволока, прочность 22 кгс/мм^2;
- мягкая стальная проволока, прочность 75 кгс/мм^2;
- закаленная стальная проволока, прочность 180 кгс/мм^2;
- рояльная струна (piano wire или Pianodraht), прочность 230 кгс/мм^2.

Заточка режущих кромок может быть острой (для мягких материалов) или специально притупленной за счет дополнительных фасок (для твердых материалов). Притупление позволяет прикладывать значительные усилия без повреждения заточки режущих кромок.

К режущему шарнирно-губцевому инструменту относятся кусачки продольные и торцевые, а также ножницы по металлу.

Кусачки продольные выпускаются трех типов – кусачки боковые (рис. 2.39, *а*), диагональные (рис. 2.39, *б*) и силовые – «болторезы», рис. 2.39, *в*. Боковые и диагональные кусач-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ки, часто называемые «бокорезами», применяются для резки проволоки различных диаметров. Силовые кусачки имеют увеличенную длину, сложный шарнир и сменные режущие элементы. Применяются для резания металлических прутьев и тросов.

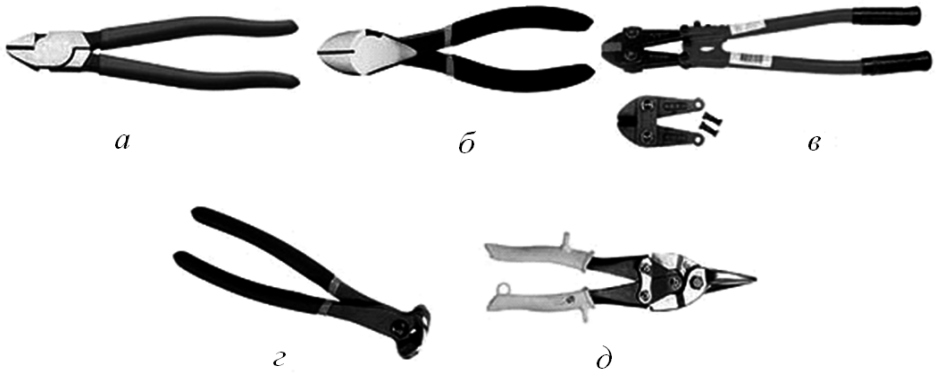


Рис. 2.39. Режущий шарнирно-губцевый инструмент: *а* – кусачки боковые; *б* – кусачки диагональные; *в* – кусачки силовые; *г* – кусачки торцевые; *д* – ножницы по металлу

Кусачки торцевые (рис. 2.39, *г*) имеют режущие кромки, расположенные перпендикулярно продольной оси головки.

Ножницы по металлу (рис. 2.39, *д*) в зависимости от стороны, с которой отгибается отрезаемая часть листа, подразделяются на инструмент правого, левого или прямого реза. В современных ножницах на режущие кромки наносят неглубокие насечки, фиксирующие лист металла в начале операции. Они не дают инструменту «уходить» с намеченной линии и повышают точность резания. Режущая способность для каждого вида ножниц указывается в миллиметрах и определяет максимальную толщину листа мягкой стали, который они способны разрезать.

Специализированный шарнирно-губцевый инструмент предназначен для выполнения только одной конкретной операции. Основным его преимуществом перед универсальным инструментом является повышенное качество выполнения данной операции. В слесарной практике применяются щипцы для стопорных колец и стопорные клещи.

Щипцы для стопорных колец (рис. 2.40, *а*) выпускаются двух видов – работающие на разведение или сведение рабочих наконечников. Первые используются для внешних стопорных колец, вторые – для внутренних. Наконечники щипцов испытывают значительные нагрузки, поэтому их закаливают токами высокой частоты или изготовляют отдельно из материалов, устойчивых к истиранию, и запрессовывают в губки.

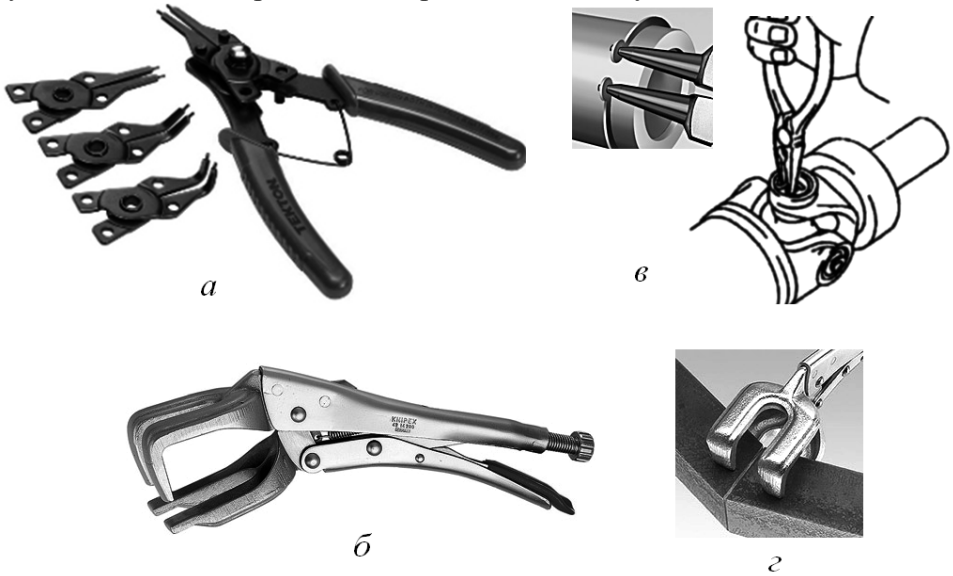


Рис. 2.40. Специализированный шарнирно-губцевый инструмент: *а* – щипцы для стопорных колец; *б* – стопорные клещи; *в-г* – прием работы

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Наконечники щипцов прямые или отогнутые под углами 45 и 90° имеют различные диаметры для разных стопорных колец. Выпускают щипцы с набором сменных головок, что делает инструмент более универсальным и дает возможность работать с внешними и с внутренними стопорными кольцами.

Стопорные клещи (рис. 2.40, *б*) применяют для совмещения и фиксации различных деталей (чаще всего при сварочных работах, поэтому они более известны как «сварочные клещи»). Стопорные клещи очень удобны для надежной, «в одно движение», фиксации предметов, неудобных для захвата каким-либо инструментом или расположенных в труднодоступных местах. Величина раствора губок настраивается винтом, после чего сжатием ручек включается мощная пружина, обеспечивающая надежный захват.

Гаечные ключи – простые (рожковые) и раздвижные (разводные) применяются для отвинчивания гаек и болтов, рис. 2.41. Гаечный ключ состоит из рукоятки и головки, имеющей захват (зев) под гайку или головку болта. В простых ключах размер зева соответствует размеру гайки или головки болта, для которых предназначается данный ключ. Зев ключа должен захватывать гайку с зазором 0,1-0,3 мм.

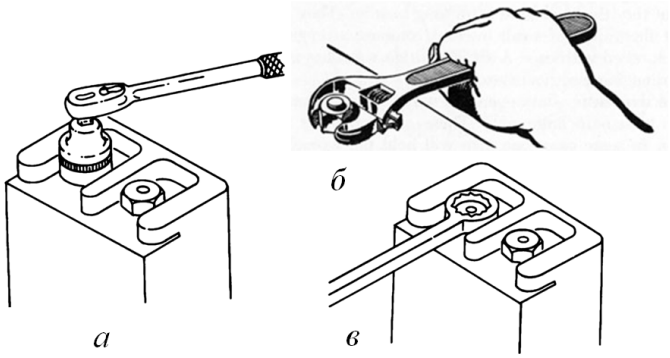


Рис. 2.41. Приемы работы торцовым (*а*), разводным (*б*) и накидным (*в*) ключами

Раздвижной (разводной) ключ отличается от простого подвижной губкой, рис. 2.42. Перемещается эта губка при вращении рукой червяка находящегося на рейке. Благодаря возможности регулировать раствор губок раздвижным ключом можно закручивать гайки или болты с головками различных размеров.

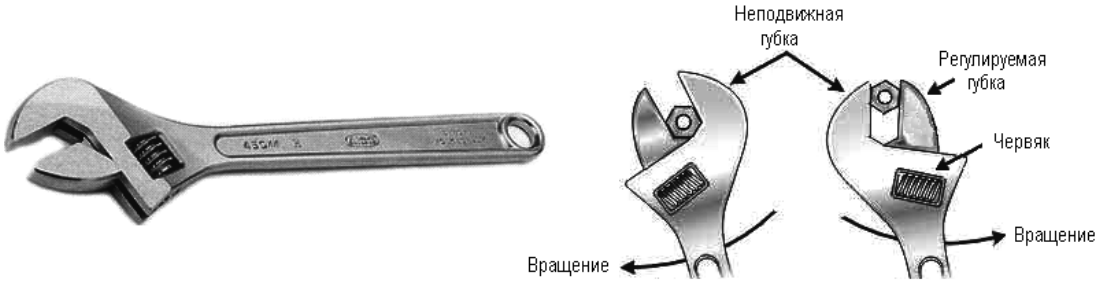


Рис. 2.42. Разводной ключ

В слесарной практике часто возникает необходимость провернуть тот или иной вал. Для этого применяют трубные (газовые) и цепные ключи, рис. 2.43.

Рис. 2.43. Трубный и цепные ключи

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для механизации работ, в слесарной практике, широко применяются электрические гайковерты, рис. 2.44 *а*. В зависимости от размера закручиваемого или откручиваемого болта (гайки) гайковерты имеют различную мощность двигателя и соответственно размер. Для работ с крепежными элементами малых размеров часто применяют шуруповерт (рис. 1.35 *б*) с набором торцовых головок.

Рис. 2.44. Электрический гайковерт (*а*) и шуруповерт (*б*)

Абразивные бруски нужны слесарю для заправки режущих инструментов после заточки.

Кроме перечисленных предметов, слесарь должен иметь карандаш и тетрадь для записи выполняемых работ, вычерчивания эскизов и производства арифметических расчетов, к которым ему нередко приходится прибегать в процессе работы.

2.3.2 Контрольно-измерительный инструмент слесаря

При выполнении слесарных работ постоянно возникает необходимость измерять детали. Обычно измерения сводятся к определению линейных размеров (длины, диаметра) или углов, образованных двумя плоскостями. Однако, несмотря на такую кажущуюся простоту измерений, на практике используют самые разнообразные измерительные инструменты. Это объясняется сложностью форм деталей и трудностью, а иногда и невозможностью определить размер одним инструментом. Главная же причина многообразия измерительных приборов заключается в различных требованиях, предъявляемых к точности обработки деталей.

Не все детали нужно изготовлять с одинаковой точностью Часто при слесарной обработке можно ограничиться точностью в 0,5 мм. В этом случае линейные размеры деталей определяют измерительной линейкой, а углы с точностью до 1° измеряют простейшим угломером – транспортиром. Если нельзя непосредственно определить размер детали одним инструментом, применяют кронциркули и нутромеры.

Когда при сборке одну деталь подгоняют к другой, требуется уже более высокая точность – 0,1-0,2 мм. В этих случаях применяют штангенциркуль, штангенглубиномер и другой более сложный инструмент. Особо точные изделия измеряют микрометрами, штихмасами, калибрами. Точный измерительный инструмент дорог и быстро выходит из строя, если нм неправильно пользоваться. Поэтому его не следует применять там, где в этом нет необходимости.

К основным показателям измерительных инструментов и приборов, позволяющим сравнивать их между собой и определять необходимость их использования, относятся следующие.

Цена деления шкалы инструмента или прибора – это значение измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы (расстояние между двумя соседними штрихами). К примеру, цена деления шкалы измерительной линейки составляет 1 мм, а малой шкалы индикатора – 0,01мм.

Пределы измерений инструмента (прибора) – наибольшее и наименьшее значения величины, которые могут быть измерены данным инструментом (прибором). У приборов, имеющих одинаковую по размеру шкалу, пределы измерений могут быть различными. Так, у микрометров со шкалой в 25 мм пределы измерений могут быть 0-25 мм, 25-50 мм, 50-75 мм и т.д.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Точность отсчета инструмента (прибора) обычно равна половине цены деления. С помощью особых устройств точность отсчета можно повысить (например, у штангенциркуля применением нониуса).

Измерительное усилие – усилие в месте контакта инструмента (прибора) с измеряемой деталью. Резкие колебания измерительного усилия отражаются на точности измерений.

Погрешность показаний – это такой показатель, который имеет решающее значение для выбора средств измерений. Он выражается разностью между действительным значением измеряемой величины и теми ее значениями, которые дает инструмент (прибор). Причинами появления погрешности могут быть неточности при изготовлении инструмента, изменения измерительного усилия, разница в температурных деформациях инструмента и измеряемой детали и т.д. Значение допустимой максимальной погрешности тех или иных средств измерений устанавливается стандартом.

Для линейных измерений применяют следующие измерительные средства:

- инструменты со шкалами для непосредственного отсчета измеряемого размера, к которым относятся простейшие штриховые меры длины (металлические линейки, складные метры, рулетки), штангенинструменты (штангенциркули, штангенглубиномеры, штангензубомеры и др.), микрометры, штихмасы и микрометрические глубиномеры, индикаторы;
- инструменты для измерения методом сравнения – калибры, щупы и шаблоны, используемые для проверки диаметров валов и отверстий, контроля точности обработки, зазоров в шлицевых, резьбовых, зубчатых соединениях и т.д.;
- плоскопараллельные концевые меры, применяемые для проверки измерительных инструментов и для точных измерений при разметке заготовок;
- измерительные приборы и аппараты, главным образом механические (миниметры, микрокаторы, рычажные скобы и др.) и оптические (оптиметры, инструментальные микроскопы).

Масштабная линейка. Применяется для измерения наружных и внутренних линейных размеров и расстояний. На масштабной линейке нанесены миллиметровые деления – штрихи. Точность измерения миллиметровой масштабной линейкой – 0,5 мм. Ходовые размеры масштабных линеек: длина – 150, 300, 500 и 1000 мм, ширина – от 15 до 35 мм, толщина – от 0,3 до 1,5 мм. Масштабные линейки изготавливаются из углеродистой инструментальной стали У7 или У8.

У обычной металлической линейки шкала с миллиметровыми делениями начинается от левой торцевой грани, которую прикладывают к краю измеряемого изделия (рис. 2.45). Если эта грань имеет повреждения, то отсчет начинают с десятого деления а из полученного результата вычитают 10 мм. Рекомендуется прикладывать линейку к детали ребром, под прямым углом к измеряемой плоскости. При измерении диаметров плоскость линейки со шкалой должна проходить через центр детали. Измеряя внутренние размеры, нужно ставить линейку так, чтобы она лежала на плоскости детали, иначе размеры будут определены неправильно.

Штангенциркуль (рис. 2.46). Штангенциркуль применяется для более точного измерения наружных и внутренних линейных размеров, рис. 2.47. В слесарной практике для измерения размеров все большее распространение получают электронные штангенциркули и штангенциркули с круговой шкалой. Они более удобны в работе, по ним легче считывать показания, в условиях недостаточного освещения не нужно напрягать зрение. Кроме того, электронный штангенциркуль позволяет выводить показания на компьютер или специальное печатающее устройство, рис. 2.48.

Штангенциркуль состоит из штанги, двухсторонних губок – неподвижной и подвижной, глубиномера и нониуса, рис. 2.49 и рис. 2.50. Неподвижная губка выполнена заодно со штангой, на которой нанесены деления в миллиметрах. Подвижная губка изготовлена заодно с рамкой, скользящей по штанге. Для закрепления снятого штангенциркулем размера служит винт стопорный, помещенный на рамке. Зажимая винтом рамку в положении, получившемся при замере, тем самым закрепляют подвижную губку в этом положении.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

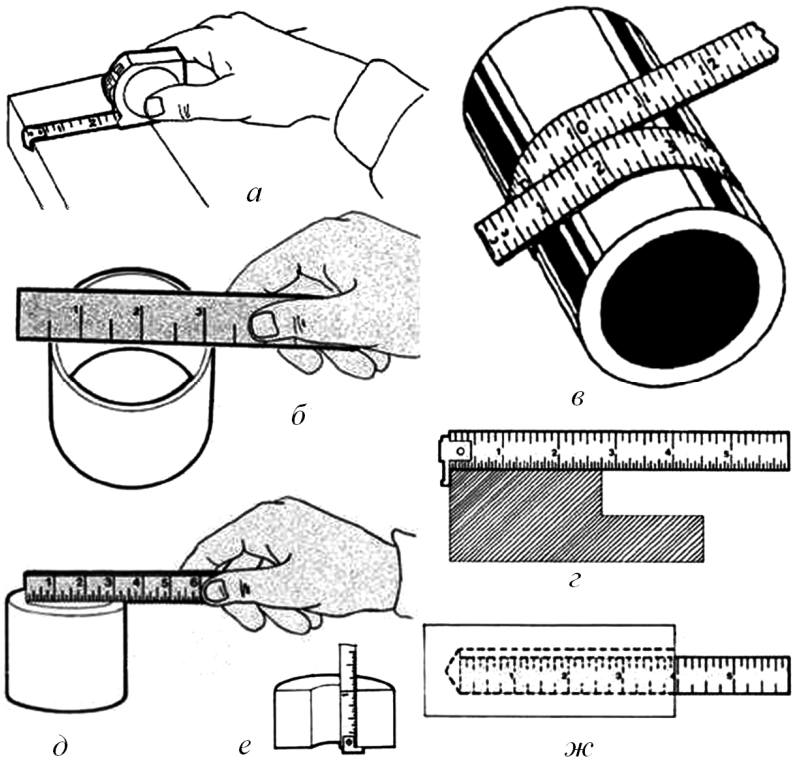


Рис. 2.45. Масштабная линейка и приемы пользование ею: *а* – замер ширины; *б*, *в* – наружного диаметра; *г* – выступа плоской детали; *д* – внутреннего диаметра; *е* – глубины отверстия

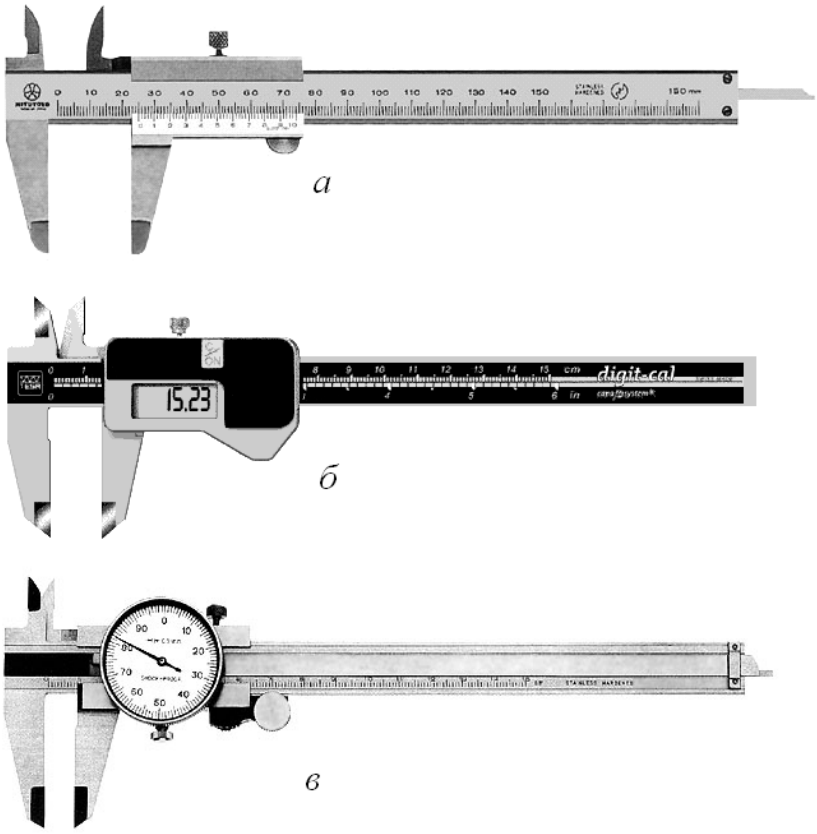


Рис. 2.46. Штангенциркуль: *а* – с нониусом; *б* – электронный; *в* – с круговой шкалой

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

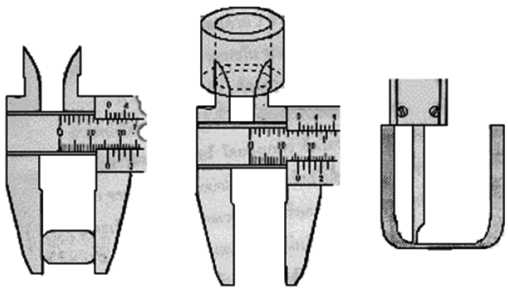


Рис. 2.47. Измерение линейных размеров штангенциркулем: *а* – наружного размера; *б* – внутреннего размера; *в* – глубины

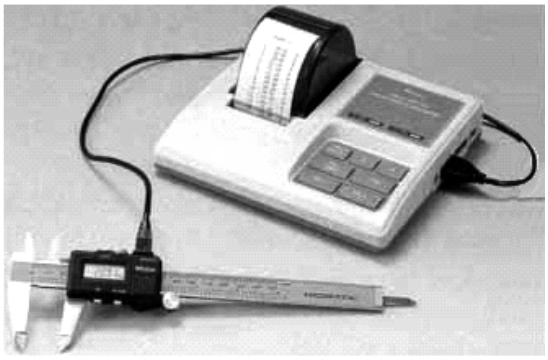


Рис. 2.48. Электронный штангенциркуль с печатающим устройством

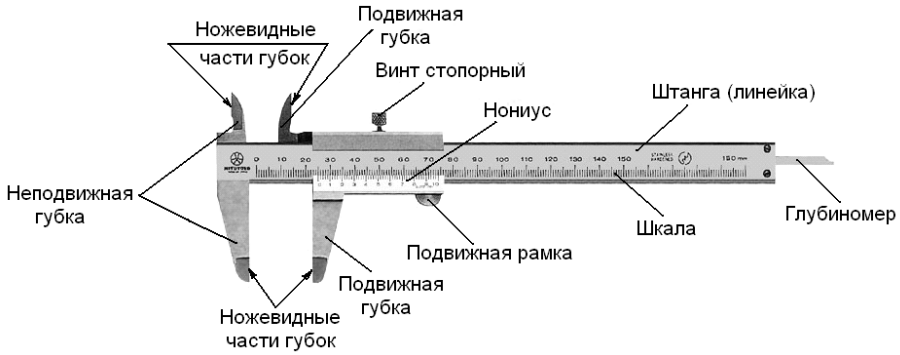


Рис. 2.49. Устройство штангенциркуля с нониусом

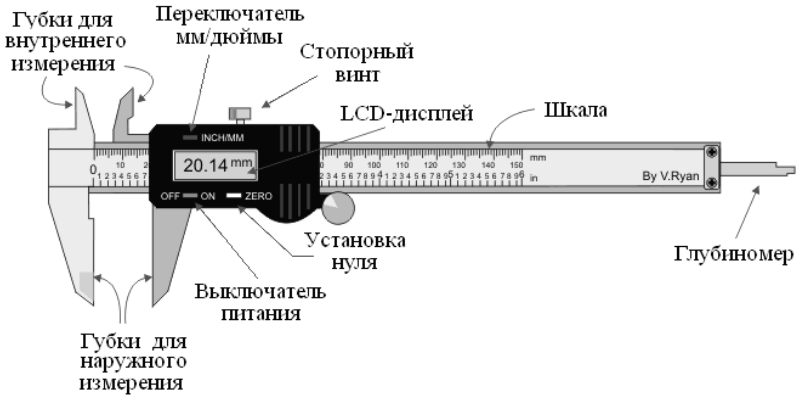


Рис. 2.50. Устройство электронного штангенциркуля

В последние годы начали выпускаться штангенциркули специального назначения (рис. 2.51), которые позволяют производить измерения межцентровых расстояний между отверстиями, измерять толщину стенок труб, производить замер между центрами при разметке, измерять ширину канавок в отверстиях, а также, с губками в виде шаблонов, для контроля сварочных швов, рис. 2.53.

Штангенциркуль изготавливают из углеродистой или легированной стали, измерительные части губок закаливают. Линейку-глубиномер делают упругой, конец ее закаливают.

Штангенглубиномер (рис. 2.52) – прибор для измерения глубин отверстий, пазов, высоты уступов и т.д. Основанием штангенглубиномер устанавливают на поверхность, от которой определяют размер. Большое распространение получили штангенглубиномеры с плоским мерным стержнем, некоторые из них имеют штанги с уступом на конце для измерения, например, толщины паза или штанги в виде цилиндрического стержня диаметром 2 мм для измерения глубин в труднодоступных местах.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

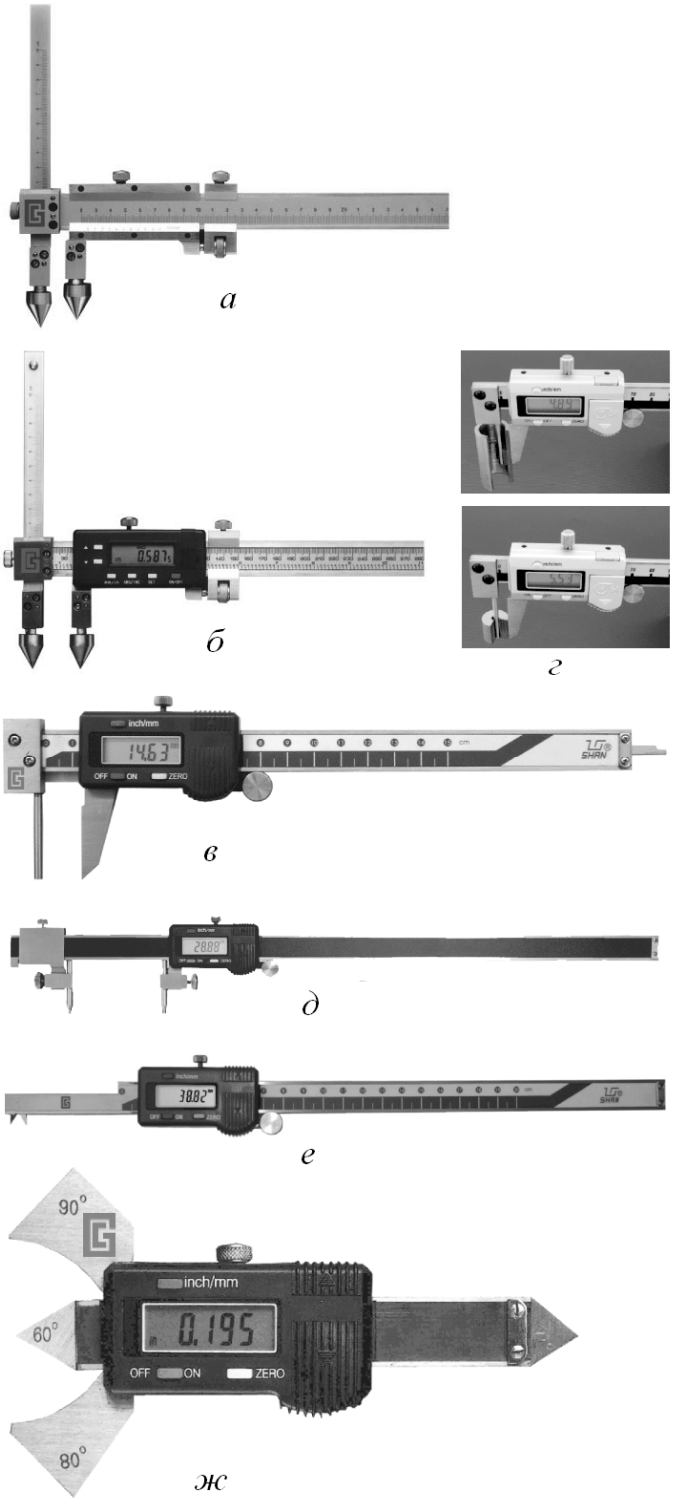


Рис. 2.51. Специальный штангенциркуль: *а* – для измерения межцентровых расстояний между отверстиями диаметром менее 20 мм; *б* – для измерения межцентровых расстояний между отверстиями диаметром менее 20 мм электронный; *в* – для измерения толщины стенок труб; *г* – пример измерения толщины стенок; *д* – для измерения межцентровых расстояний; *е* – для измерения ширины канавок в отверстиях; *ж* – для контроля сварочных швов

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

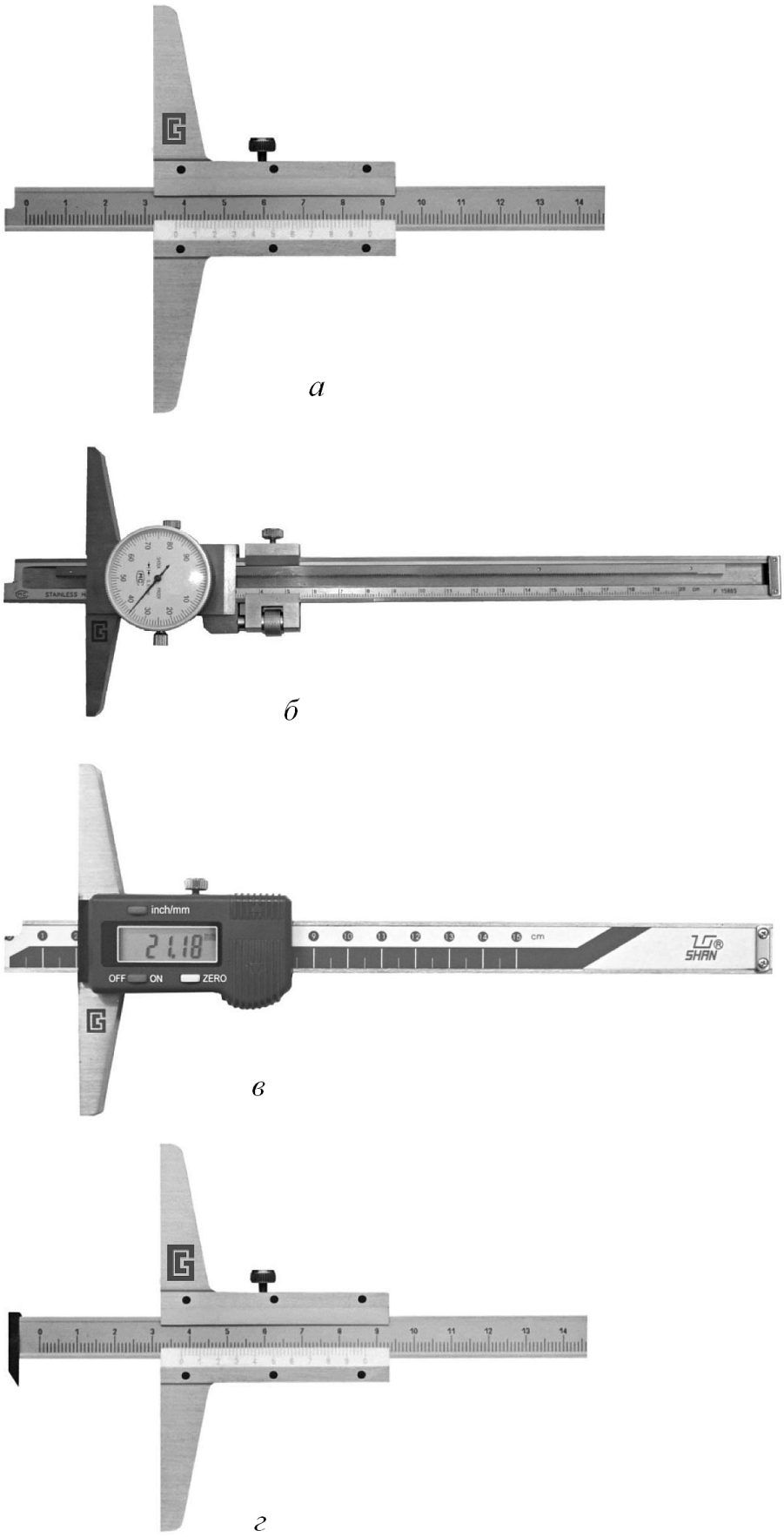


Рис. 2.52. Штангенглубиномер: *а* – нониусный; *б* – с круговой шкалой; *в* – цифровой; *г* – для измерения глубины внутренних и наружных канавок

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

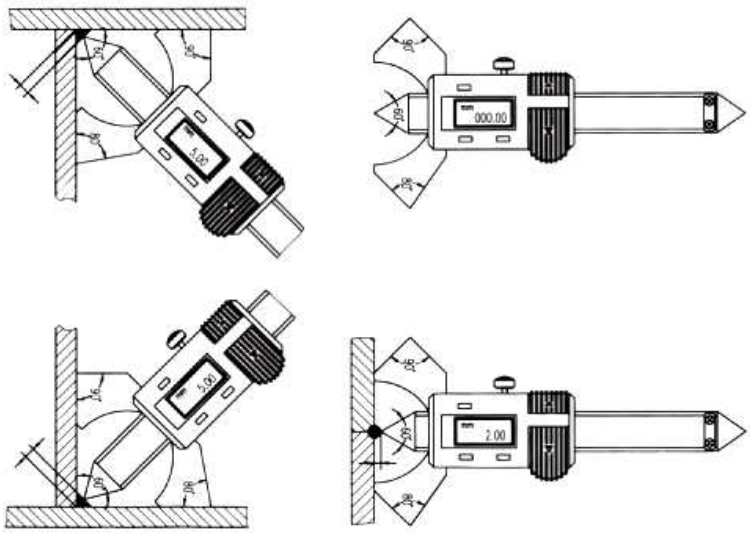


Рис. 2.53. Контроль сварных швов специальным штангенциркулем

Для отсчета долей миллиметра служит так называемый нониус штангенинструмента. Это шкала длиной 19 мм, помещенная в вырезе рамки подвижной губки и разделенная на 10 равных частей, рис. 2.54. Таким образом, каждое деление нониуса равняется 1,9 мм, т.е. оно на 0,1 мм меньше каждых двух делений на штанге. Штангенциркуль с таким нониусом обеспечивает точность измерений 0,1 мм.

Принцип работы нониуса основан на следующем. Точность визуальной интерполяции положения указателя между делениями шкалы низка (около 1/3 деления), однако глаз может с гораздо большей точностью фиксировать точное совпадение двух рисок. Ошибка в регистрации такого совпадения составляет доли толщины риски, что при тонких рисках значительно меньше, чем вышеупомянутая 1/3 расстояния между самими рисками.

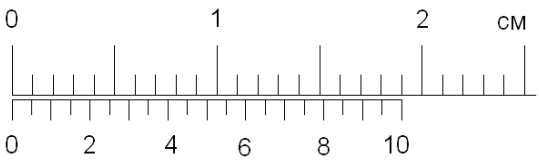


Рис. 2.54. Нониус штангенинструмента

Нониус позволяет перевести информацию о положении указателя между делениями шкалы в регистрацию точного совпадения двух рисок – риски самой шкалы с риской вспомогательной шкалы – нониуса. Нониус представляет собой связанную с указателем подвижную шкалу, скользящую вдоль основной шкалы. Указатель является одновременно «нулем» шкалы нониуса.

Так, например, при пользовании штангенциркулем сомкнутых губках (начальные) деления нониуса и штанги совпадают, рис. 2.54. Точно так же совпадает и десятое деление нониуса с девятнадцатым делением штанги, остальные деления нониуса не совпадают с делениями на штанге. При передвижении рамки с подвижной губкой деления нониуса будут совпадать с делениями на штанге через два. Например, первое от нуля деление нониуса совпадает со вторым делением штанги, второе – с четвертым и т.д.

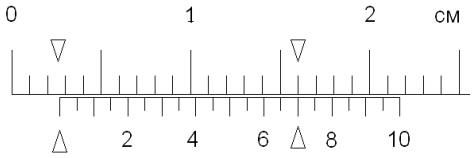
Если губки штангенциркуля раздвинуть так, чтобы первое от нуля деление нониуса совпало со вторым делением штанги, то между губками получится зазор, равный 0,1 мм. При совпадении второго от нуля деления нониуса с четвертым делением штанги получится зазор в 0,2 мм, при совпадении третьего деления нониуса с шестым делением штанги зазор между губками будет равен 0,3 мм и т.д. Из сказанного ясно, что деление нониуса, совпадающее с делением штанги, показывает число десятых долей миллиметра.

Отсчет по штангенциркулю с нониусом производится следующим образом. Целые миллиметры отсчитываются по совпадению нулевого (начального) деления нониуса с тем или иным делением штанги. Если нулевое деление нониуса точно совпадает с делением на штанге, например со штрихом 5, 12 или 25, то это значит, что губки штангенциркуля раздвинуты соответственно на 5, 12 или 25 мм. Если же нулевое деление нониуса не совпадает ни с

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

каким делением на штанге, то поступают следующим образом: отсчитывают число целых миллиметров от нулевого, т.е. начального, деления нониуса, затем определяют, какое деление нониуса совпадает с ближайшим к нему делением на штанге. Совпавшее деление нониуса укажет число десятых долей миллиметра, рис. 2.54.

Пример. Измеряемый предмет зажат губками штангенциркуля, при этом деления на штанге до нуля нониуса показывают немногим больше 2 мм. Чтобы сделать отсчет, определяем, какое деление нониуса совпадает с ближайшим делением на штанге. В данном случае совпадающим оказывается седьмое деление нониуса. Размер изделия будет 2+0,7=2,7 мм.



L = 0,2см + 0,070см = 0,270см = 2,70мм

Для более точных измерений применяют штангенциркуль с длиной нониуса 39 или 49 мм, рис. 2.55 и рис. 2.56. Он состоит из штанги *6* с миллиметровыми делениями, на одном конце которой имеются две губки *1* и *2*. По штанге *6* перемещается рамка *9* с губками *11* и *3*. На рамке укреплена нониусная линейка *10*.

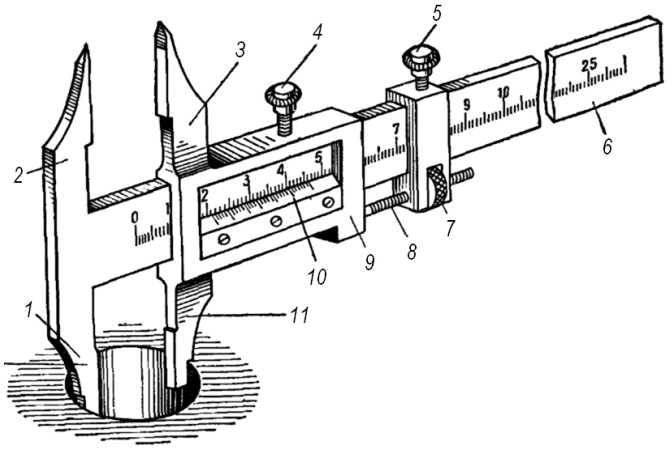
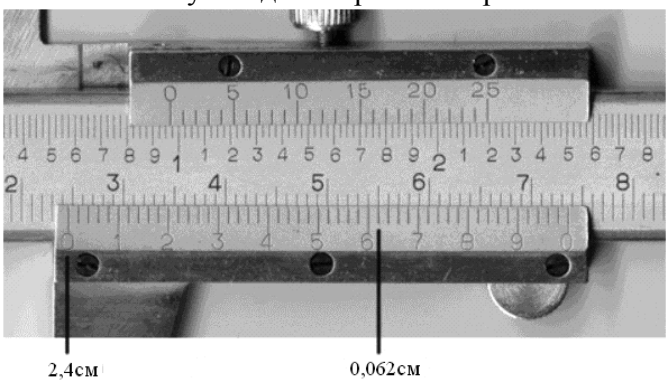


Рис. 2.55. Штангенциркуль с точностью измерения до 0,05 мм: *1-2* – неподвижные измерительные губки; *3*, *11* – подвижные измерительные губками; *4* – стопорный винт *5* – зажимной винт; *6* – штанга; подвижная рамка;; *5* – рамка; *7* – гайкой микрометрической подачи; 8 – винт; *9* – рамка; *10* – нониусная линейка

Для облегчения точных измерений в отдельных конструкциях штангенциркуля имеется микрометрическое устройство для подачи рамки *9*, состоящее из винта *8*, гайки *7* и зажимного винта *5*. Стопорный винт *4* служит для закрепления рамки *9* на штанге *6*, рис.2.55.



L= 2,4+0,062=2,462см=24,62мм

Рис. 2.56. Нониус штангенциркуля с точностью измерений до 0,02 мм (верхняя шкала дюймовая)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Нониус *10* служит для отсчета дробных частей деления шкалы штанги *6*. Длина его 39 мм, и разделен он на 20 частей. Когда губки *1* и *11* или *1* и *3* соприкасаются, нулевые деления линейки и нониуса совпадают.

При измерении деталь берут в левую руку, которая должна находиться за губками и захватывать деталь недалеко от губок (рис. 2,57, *а*). Правая рука должна поддерживать штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения губок с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок при нормальном измерительном усилии.

Рамку зажимают большим и указательным пальцами правой руки, поддерживая штангу остальными пальцами этой руки; левая рука при этом должна поддерживать нижнюю губку штанги (рис. 2.57, *б*). Стопорный винт *4* (рис. 2.55) позволяет фиксировать расстояние между ножками *1* и *2*, т.е. измеряемую длину. Затем по линейке и нониусу отсчитывают длину так, как описано выше. При чтении показаний штангенциркуль держат прямо перед глазами (рис. 2.57, *в*).

Ниже приводятся примеры измерений штангенинструментом для тренировочных упражнений. На рис. 2.58 и рис. 2.59 приведены примеры измерений штангенциркулем и штангенглубиномером.

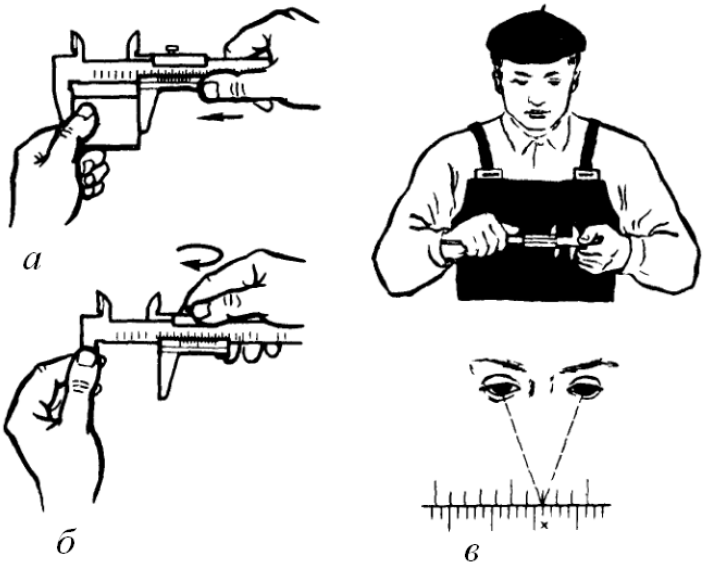


Рис. 2.57. Прием измерения штангенциркулем: *а* – установка инструмента на деталь; *б* – закрепление рамки; *в* – чтение показаний

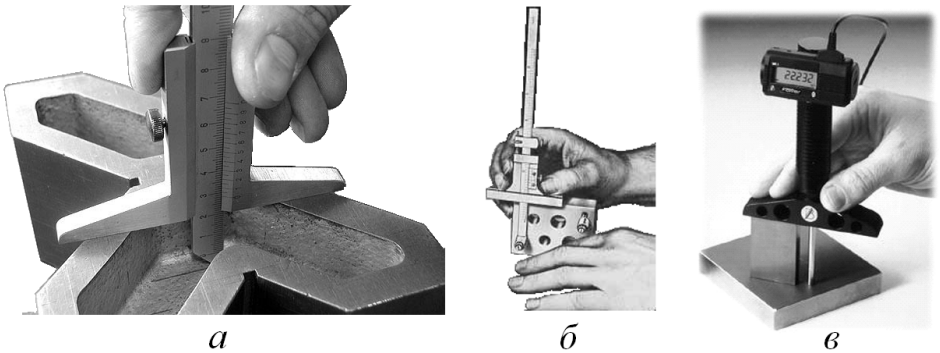


Рис. 2.58. Приемы измерения штангенглубиномером: *а* – глубины выемки; *б* – высоты; *в* – измерение электронным штангенглубиномером

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

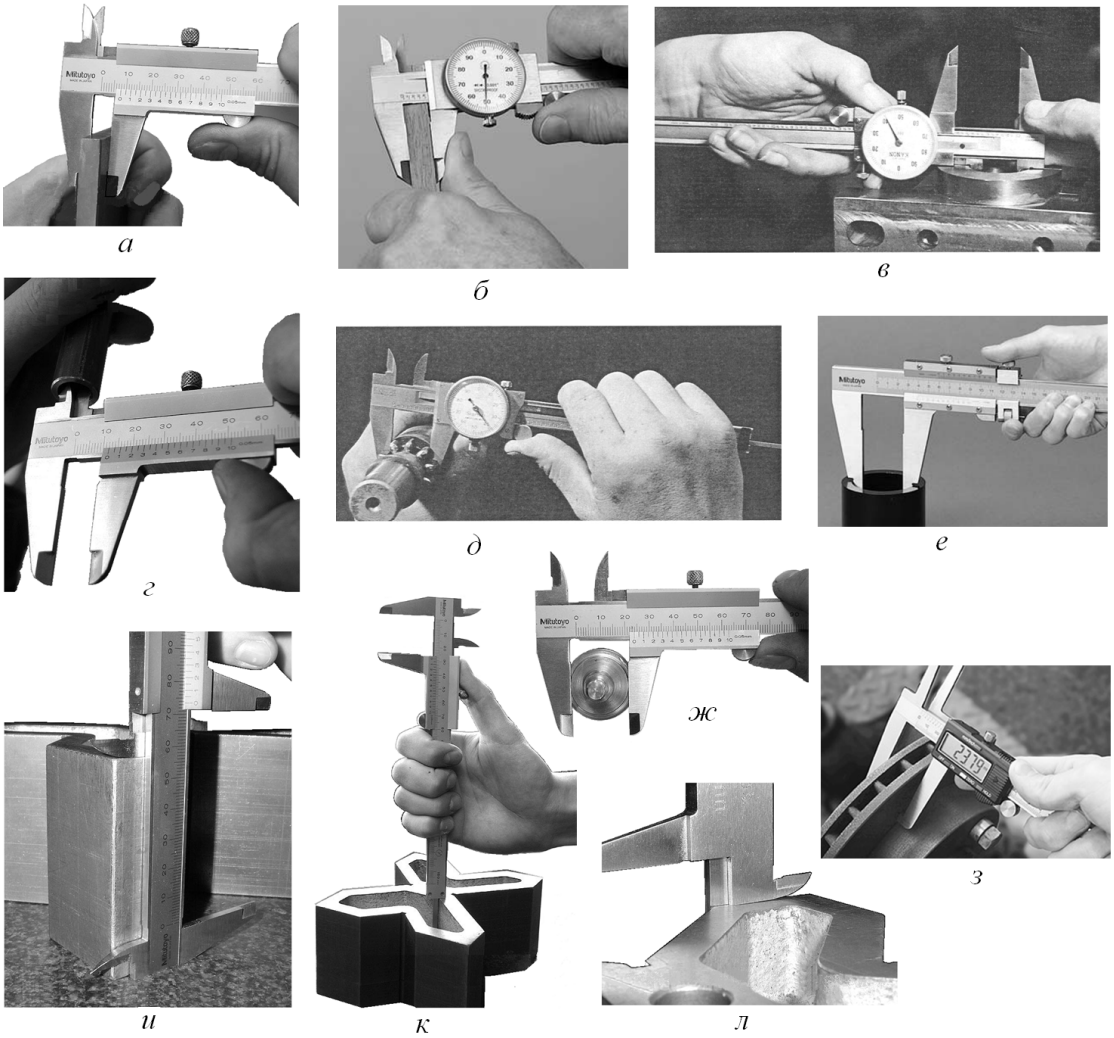
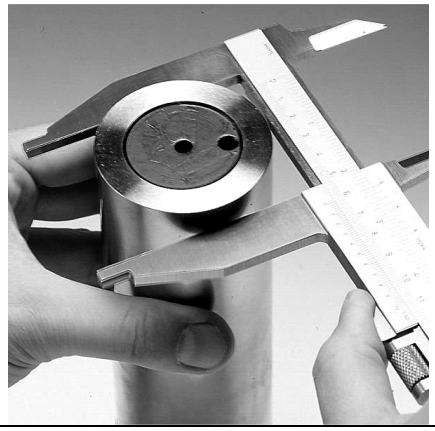


Рис. 2.59. Приемы измерения штангенциркулем: *а-б*, *ж*, *з* – наружного размера; *в*, *г*, *е* – внутреннего размера; *и*, *к* – глубины выемки; *л* – высоты изделия

Пример 1. Поставить на штангенциркуле размер 35 мм. Целые миллиметры отсчитывают по совпадению нулевого деления нониуса с делениями на штанге штангенциркуля. Устанавливают нулевое деление нониуса точно против 35-го деления штанги. Полученный размер губок будет равен 35 мм.

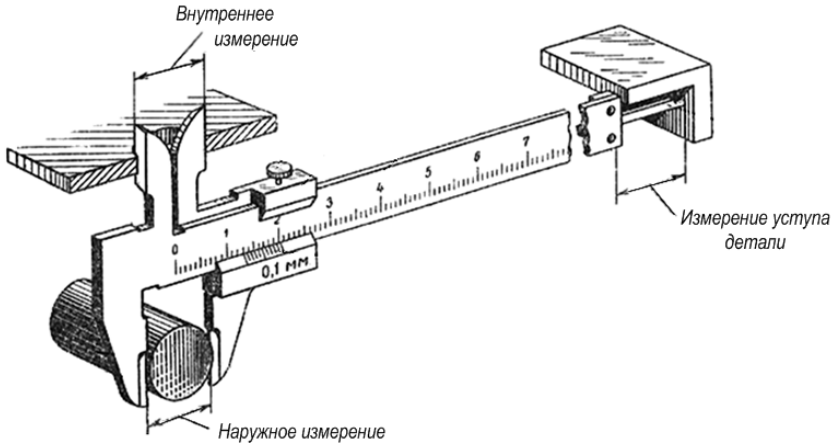
Пример 2. Поставить на штангенциркуле размер 25,4 мм. Для этого устанавливают нулевое деление нониуса против 25-го деления штанги, затем передвигают подвижную губку вправо до совпадения четвертого деления нониуса с ближайшим делением штанги. Полученное расстояние между губками будет 25,4 мм.

Пример 3. Измерить диаметр валика. Наружные поверхности измеряются длинными губками штангенциркуля. Измеряемый предмет помещают между измерительными поверхностями губок с легким нажимом на него подвижной губки. Это положение закрепляют стопорным винтом. Размер определяется показаниями нониуса. Предположим, нулевое деление нониуса оказалось между 54 и 55-м делениями штанги, далее определяют, какое деление нониуса совпадет с делением на штанге. Допустим, что совпало седьмое деление. Это означает, что диаметр валика равен 54,7 мм.



ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Пример 4. Измерить диаметр отверстия. Внутренние размеры деталей измеряются короткими губками штангенциркуля. Вставив эти губки в отверстие, их раздвигают до полного соприкосновения со стенками отверстия и установленное положение закрепляют стопорным винтом. По нониусу читают результаты измерений. Допустим, нулевое деление нониуса оказалось между 30 и 31-м делениями штанги, а совпавшим делением нониуса является третье. Следовательно, измеряемый диаметр отверстия равен 30,3 мм.



Пример 5. Измерить глубину уступа детали. Глубина измеряется стержнем глубиномера штангенциркуля. Торцевую часть штанги ставят на измеряемую деталь, затем перемещают подвижную губку вниз до упора конца глубиномера в дно или уступ детали. После этого производят закрепление стопорным винтом. Отсчет измерений делается так же, как и предыдущих примерах.

Микрометр (рис. 2.60) универсальный инструмент, предназначенный для измерений линейных размеров абсолютным контактным методом в области малых размеров с высокой точностью, преобразовательным механизмом которого является микропара винт-гайка. На основе микропары выпускают микрометры, нутромеры микрометрические и глубиномеры микрометрические, рис. 2.61.

Рис. 2.60. Микрометр

Микрометрические инструменты являются широко распространенными средствами измерений наружных и внутренних размеров, глубин пазов и отверстий. Микрометрическими инструментами измерения осуществляют методом непосредственной оценки. Принцип действия этих инструментов основан на применении пары винт – гайка, преобразующей вращательное движение микрометрического винта в поступательное перемещение его пятки.

На рис. 2 62 показана конструкция микрометра. В отверстиях скобы *1* запрессованы с одной стороны пятка *2*, а с другой – стебель *5* с отверстием, которое является направляющей микрометрического винта *4*. Микрометрический винт *4* ввинчивается в микрогайку *7* имеющую разрезы и наружную резьбу. На эту резьбу навинчивают специальную регулировочную гайку *8*, которая сжимает микрогайку 7 до полного выбора зазора в соединении «винт-микрогайка».

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Это устройство обеспечивает точное осевое перемещение винта относительно микрогайки в зависимости от угла его поворота. За один оборот торец винта перемещается в осевом направлении на расстояние, равное шагу резьбы, т.е. на 0,5 мм. На микрометрический винт надевается барабан *6*, закрепляемый установочным колпачком-гайкой *9*. В колпачке-гайке смонтирован специальный предохранительный механизм, соединяющий колпачок-гайку *9* и трещотку *10*, за которую необходимо вращать барабан *6* при измерениях.

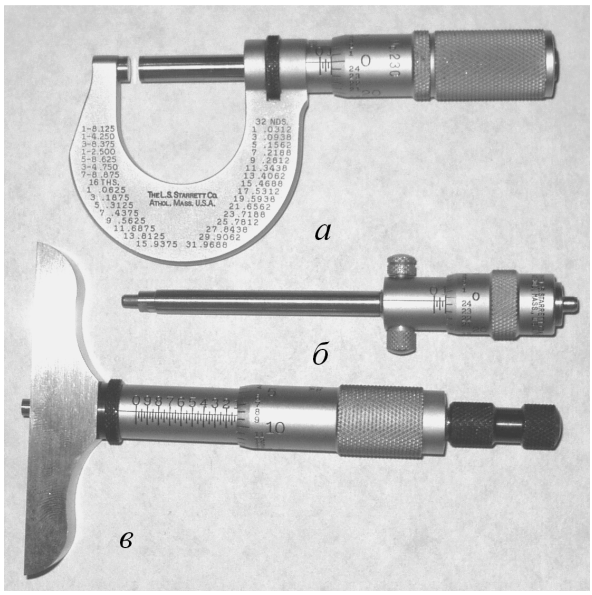


Рис. 2.61. Микрометр (*а*); нутромер микрометрический (*б*) и глубиномер микрометрический (*в*)

Предохранительный механизм-трещотка, состоящий из храпового колеса, зуба и пружины срабатывает в случае превышения усилия между губками 0,7 +0,2 Н, отсоединяя трещотку 10 от установочного колпачка *9* и барабана *6*, и она начинает проворачиваться с характерным прощелкиванием. При этом микрометрический винт *4* не вращается. Для закрепления винта *4* в требуемом положении микрометр снабжен стопорным винтом *11*. Измерительные поверхности (губки) пятки *2* и микрометрического винта изготовляют из твердого сплава.

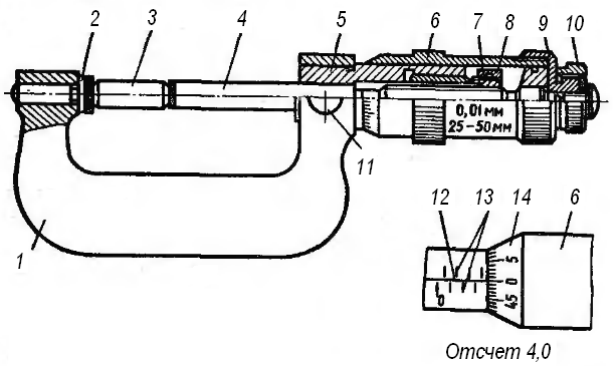


Рис. 2.62. Устройство микрометра: *1* – скоба; *2* – пятка; *3* – установочная мера; *4* – микрометрический винт; *5* – стебель; *6* – барабан; *7* – микрогайка; *8* – регулировочная гайка; *9* – колпачек-гайка; *10* – трещотка; *11* – стопорный винт; *12* – продольная линия; *13* – шкала; *14* – круговая шкала

На стебле *5* микрометра нанесена шкала *13* с делениями через 0,5 мм. Для удобства отсчета четные штрихи нанесены выше, а нечетные – ниже сплошной продольной линии *12*, которая используется для отсчета углов поворота барабана. На коническом конце барабана нанесена круговая шкала *14*, имеющая 50 делений. Если учесть, что за один оборот барабана с пятьюдесятью делениями торец винта и срез барабана перемещают на 0,5 мм, то поворот барабана на одно деление вызовет перемещение торца винта, равное 0,01 мм, т.е, цена деления на барабане 0,01 мм.

Микрометром можно пользоваться как нормальным калибром-скобой. Для этого необходимо установить требуемый размер между измерительными поверхностями пятки и винта, а затем стопором зафиксировать микровинт в этом положении.

Микрометр является самым распространенным измерительным инструментом для точных линейных измерений с точностью до 0,01 мм. Им измеряются только чисто обработанные поверхности. Каждый микрометр имеет определенный предел измерений: 0-25; 25-50; 50-75 мм и т.д.

В зависимости от конструкции (формы корпуса или скобы, в которую встраивается микропара, формы измерительных поверхностей) или назначения (измерение толщины листов, труб, зубьев зубчатых колес) микрометры разделяют на гладкие (рис. 2.63), рычажные, трубные, призматические, канавочные (рис. 2.64), резьбомерные (рис. 2.65, 2.66), зубомерные (рис. 2.67), листовые (рис. 2.68), для контроля наружного диаметра многолезвийного инструмента (рис. 2.69), для контроля размеров в труднодоступных местах (рис. 2.70), проволочные (рис, 2.71), для измерения ширины канавок в отверстиях (рис. 2.72) и универсальные.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рис. 2.63. Микрометр со сферическими измерительными поверхностями предназначен для измерения толщины стенок труб, внутренних колец шарикоподшипников и других изделий

Рис. 2.64. Микрометр с лезвийными измерительными поверхностями предназначен для измерения диаметров наружных канавок

Рис. 2.65. Микрометр для измерения внутренних диаметров резьбы, диаметров впадин зубчатых колес и других размеров с коническими измерительными поверхностями

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рис. 2.66. Микрометр для измерения внутренних диаметров резьбы, диаметров впадин зубчатых колес и других размеров с лезвийной и конической измерительной поверхностями

Рис. 2.67. Микрометр с невращающимися тарельчатыми измерительными поверхностями предназначен для измерения длины общей нормали зубчатых колес. При измерении мягких материалов оказывает более низкое удельное давление на измеряемые поверхности при одинаковом измерительном усилии по сравнению с обычным микрометром

Рис. 2.68. Микрометр листовой предназначен для измерения толщины листовых материалов. Изготавливается с одной сферической и одной плоской измерительной поверхностью. Микрометр имеет неподвижный циферблат с вращающейся стрелкой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

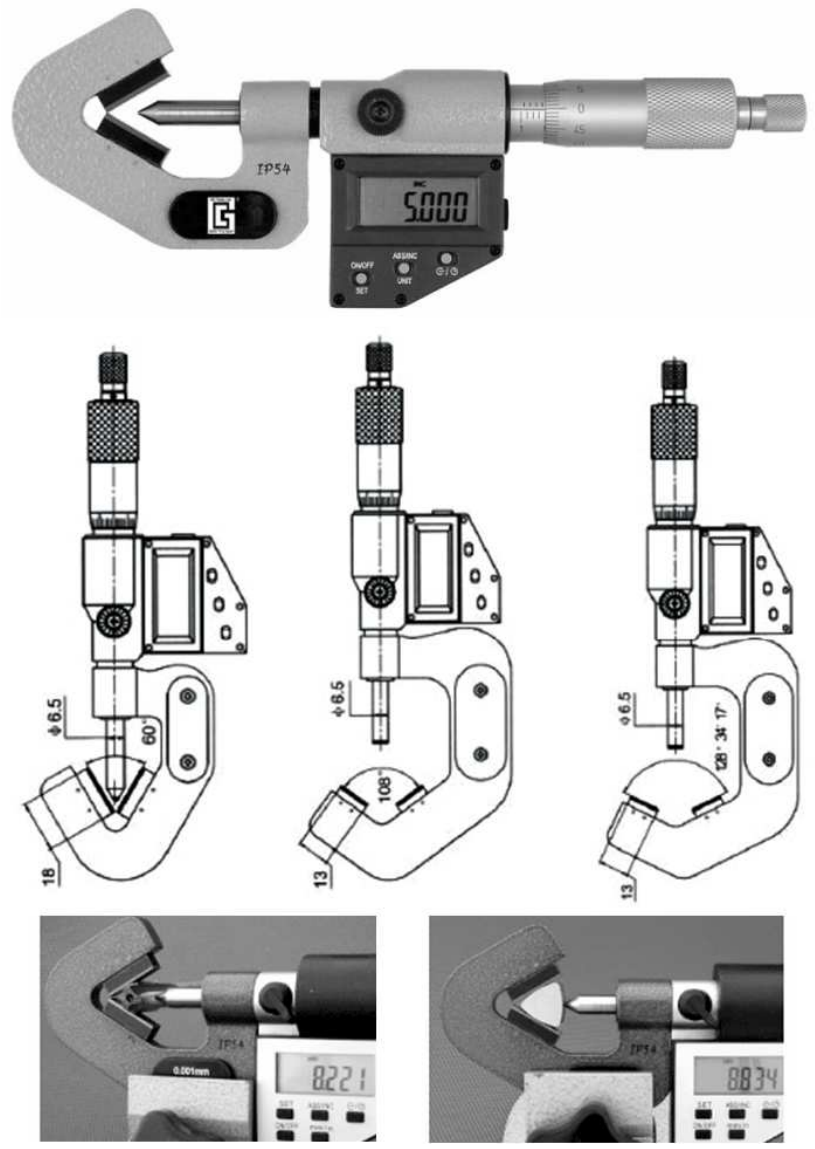


Рис. 2.69. Микрометр с призматическими измерительными поверхностями предназначен для контроля наружного диаметра многолезвийного инструмента: метчиков, разверток и т.п. Для 3-х лезвийных предметов угол охвата призмы – 60°, для 5-ти лезвийных предметов – 108°, для 7-ми лезвийных предметов – 128° 34′ 17″.

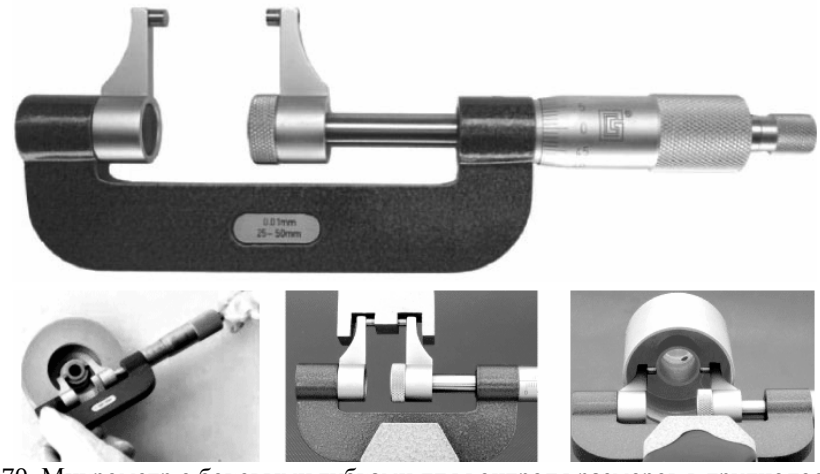


Рис. 2.70. Микрометр с боковыми губками для контроля размеров в труднодоступных местах

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рис. 2.71. Микрометр проволочный для измерения диаметра проволоки и диаметра шариков

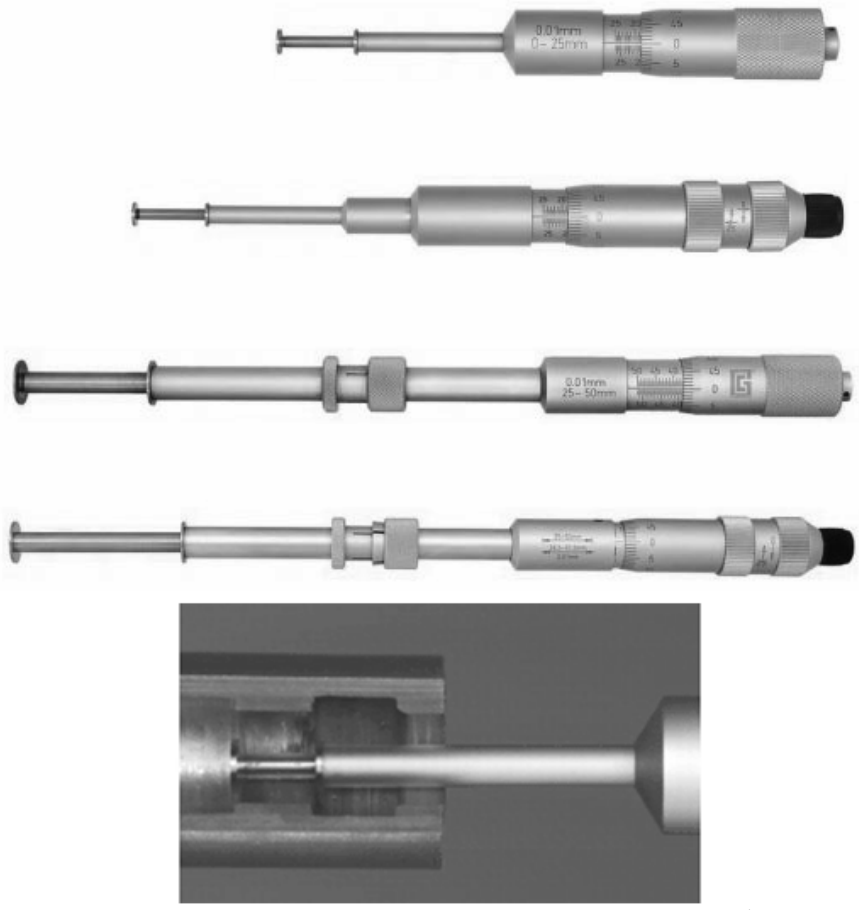


Рис. 2.72. Микрометр для измерения ширины канавок и/или толщины буртиков в отверстиях диаметром более 6,5 мм

Измерение мелких деталей удобно производить микрометром закрепленным в специальной подставке (стойке), рис. 2.73.

Для ограничения измерительного усилия микрометр снабжен трещоткой. При плотном соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с поверхностью измеряемой детали трещотка начинает проворачиваться с легким треском, при этом вращение микровинта следует прекратить после трех щелчков.

При снятии отсчета пользуются шкалами на стебле и барабане. Линейная шкала стебля обычно имеет цену деления 0,5 мм. Отсчет по ней производится по последнему делению, не закрытому вращающимся барабаном (обычно основная шкала – верхняя, с делениями в 1 мм, нижняя шкала содержит деления, смещенные на 0,5 мм). Срез барабана является указателем продольной шкалы и регистрирует показания с точностью 0,5 мм. К этим показаниям прибавляют отсчет по шкале барабана.

Точная микрометрическая шкала, обычно, как отмечалось выше, содержит 50 делений. Цена ее деления указана на барабане и составляет 0,01 мм. В этом случае один поворот барабана дает смещение измерительной штанги на 0,5 мм, т.е. на одно деление линейной грубой шкалы. Отсчет по точной микрометрической (вращающейся) шкале проводится по де-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

лению барабана, совпадающему с неподвижной продольной риской, вдоль которой нанесены деления грубой шкалы. Результат получается суммированием показаний двух шкал с учетом цены их делений, рис. 2.74.

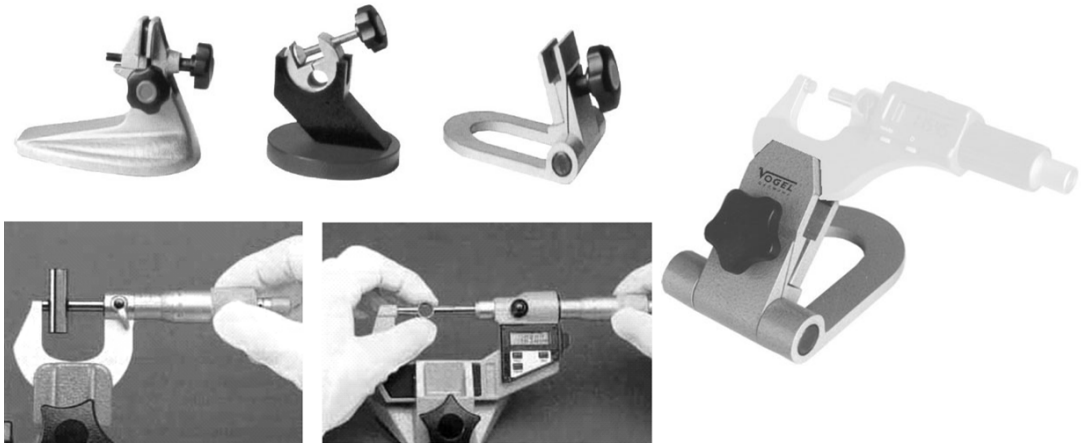


Рис. 2.73. Стойки для микрометров и приемы измерения

Показания по шкалам гладкого микрометра отсчитывают в следующем порядке:

- по шкале стебля читают отметку около штриха, ближайшего к торцу скоса барабана;
- по шкале барабана читают отметку около штриха, ближайшего к продольному штриху стебля;
- складывают оба значения и получают показание микрометра.

Перед измерением следует проверить правильность установки на нуль. Для этого необходимо за трещотку вращать микровинт до соприкосновения измерительных поверхностей пятки и винта или соприкосновения этих поверхностей с установочной мерой *3* (рис. 2.62).

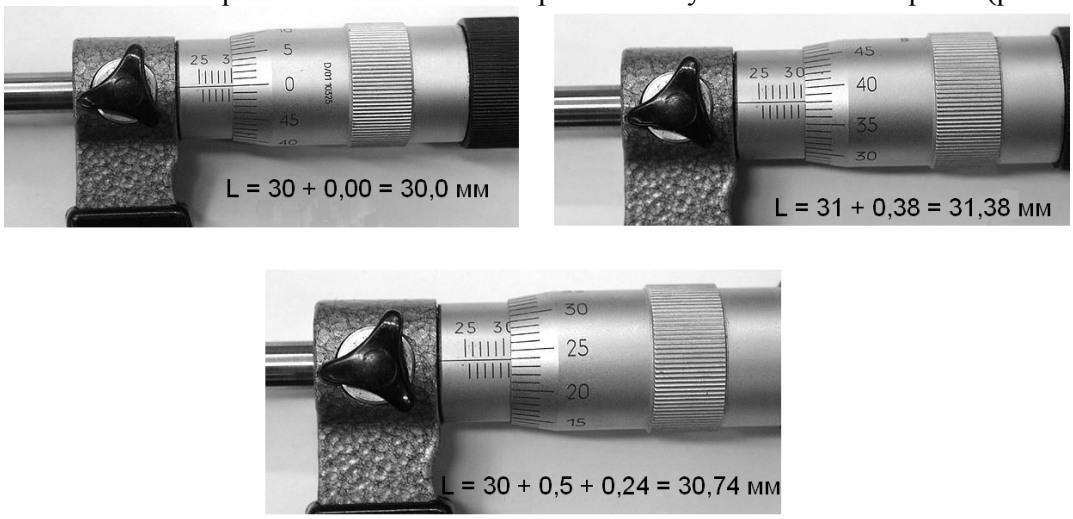


Рис. 2.74. Отсчет показаний микрометра (предел измерений микрометра 25-50 мм)

Вращение за трещотку продолжают до проворачивания трещотки. Правильной считается установка, при которой торец барабана совпадает с нулевым штрихом шкалы на стебле и нулевой штрих круговой шкалы барабана совпадает с продольной линией на стебле. В случае их несовпадения необходимо закрепить микровинт стопором, отвернуть на пол-оборота установочный колпачек-гайку, повернуть барабан в положение, соответствующее нулевому, закрепить его колпачком-гайкой, освободить микровинт. После этого следует еще раз проверить правильность установки на нуль.

Для установки «на ноль» все микрометры, кроме микрометра с диапазоном 0-25 мм, снабжены установочными концевыми мерами, размер которых равен нижнему пределу измерения данного микрометра.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для более точных измерений применяют микрометры с нониусом. Деления нониуса нанесены на поверхности внутреннего цилиндра, параллельно продольной риске грубой шкалы. Результат измерения получается суммированием показаний трех шкал с учетом цены их делений, рис. 2.75.

Основным источником ошибок при измерении микрометром является зависимость показаний от прижимающего усилия, поэтому усилие, прикладываемое к винту, должно быть нормировано. Это достигается при вращении барабана микрометра за его конечную выступающую часть (трещотку), фрикционно связанную с винтом и передающую на него нормированный вращающий момент.

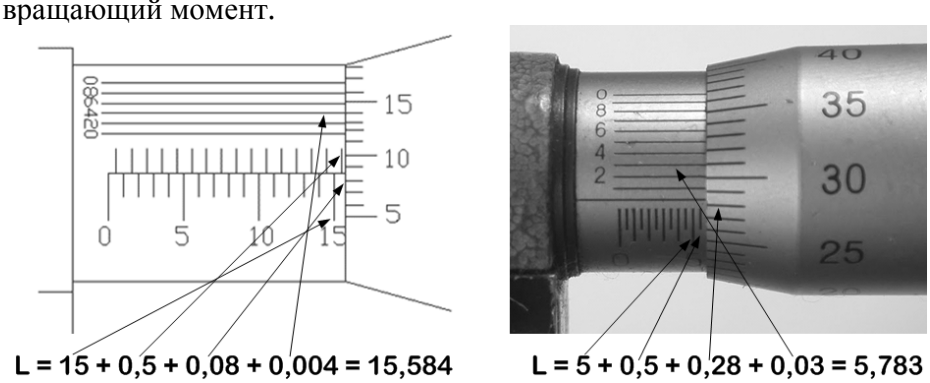


Рис. 2.75. Отсчет показаний микрометра с нониусом

При измерении какого-либо линейного размера, деталь помещают между измерительной штангой и упором. Затем вращают барабан, пользуясь насечкой и трещоткой до тех пор, пока изделие не окажется «зажатым». При этом нужно помнить, что заканчивать вращение барабана нужно обязательно трещоткой.

Вращение непосредственно самого барабана при проверке нуля или зажиме измеряемой детали не допускается, иначе можно повредить микрометрическую резьбу винта микрометра.

Прием измерения микрометром цилиндрической детали состоит в следующем. Разводят измерительные поверхности микрометра на ширину немного больше измеряемого диаметра, рис. 2.76. Микрометр держат за скобу и устанавливают его между измерительными поверхностями (пяткой и шпинделем) детали так, чтобы их ось разместилась диаметрально детали. Для установления более правильного контакта с деталью микрометр слегка покачивают в его плоскости и одновременно вращают трещотку до соприкосновения измерительных поверхностей с поверхностью измеряемой детали до тех пор, пока трещотка не будет вращаться в холостую.

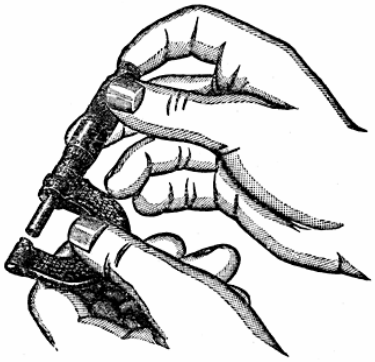


Рис. 2.76. Подготовка к измерению

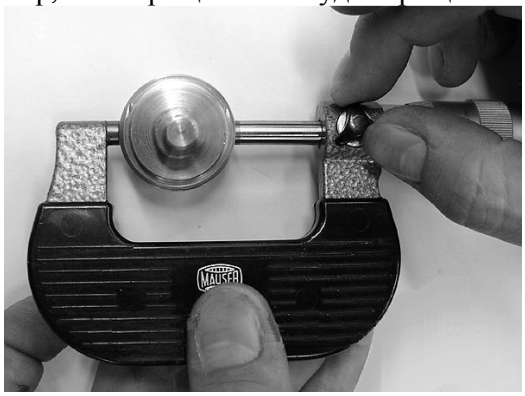


Рис. 2.77. Фиксирование шпинделя микрометра

Правильность диаметрального положения и точность измерения определяют путем перемещения микрометра как скобы. Измеряемые поверхности должны скользить по поверхности измеряемой детали с легким трением. Вращают зажимное кольцо или стопорный винт и фиксируют установленное положение шпинделя (измерительной штанги), рис. 2.77. Затем микрометр снимают с детали и производят отсчет результата измерений.

Микрометры выпускаются как ручные так и настольные, в том числе со стрелочным и цифровым отсчетным устройством. Микрометрические пары используются также в глубиномерах,

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

нутромерах и других измерительных средствах. Наибольшее распространение имеют гладкие микрометры.

Настольные микрометры (в том числе со стрелочным отсчетным устройством) предназначаются для измерения маленьких деталей (до 20 мм), их часто называют часовыми микрометрами.

Микрометрический глубиномер (рис. 2.78) состоит из микрометрической головки *1*, запрессованной в отверстие основания *2*. Торец микровинта этой головки имеет отверстие, куда вставляют разрезным и пружинящим концами сменные стержни *3* со сферической измерительной поверхностью. Сменные стержни имеют четыре размера: 25; 50; 75 и 100 мм. Размеры между торцами стержней выдержаны очень точно. Глубиномеры не требуют дополнительной настройки после смены измерительного стержня.

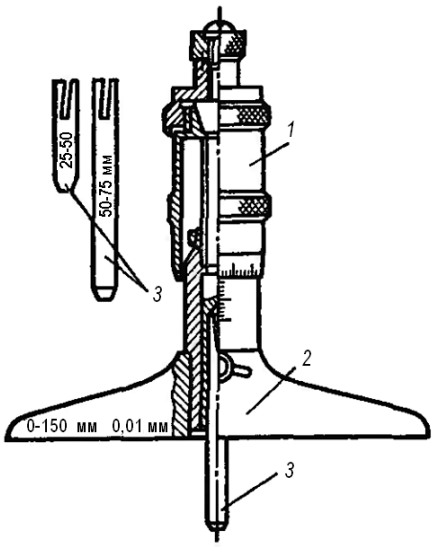


Рис. 2.78. Микрометрический глубиномер: *1* – микрометрическая головка; *2* – основание; *3* – стержень

Измерительными поверхностями в этих приборах являются наружный конец сменного стержня *3* и нижняя опорная поверхность основания *2*. При снятии отсчета необходимо помнить, что в некоторых конструкциях основная шкала, расположенная на стебле, имеет обратный отсчет.

Для настройки глубиноромера на нуль опорную поверхность основания прижимают к торцу специальной установочной меры, которую ставят на поверочную плиту. Микровинт со вставкой с помощью трещотки доводят до контакта с плитой, фиксируют его стопором и далее проделывают те же операции, что и при настройке на ноль микрометра.

Измерение глубины отверстий, уступов, выточек и т.д. выполняют следующим образом. Опорную поверхность основания микрометрического глубиномера устанавливают на базовую поверхность детали, относительно которой измеряется размер, рис 2.79. Одной рукой прижимают основание к детали, а другой вращают за трещотку барабан микрометрической головки до касания стержня с измеряемой поверхностью и прощелкивания трещотки. Затем фиксируют стопором микровинт и снимают отсчет со шкал головки.

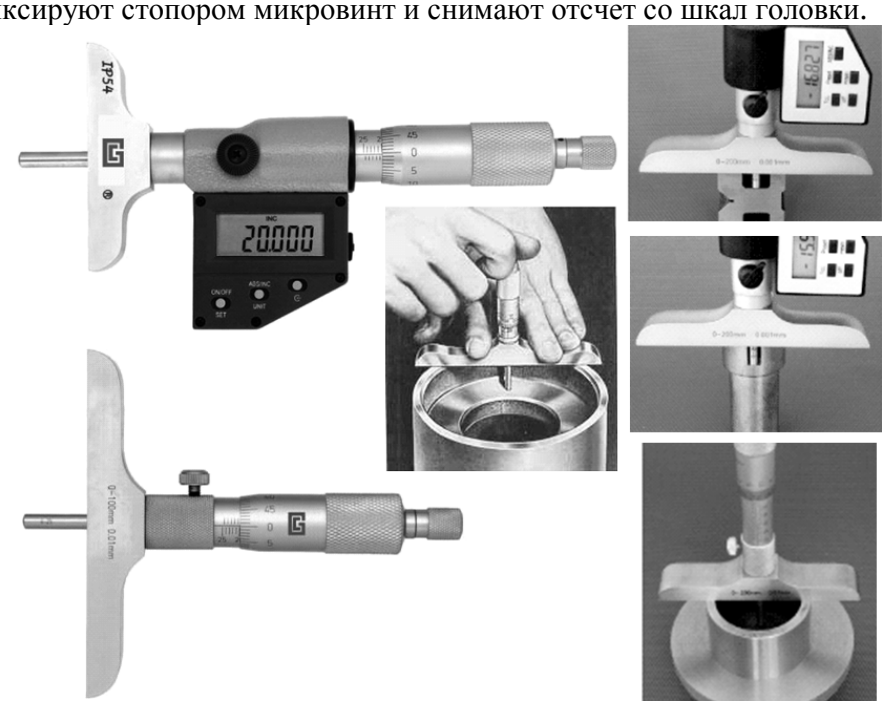


Рис. 2.79. Глубиномеры микрометрические

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Микрометрические глубиномеры имеют пределы измерений – от 0 до 150 мм и цену деления 0,01 мм.

Микрометрические нутромеры предназначены для измерения внутренних размеров изделий в диапазоне от 50 до 6000 мм. Они состоят из микрометрической головки (рис. 2.80, *а*), сменных удлинителей (рис. 2.80, *б*) и защитного наконечника (рис. 2.80, *в*).

Микрометрическая головка нутромера несколько отличается от головки микрометра и глубиномера и не имеет трещотки.

В стебель *6* микрометрической головки с одной стороны запрессован измерительный наконечник *7*, а с другой ввинчен микровинт *5*, который соединен с барабаном *4* гайкой *2* и контргайкой *1*. Наружу выступает измерительный наконечник микровинта *5*, оснащенный вставкой из твердого сплава.

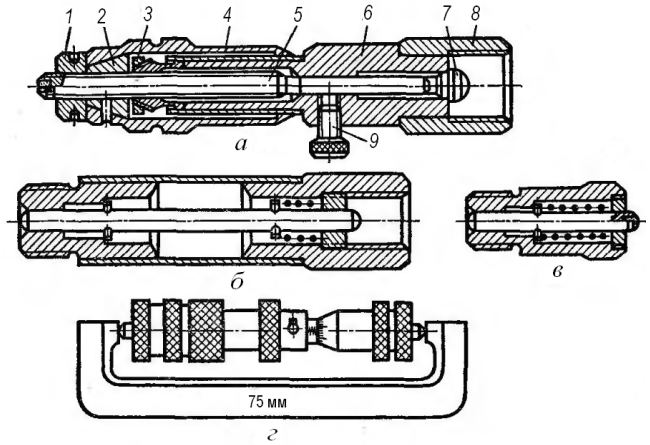


Рис. 2.80. Микрометрический глубиномер: *1* – контргайка; *2* – гайка; *3* – регулировочная гайка; *4* – барабан; *5* – микровинт; *6* – стебель; *7* – наконечник; *8* – муфта; *9* – стопорный винт

Зазор в соединении винт-гайка выбирается с помощью регулировочной гайки *3*, навинчиваемой на разрезную микрогайку с наружной конической резьбой. Установленный размер фиксируется стопорным винтом *9*. Для расширения пределов измерения в резьбовое отверстие муфты *8* ввинчиваются удлинители или защитный наконечник, также оснащенный вставкой из твердого сплава.

Удлинитель представляет собой стержень со сферическими измерительными поверхностями, имеющий точный размер в осевом направлении. Стержень не выступает за пределы корпуса, на обоих концах которого нарезана резьба. Пружина, расположенная внутри корпуса, создает силовое замыкание стержней между собой при свинчивании удлинителя с микрометрической головкой. На свободный конец удлинителя может быть навинчен другой удлинитель и т.д. до получения нутромера с требуемым пределом измерения. В последний удлинитель ввинчивается защитный наконечник. В процессе измерения с деталью соприкасаются оснащенные твердосплавными вставками измерительные наконечники микровинта и защитного наконечника. При использовании нутромера с несколькими удлинителями необходимо помнить, что удлинители следует соединять в порядке убывания их размеров и микрометрическую головку соединить с самым длинным из них.

Микрометрический нутромер в сборе с защитным наконечником устанавливают на ноль по установочной мере-скобе размером 75 мм (рис. 2.80, *г*). В случае неудовлетворительной настройки нуля ослабляют на полоборота контргайку *1*, поворачивают барабан до совпадения нулевой риски с продольной линией стебля, затягивают контргайку *1* и отпускают винт *9*. Затем проверяют правильность установки. После настройки нутромера на нуль его свинчивают с удлинителями для получения требуемого размера и приступают к измерениям.

Измерения внутренних размеров нутромером осуществляют следующим образом. Вводят инструмент в пространство между измерительными поверхностями (например, в отверстие), рис. 2.81. Устанавливают один измерительный наконечник нутромера на поверхность и вращают барабан головки до касания второго измерительного наконечника противоположной поверхности. В процессе измерения необходимо не только вращать барабан, но еще и покачивать собранный нутромер в вертикальной и горизонтальной плоскостях для определения минимального расстояния между поверхностями, рис. 2.82.

Погрешность измерения стержневыми микрометрическими нутромерами в два раза больше, чем нутромерами с боковыми губками. Это объясняется недостаточной жесткостью нутромера. Погрешность из-за прогиба у нутромеров длиной 4000-5000 мм составляет 55 мкм. Большей погрешности способствует отсутствие устройства для стабилизации измерительного усилия и трудность установки нутромера в правильное положение при измерении.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

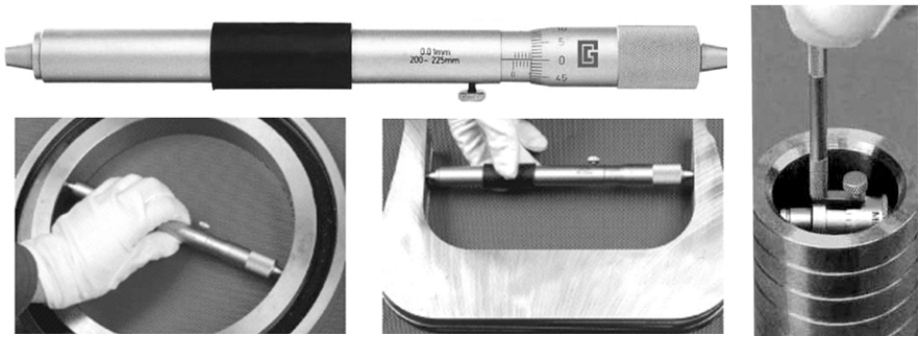


Рис. 2.81. Измерения стержневым нутромером

Точность измерений проверяют при повторном определении размеров детали. При измерении необходимо правильно применять прием пользования микрометром, правильно производить отсчет результата измерения.

Нутромеры с боковыми губками предназначены для контроля внутренних размеров неглубоких отверстий, рис. 2.83.

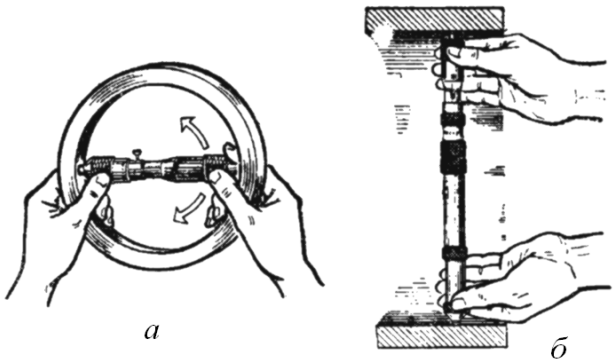


Рис. 2.82. Приемы измерений: *а* – цилиндрических отверстий; *б* – параллельности деталей

Индикаторы, рис. 2.84-2.86**.** Индикатором называют инструменты, у которых линейные перемещения измерительного наконечника преобразуются в пропорциональные угловые перемещения стрелки по циферблату, имеющему соответствующие деления. Основное достоинство индикатора – удобство измерения, надежность и быстрота измерения.

В зависимости от конструкции механизма измерительные головки (индикаторы) подразделяются на зубчатые, рычажно-зубчатые и пружинные. Головки делятся также на осевые – с перемещением измерительного стержня параллельно отсчетной шкале, и торцовые – с перемещением стержня перпендикулярно шкале.

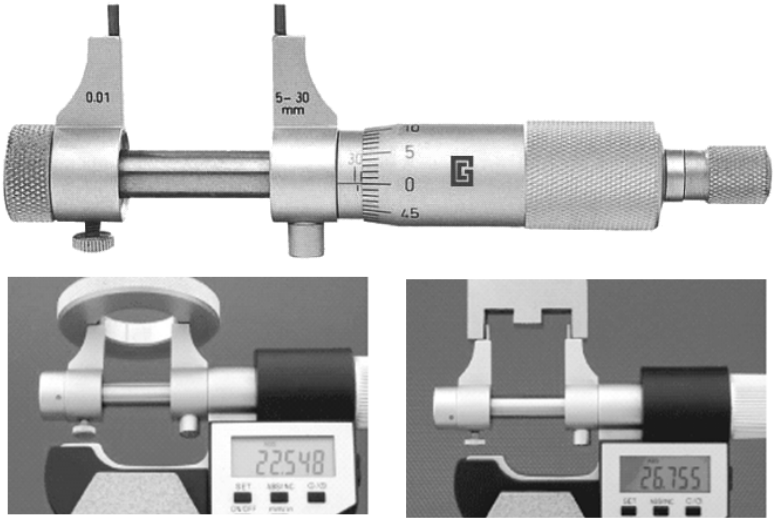


Рис. 2.83. Нутромер с боковыми губками

Индикаторные головки предназначены для измерения линейных размеров абсолютным и относительным методами, а также для контроля отклонений от заданной геометрической формы и взаимного расположения поверхностей. В зависимости от исполнения и/или цены деления (дискретности отсчета) головки индикаторные подразделяются:

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- индикаторы часового типа с круговой шкалой с ценой деления 0,01 мм и электронные индикаторы с дискретностью отсчета 0,01 мм и 0,001 мм;
- индикаторы многооборотные с ценой деления 0,001 мм;
- индикаторы рычажно-зубчатые с круговой шкалой и ценой деления 0,01; 0,002, 0,001 мм и индикаторы электронные с дискретностью отсчета 0,01 и 0,001 мм.

а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 2.84. Индикаторы: *а* – часового типа влагозащитного исполнения; *б* – многооборотные; *в* – цифроаналоговый часового типа; *г*, *е* – рычажно-зубчатый; *д* – рычажно-зубчатый цифровой

а *б* *в*

Рис. 2.85. Толщиномеры: *а* – часового типа; *б* – с круговой шкалой; *в* – электронный

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

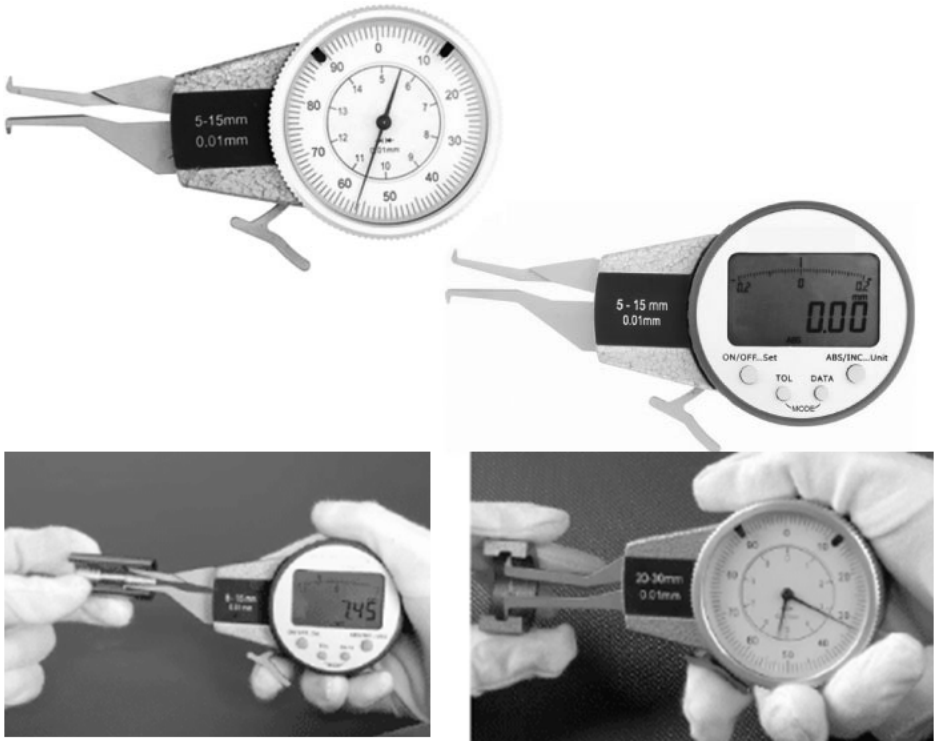


Рис. 2.86. Нутромеры рычажные, применяются для измерения внутренних канавок и других труднодоступных размеров

Индикаторные головки широко используются в качестве отсчетного устройства в специальных измерительных приборах.

Наиболее простыми по конструкции являются зубчатые измерительные головки – индикаторы часового типа. Эти индикаторы изготовляются двух моделей: с перемещением измерительного стержня параллельно шкале; с перемещением измерительного стержня перпендикулярно шкале.

Перед проверкой индикатором изделий по высоте устанавливают необходимое расстояние между его измерительным стержнем и плитой, на которой производится поверка, эталонными плитками, рис. 2.87, *б*. После этого укладывают измеряемое изделие на плиту и подводят его под наконечник измерительного стержня. Если проверяемый размер больше установленного при помощи плиток, измерительный стержень, коснувшись детали, переместиться кверху и приведет в движение через шестерни стрелку. По показанию стрелки на шкале индикатора и судят об отклонении измеряемого размера. На рис. 2.83, *в-з* показаны некоторые приемы измерения деталей индикатором.

Индикатор часового типа состоит из корпуса, в котором закреплена гильза *2* (рис. 2.88) для присоединения индикатора к измерительному приспособлению. В направляющих гильзы перемещается измерительный стержень с наконечником *12*. На измерительном стержне *6* нарезана зубчатая рейка *11*. Рейка находится в зацеплении с зубчатым колесом *10*. Зубчатое колесо *10* закреплено на одной оси с зубчатым колесом *9*. Зубчатое колесо *9* находится в зацеплении с зубчатым колесом *8*, на оси которого установлена стрелка-указатель *3*.

Стрелка осуществляет отсчет перемещений наконечника *12*. Величина перемещения измерительного стержня определяется по шкале индикатора. Зубчатое колесо *7* обеспечивает выбор бокового зазора в зубчатых передачах под действием пружины *5*. На оси зубчатого колеса *7* установлена стрелка *4*, которая фиксирует количество оборотов стрелки *3*. Измерительное усилие создается за счет пружины *1*, которая прижимает наконечник *12* к контролируемой поверхности. Индикатор можно установить в измерительное приспособление не только при помощи гильзы, но и при помощи ушка. При смене контролируемой детали измерительный наконечник отводят от ее поверхности при помощи головки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

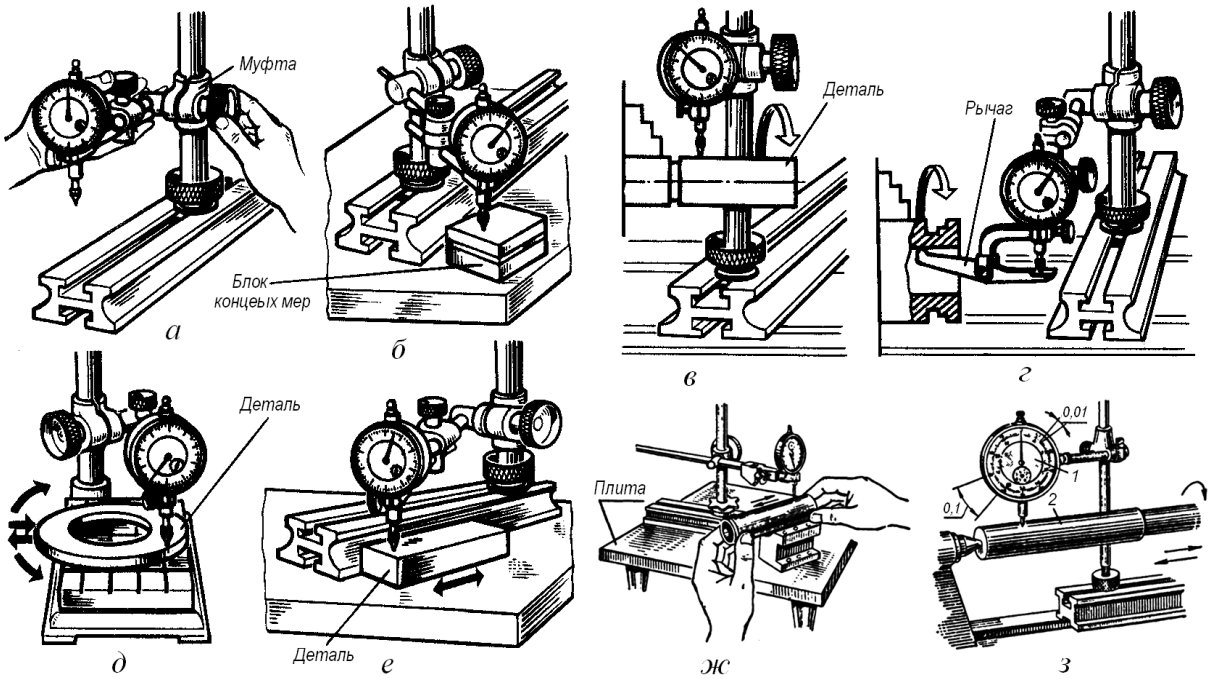


Рис. 2.87. Закрепление индикатора на штативе (*а*); установка по концевым мерам (*б*); прием проверки индикатором перемещением проверяемой детали (*в-ж*) и перемещением индикатора (*з*)

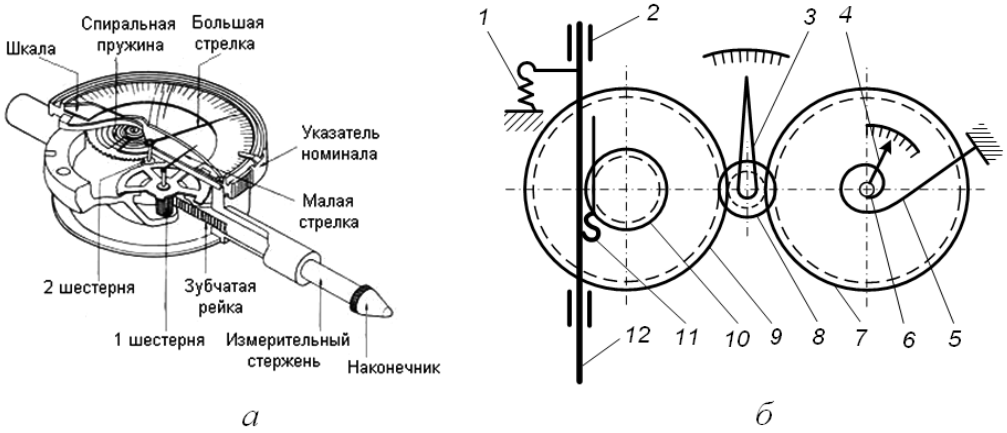


Рис. 2.88. Устройство индикатора часового типа (*а*) и его кинематическая схема (*б*): *1, 5* – пружина; *2* – гильза; *3* – стрелка-указатель; *4* – стрелка контроля числа оборотов; *6* – ось; *7-10* – зубчатые колеса; *11* – зубчатая рейка; *12* – наконечник

Для крепления индикаторов при проведении измерений применяют штативы и стойки, рис. 2.89.

На рис. 2.90 приведены схемы измерения толщины деталей и проверки параллельности поверхностей, а также приведены некоторые примеры измерения и контроля прямолинейности поверхности и параллельности плоскостей.

Для определения действительных размеров диаметров отверстий широко применяются индикаторные нутромеры. Измерения этими приборами осуществляют методом сравнения с мерой, считывая с отсчетного устройства отклонения (со знаком) от нулевого положения, соответствующего номинальному значению размера.

Конструкция нутромера зависит от пределов измерения. Показанная на рис. 2.91 конструкция характерна для нутромеров с пределом измерений больше 18 мм. Цена деления у этих приборов составляет 0,01 мм, диапазон показаний по шкале – до 10 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

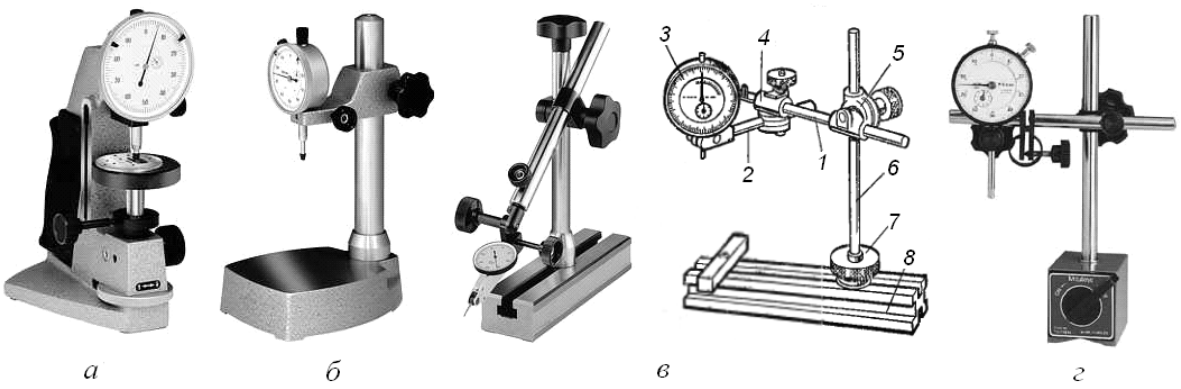


Рис. 2.89. Измерительный штатив (*а*), измерительная стойка (*б*) и универсальный измерительный штатив (*в-г*): *1*, *2*, *6* – стержни; *3* – индикатор; *4*, *5* – муфты; *7* – гайка; *8* – призма

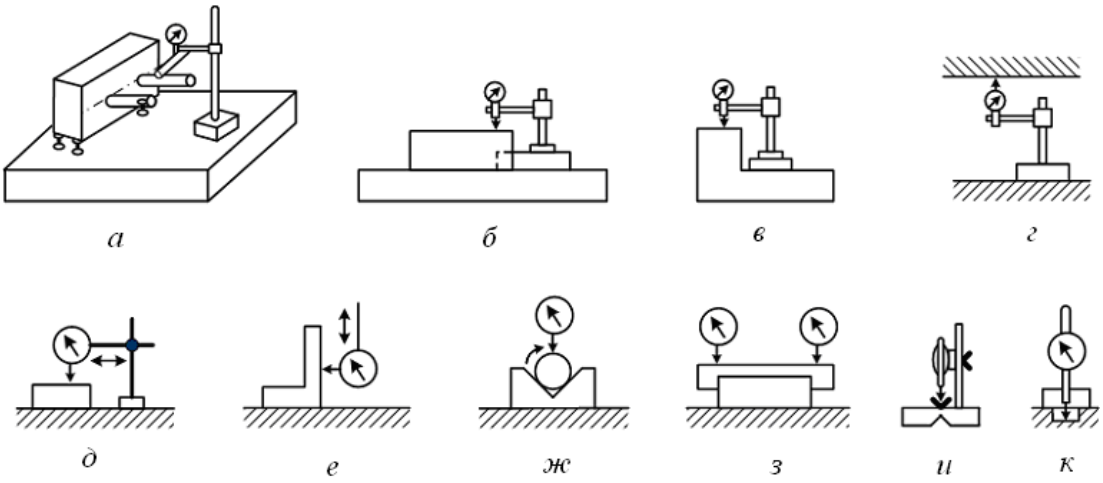


Рис. 2.90. Установка оси изделия параллельно плите (*а*); проверка параллельности плоскостей (*б-г*); проверка прямолинейности поверхности (*д-е*); проверка округлости (*ж*); замер разности толщины (*з*); измерение толщины детали (*и*) и глубины паза (*к*)

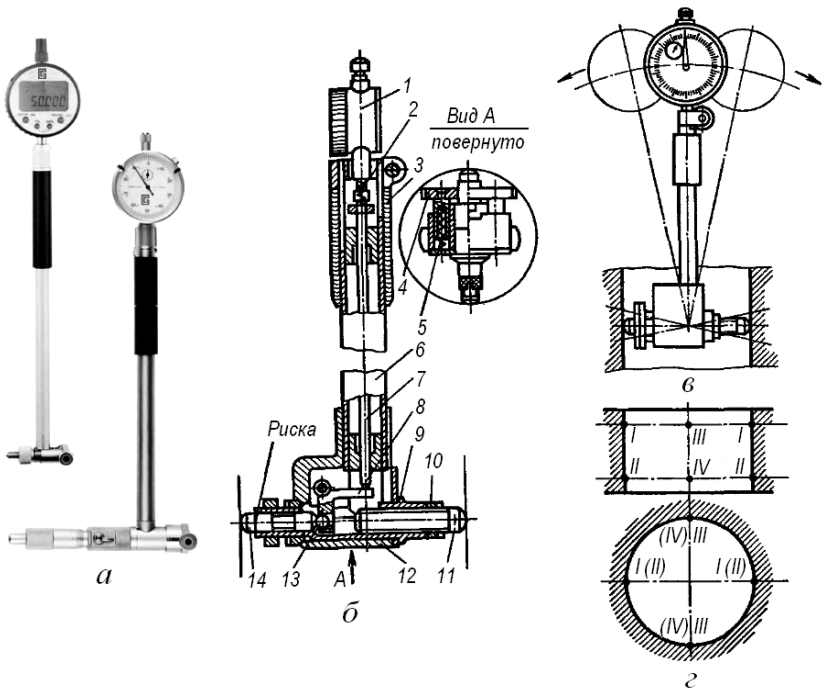


Рис. 2.91. Индикаторный нутромер (*а*), его устройство (*б*) и схема измерения отверстия индикаторным нутромером (*в*, *г*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Регулируемый (неподвижный при измерении) наконечник *11* ввертывают во втулку *9* и фиксируют после настройки на размер гайкой *10*. С другого конца втулки *9* помещен измерительный стержень *14*, перемещение которого через угловой рычаг *8* с запрессованными шариками *13* и стержень *7* передается на индикатор *1*. Измерительное усилие, обеспечивающее надежный контакт пяток наконечника и стержня с поверхностью измеряемого отверстия, создается пружиной *2* и индикатором *1*. Стержень *7* находится внутри трубки *6*, имеющей теплоизоляционную накладку *3*.

В корпусе нутромера *12* имеются отверстия, куда входят направляющие стержни центрирующего мостика *4*. Под действием пружин *5* центрирующий мостик находится в крайнем выдвинутом состоянии. После введения нутромера в измеряемое отверстие центрирующий мостик под действием этих пружин прижимается к поверхности, обеспечивая размещение пяток по линии диаметра отверстия.

Индикаторный нутромер на размер настраивают по блоку концевых мер с боковиками, закрепленными в струбцине. При настройке измерительная пятка должна быть выдвинута настолько, чтобы риска, расположенная на измерительном стержне, совпала с торцом втулки *9*. Это обеспечит установку плеч рычага *8* в положение, перпендикулярное осям стержней *14* и *7*, и уменьшит погрешность измерения. Для настройки прибора на ноль необходимо создать предварительный натяг, вывернув на 1 мм регулируемый наконечник, затем установить нутромер в положение, при котором оси измерительного стержня и регулируемого наконечника заняли бы положение, перпендикулярное поверхностям боковиков. Это положение находится покачиванием нутромера в вертикальной плоскости и соответствует наименьшему показанию индикатора.

Для измерения диаметра отверстия корпус нутромера с направляющим мостиком вводят в отверстие, устанавливают по линии диаметра (рис. 2.91, *в*) и, так же как при настройке на размер, покачивают нутромер в вертикальной плоскости. Наименьшее показание индикатора будет соответствовать отклонению диаметра от размера блока концевых мер. Оценку формы отверстия (овальность или конусность) можно произвести, если измерить диаметр отверстия или в нескольких точках на одной высоте (овальность) или в этих же точках но на разной высоте (конусность), рис. 2.91, *г*.

Индикаторные глубиномеры (рис. 2.92) применяют для измерения методом сравнения глубин отверстий, пазов, высоты уступов и т.п. Они состоят из основания с державкой, индикатора часового типа и сменного измерительного стержня. Цена деления этих приборов 0,01, диапазон показаний 10 мм. Диапазон измерения глубиномера от 0 до 100 мм обеспечивается набором сменных измерительных стержней, позволяющих производить измерения в диапазонах – 0-10, 10-20, …, 90-100 мм. Для создания предварительного натяга сменные стержни имеют несколько большую длину, чем требуется для данного диапазона.

Рис. 2.92. Глубиномер индикаторный

Для установки прибора на ноль пользуются либо двумя одинаковыми мерами длины, либо аттестованной втулкой, соответствующей по высоте измеряемому размеру. Поставив глубиномер основанием на торец втулки (либо на концевые меры), отпускают винт-зажима и перемещают индикаторную головку в державке так, чтобы указатель числа оборотов занял положение 0,5-1 (для создания предварительного натяга), а стрелка приблизительно встала на нуль. После этого зажимают винт и ободком индикатора подводят нулевой штрих шкалы под стрелку. Результат измерения получают путем сложения показания индикатора (с учетом знака) с размером установочной меры.

На рис. 2.93 приведены примеры применения индикаторных инструментов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

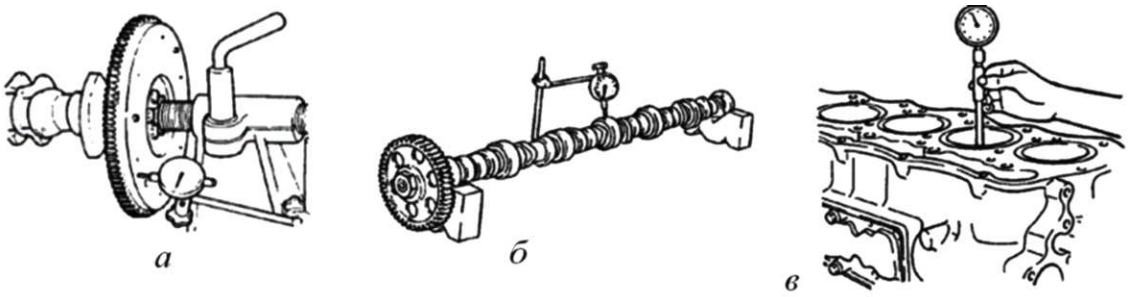


Рис. 2.93. Проверка биения маховика (*а*) и распредвала (*б*); замер износа цилиндра (*в*)

Угломер с нониусом является многомерным инструментом, предназначенным для измерения наружных и внутренних углов. Кроме того, некоторые угломеры, применяются для выполнения разметочных работ.

Угломером производят измерения углов с отсчетом действительного размера по угловой шкале с нониусом. На рис. 2.94 показан универсальный угломер системы Семенова. Он состоит из основания *4*, на которое нанесена основная градусная шкала, и сектора *6* с нанесенным на него нониусом *7*. Сектор можно перемещать по основанию. С помощью державки *9* на секторе *6* можно закрепить угольник *2*, на котором в свою очередь при помощи державки *3* закрепляется съемная линейка *1*. Линейка *8* жестко связана с основанием *4*. Винт *5* служит для скрепления сектора *6* с основанием *4*. Величину измеряемого угла читают на шкале и нониусе. Наименьший отсчет по нониусу равен 2″.

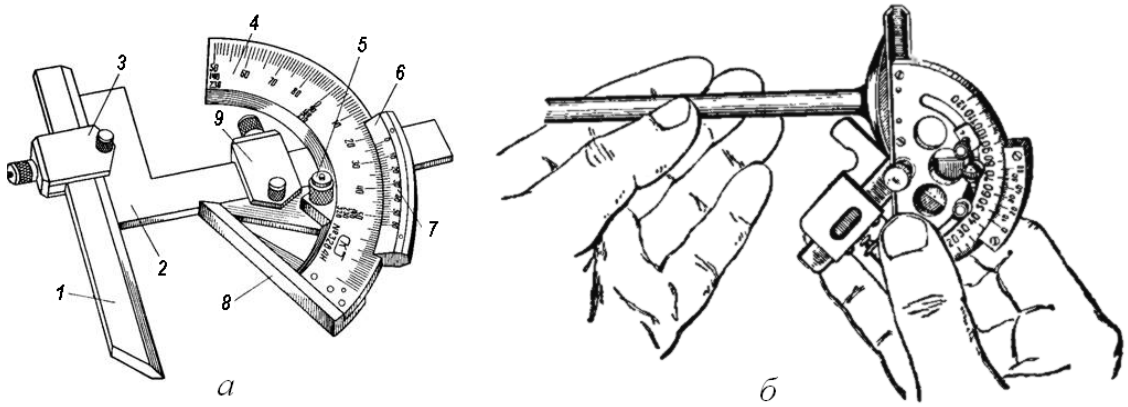


Рис. 2.94. Универсальный угломер УН с нониусом (*а*) и прием измерения фаски клапана (*б*): *1* – съемная линейка; *2* – угольник; *3*, *9* – державка; *4* – основание; *5* – винт; *6* – сектор; 7 – нониус; 8 – линейка

Если на угломере установлены угольник и линейка, то можно измерять углы 0 до 50°. Если убрать угольник и на его месте закрепить линейку, можно измерять углы от 50 до 140°; если убрать линейку и оставить только угольник, можно измерять углы от 140 до 230°. При отсутствии угольника и линейки можно измерять углы от 230 до 320°.

При подготовке угломера к работе необходимо установить угломер в нулевое положение, при этом нулевые штрихи основания и нониуса должны совпадать. При совпадении штрихов нониуса и основания между измерительными поверхностями угломера не должно быть просвета.

Приемы измерения следующие: наложить угломер на проверяемую деталь так, чтобы линейки были совмещены со сторонами измеряемого угла. Правой рукой, слегка прижимая к измерительной поверхности линейки основания, перемещать деталь постепенно, уменьшая просвет до полного соприкосновения. Если нет просвета, зафиксировать положение стопором и читать показание.

Измерение наружных углов:

- при измерении наружных углов от 0 до 50° показания читают по правой части шкалы *4*, рис. 2.94, *а*;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- при измерении наружных углов от 50 до 90° показания читают по левой части шкалы;
- при измерении наружных углов от 90 до 140° к показаниям правой части шкалы прибавляют 90°;
- при измерении наружных углов от 140 до 180° к показаниям левой части шкалы прибавляют 90°.

Измерение внутренних углов:

- при измерении внутренних углов от 180 до 130° показания правой части шкалы отнимают от 180°;
- при измерении внутренних углов от 130 до 90° показания левой части шкалы отнимают от 180°;
- при измерении углов от 90 до 140° показания правой части шкалы отнимают от 90°.

Угломеры нониусные с круговой шкалой (рис. 2.95) предназначены для измерения наружных и внутренних углов. Диапазон измерения: наружных углов – 0-360°, внутренних углов 0-270°. Точность измерения – 5″. Угломеры могут оснащаться дополнительной линейкой и увеличительной лупой для облегчения считывания показаний.

Угломеры с круговой шкалой отличаются неудобством, не позволяющим измерять угол тонкой пластины.

Измерение углов производится следующим образом. Вращением винта подачи добиваются, чтобы измерительные стороны угломера разошлись на угол, несколько больший измеряемого наружного угла или несколько меньший для внутренних углов. Измеряемый наружный угол изделия помещают между измерительными сторонами угломера так, чтобы одна его сторона плотно соприкасалась с рабочим ребром линейки.

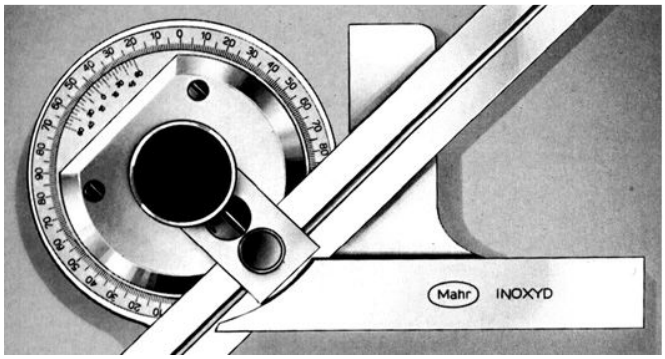
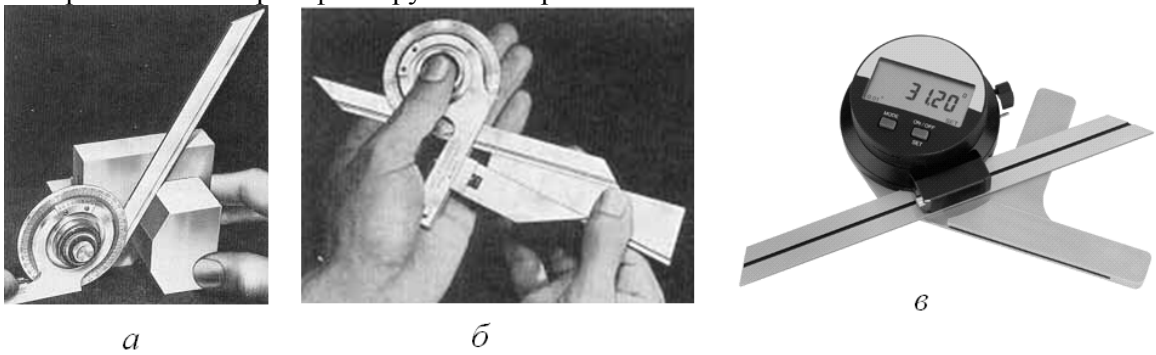


Рис. 2.95. Угломер с круговой шкалой

Затем, плавно вращая микрометрический винт, подводят плоскость угольника ко второй грани угла до плотного соприкосновения поверхности со второй плоскостью угла, рис. 2.96, *а-б*. Добившись равномерного светового зазора между поверхностями, положение измерительных сторон фиксируют стопорным винтом.



а *б* *в*

Рис. 2.96. Приемы измерения углов на проверочной плите (*а*) и – в руках (*б*); электронный угломер (*в*)

Угломер снимают с детали и отсчитывают значение угла, рис. 2.97. При этом число целых градусов отсчитывается по неподвижному диску, начиная от нуля вправо или влево, до нулевого значения нониуса. Число минут отсчитывается на нониусе также от нуля, до совпадения деления нониуса с делением шкалы на диске.

Более удобен в работе электронный угломер, рис. 2.96, *в*. При его использовании не нужно напрягать зрение. Измерение выполняется просто и быстро, диапазон измерений 0-360°, точность – ±2″.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

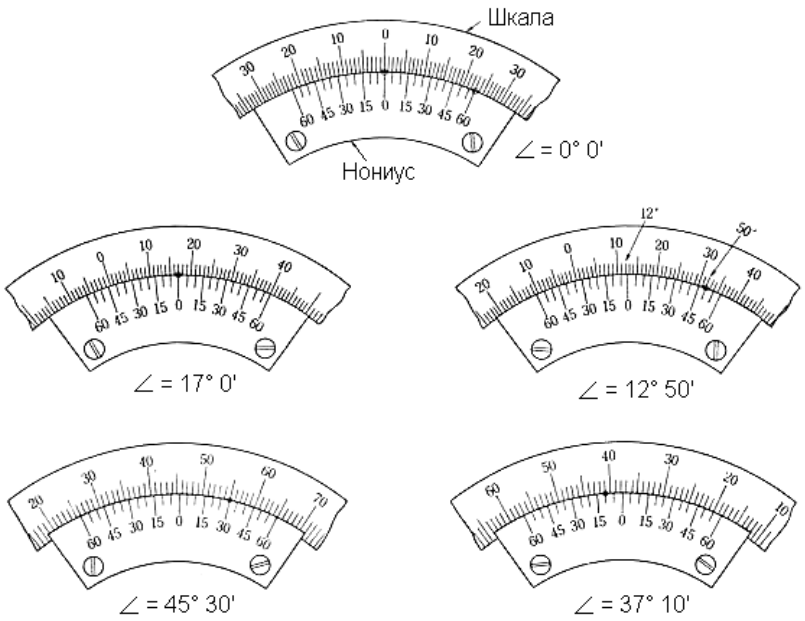


Рис. 2.97. Отсчет показаний угломера

После окончания измерения угломер, как нониусный, так и электронный, кладут в футляр, предварительно протерев его чистой тряпкой. На рис. 2.98 приведены примеры измерения углов деталей.

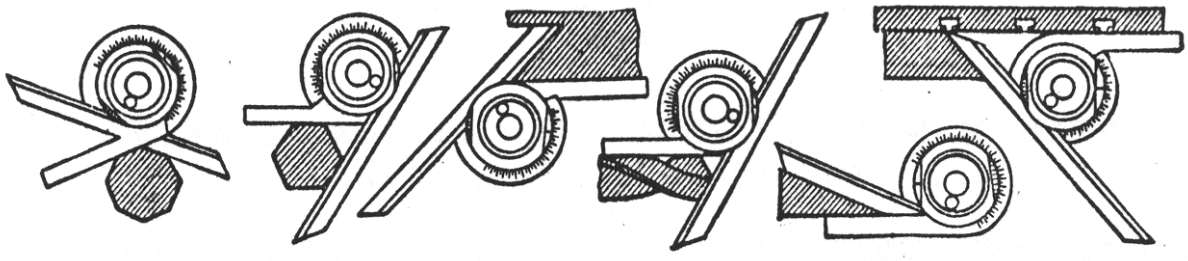
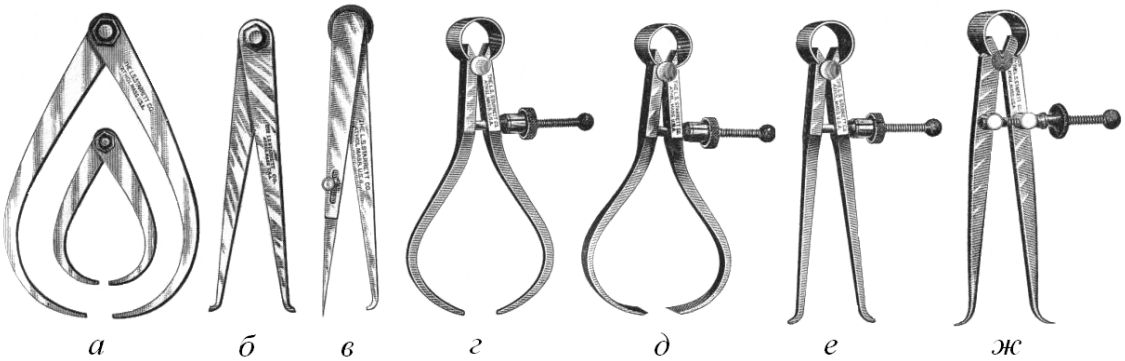


Рис. 2.98. Примеры измерения углов угломером

Кронциркуль и нутромер. Эти инструменты (рис. 2.99) служат для измерения линейных размеров с последующим их отсчетом по масштабной линейке. Наружные размеры измеряются кронциркулем, внутренние – нутромером. Различие между кронциркулем и нутромером состоит только в форме их ножек. Кронциркуль имеет криволинейные ножки, а нутромер – прямые с концами, загнутыми наружу. Ножки кронциркуля закреплены на оси с натягом так, что могут вращаться с трением, не сбиваясь после замера. Так же закреплены и ножки нутромера.



а *б* *в* *г* *д* *е* *ж*

Рис. 2.99. Кронциркуль обыкновенный (*а*); нутромер обыкновенный (*б*); кронциркуль пружинный с закругленными (*в*) и заостренными ножками (*г*); нутромер пружинный с закругленными (*д*) и заостренными (*е*) ножками, полу-кронциркуль (*ж*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Кронциркуль и нутромер изготавливают из стали У7-У8. Их измерительные концы на длине около 20 мм закалены.

При измерении детали кронциркулем или нутромером берут инструмент правой рукой за шарнирную часть и раздвигают ножки приблизительно на проверяемый размер. Затем легкими ударами ножки сближают, они должны соприкасаться губками с поверхностью измеряемой детали без качки и просвета, рис. 2.100. При этом инструмент надо держать строго перпендикулярно к оси измеряемой детали.

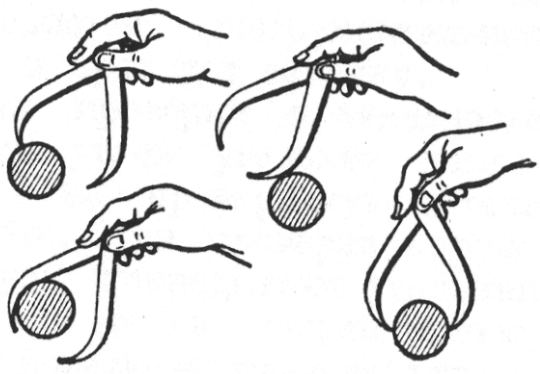


Рис. 2.100. Прием установки кронциркуля на размер детали

Для установки размера пружинного кронциркуля, его осторожно прикладывают к штангенциркулю так, чтобы одна ножка упиралась в неподвижную губку. Слегка поддерживая эту ножку мизинцем левой руки, большим пальцем устанавливают размер, рис. 2.101, *г*.

При измерении пружинным кронциркулем или нутромером инструмент держат в правой руке и ножки разводят большим и указательным пальцами. Преимущество этих инструментов заключается в том, что их ножки разводят не руками, а установочным винтом и гайкой. При этом раствор ножек не сбивается в случае неосторожного толчка или удара.

Нутромер, после снятия размера, накладывают на линейку, торец которой упирается в деталь, и отсчитывают полученный размер, при этом одна ножка нутромера должна также упираться в поверхность этой призмы. Отсчет размера можно производить как в горизонтальном положении линейки (рис. 2.101, *д*), так и в вертикальном, рис. 2.101, *в*. Примеры измерения показаны на рис. 2.102.

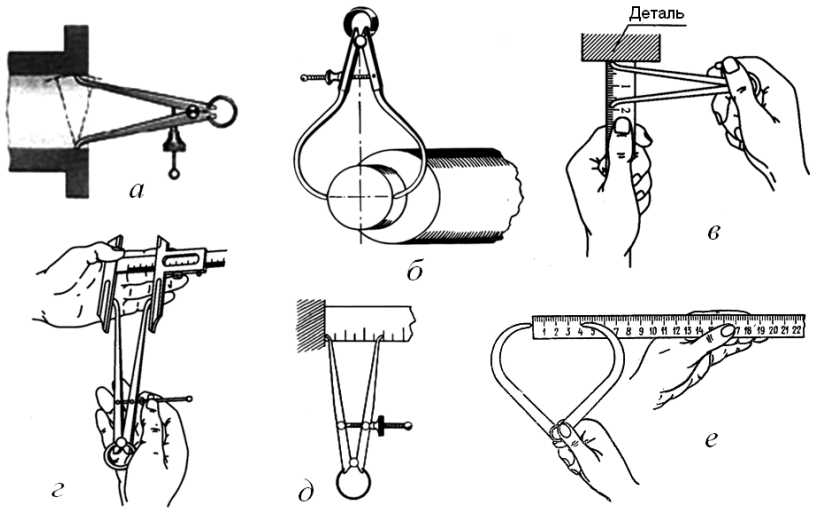


Рис. 2.101. Снятие размера с детали нутромером (*а*) и кронциркулем (*б*); отсчет размера нутромера по линейке поставленной вертикально (*в*) горизонтально (*д*); установка размера нутромера для контроля отверстия при помощи штангенциркуля (*г*); отсчет размера кронциркуля по линейке навесу в руках (*е*)

С помощью кронциркуля и нутромера можно делать замеры с точностью ±0,5 мм. Для более точных измерений следует применять электронный кронциркуль и нутромер (рис. 2.103, *в-г*) или эти же инструменты с индикатором часового типа, рис. 2.103, *а-б*. Точность измерения ими достигает 0,01 мм. Примеры измерения показаны на рис. 2.104.

Проверочная линейка. Работоспособность соприкасающихся между собой поверхностей деталей машин в значительной степени определяется не только заданными размерами, но и отклонением от прямолинейности и плоскостности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

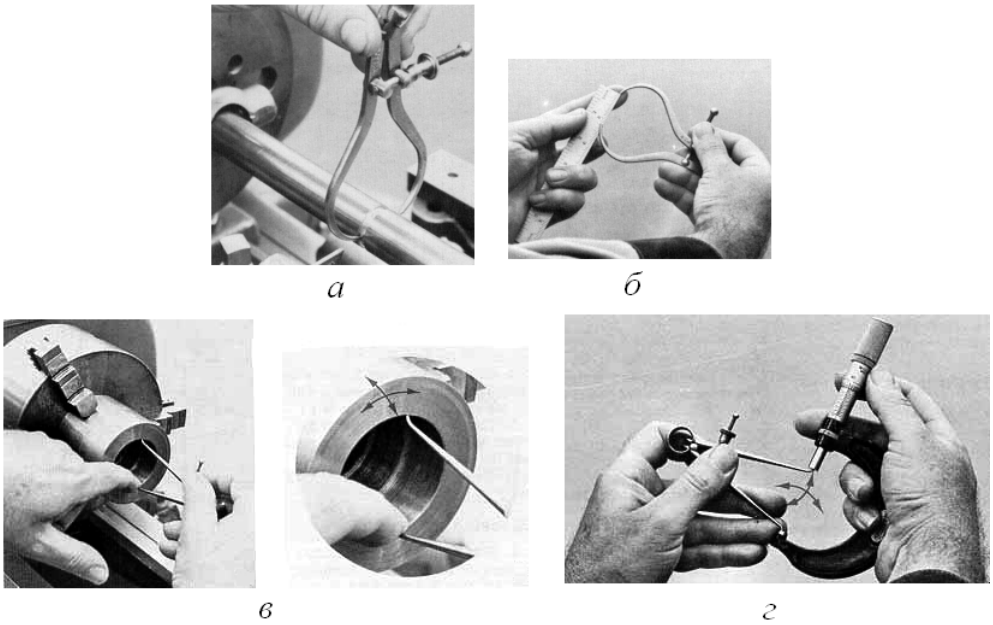


Рис. 2.102. Приемы измерения кронциркулем и нутромером: *а* – измерение кронциркулем; *б* – отсчет размера кронциркуля по масштабной линейке; *в* – измерение нутромером; *г* – отсчет размера нутромера микрометром

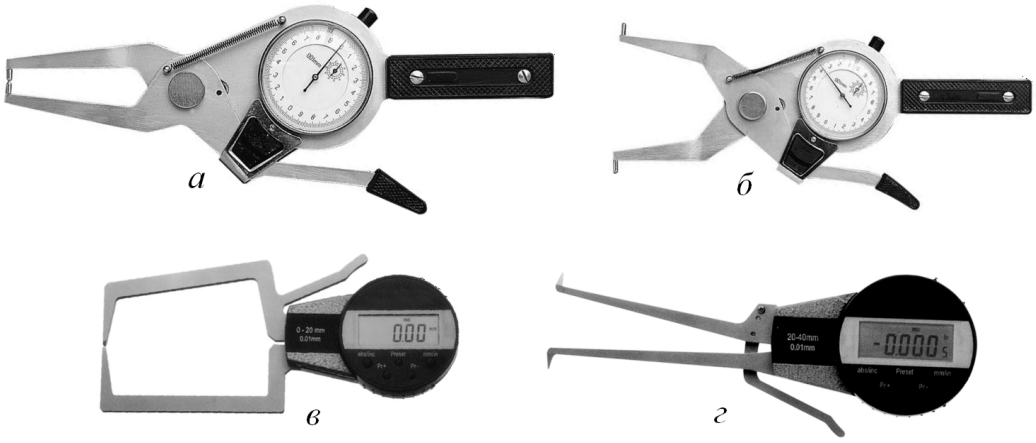


Рис. 2.103. Кронциркуль (*а*) и нутромер (*б*) с индикатором часового типа; электронные кронциркуль (*в*) и нутромер (*г*)

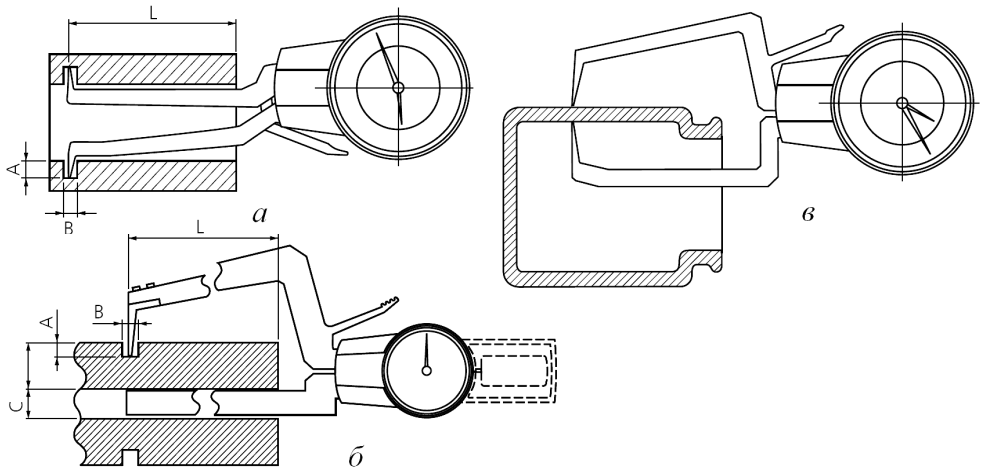


Рис. 2.104. Примеры измерения кронциркулем и нутромером: *а* – диаметра внутренней канавки; *б* – диаметра наружной канавки; *в* – толщины стенки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При измерении плоскостности определяют, насколько отклоняется поверхность обработанной детали от идеальной плоскости. Наиболее распространенными средствами измерений прямолинейности являются проверочные лекальные линейки, имеющие ножеобразную форму и скошенный под углом 45° конец. Последнее дает возможность проверять прямолинейность деталей, имеющих углы, 2.105, *б*. Продольные полукруглые канавки на боковых плоскостях линейки облегчают захват линейки рукой при работе. Длина лекальных линеек – от 75 до 500 мм.

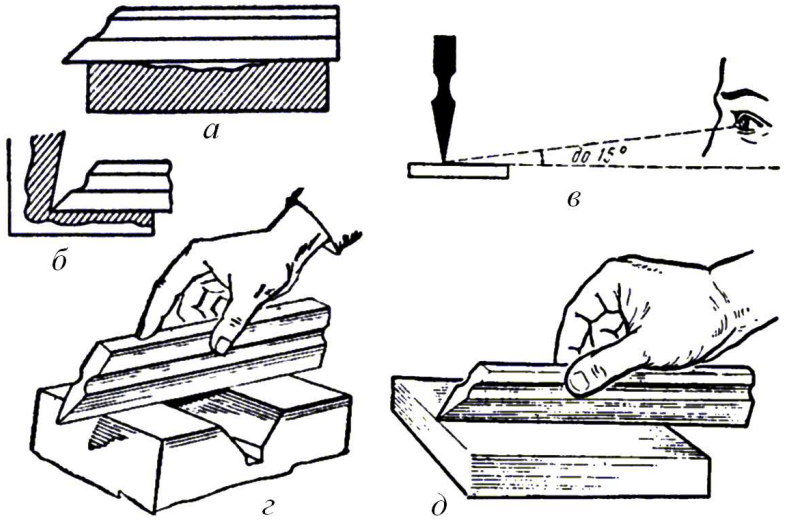


Рис. 2.105. Лекальная линейка и приемы проверки обрабатываемой поверхности:
а – просвет между линейкой и поверхностью; *б*, *г*, *д*– приемы наложения линейки;
в – положение глаза при проверке поверхности линейкой

Проверка прямолинейности лекальными линейками производится по способу световой щели (на просвет) или по способу следа. При проверке прямолинейности по способу световой щели лекальную линейку накладывают острой кромкой на проверяемую поверхность (рис. 2.105, *г-д*), а источник света помещают сзади линейки и детали. Линейку держат строго вертикально на уровне глаз (рис. 2.105, *в*), наблюдая за просветом между линейкой и поверхностью в разных местах по длине линейки. Наличие просвета между линейкой и деталью свидетельствует об отклонении от прямолинейности, 2.105, *а*. При достаточном навыке такой способ контроля позволяет уловить просвет от 0,003 до 0,005 мм (3-5 мк).

При проверке способом следа рабочим ребром линейки проводят по чистой проверяемой поверхности. Если поверхность прямолинейна, на ней останется сплошной след; если нет, то след будет прерывистым.

Проверочное тонкое ребро линейки закруглено под радиусом 0,1-0,2 мм. При проверке можно наклонять линейку до 30° и таким образом лучше видеть световую щель между нею и проверяемой поверхностью.

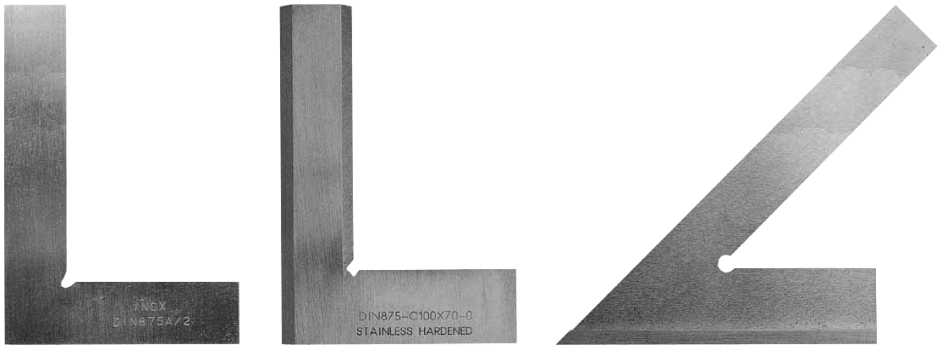
Проверочные линейки лекального типа изготавливают из углеродистой или легированной стали.

Угольники (рис. 2.106). Применяются для проверки наружных и внутренних углов. Существуют цельные угольники, изготовленные из одного куска металла, и составные, сделанные из двух частей. Стороны угольника имеют разную длину. Длина короткой стороны равна примерно 2/3 длинной стороны. В табл. 2.6 приведены размеры угольников.

Угольники изготовляются из закаленной углеродистой инструментальной стали.

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь, рис. 2.107. При проверке наружного угла накладывают угольник на деталь его внутренней частью, а при проверке внутреннего угла – наружной частью. Наложив угольник одной стороной на деталь, слегка прижимают его этой стороной к одной из сторон детали, другую сторону угольника совмещают с обрабатываемой стороной детали и по образовавшемуся просвету судят о правильности угла.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



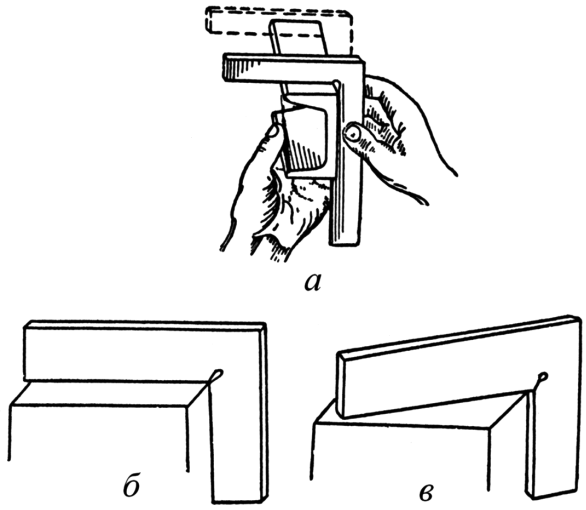
а *б* *в*

Рис. 2.106. Угольники: *а* – угольник 90° нормальный; *б* – угольник 90° со скошенной полкой; *в* – угольник 45° со скошенной полкой

Таблица 2.6 **Размеры угольников**

Длина полки, мм		Ширина полки, мм	Толщина угольника, мм
длиной	короткой		
63	40	16	3
80	50	18	4
100	63	20	5
125	80	25	5
160	100	30	6
200	125	32	6
250	160	36	8
315	200	40	8
400	250	45	10
500	315	50	10

Проверку угольником правильности прямых углов больших деталей, которые трудно удержать в руках, производят на поверочной плите. Деталь кладут базовой поверхностью на плиту. Наружную часть короткой полки слегка прижимают к поверхности поверочной плиты, другую сторону совмещают с обрабатываемой стороной детали и по образовавшемуся просвету, так же как и в предыдущем случае, судят о правильности угла, рис. 2.108.



а *б* *в*

Рис. 2.107. Проверка угольником обрабатываемых поверхностей: *а* – прием проверки; *б* – правильное положение угольника; *в* – неправильное

Малки (рис. 2.109). Предназначаются для контроля и перенесения углов различной величины на размечаемую поверхность. Существуют малки простые и универсальные.

Простая малка состоит из обоймы и линейки, помещенной на шарнире между двумя планками обоймы. Шарнирное крепление позволяет линейке занимать по отношению к обойме положение под любым углом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Малку устанавливают на требуемый угол по образцу детали, по угловым плиткам или транспортиру. Простой малкой можно контролировать и переносить на размечаемую поверхность только один угол.

Универсальная малка состоит из трех линеек, поэтому ею можно контролировать и переносить на размечаемую поверхность одновременно два разных угла.

Малки изготавливают из инструментальной стали У7-У8 подвергнутой закалке.

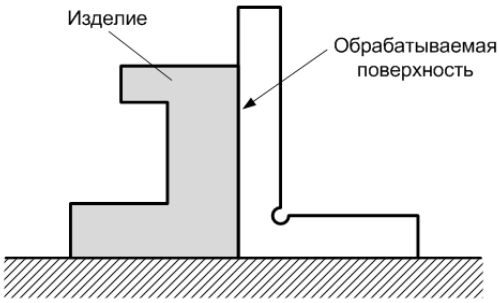


Рис. 2.108. Проверка угольником правильности прямых углов больших деталей

Шаблоны. При ремонте сельскохозяйственной техники широкое распространение получили шаблоны, которые используются для контроля линейных размеров деталей.

Шаблонами называются плоские измерители (изготовляются из тонкой листовой или полосовой стали толщиной от 0,15 до 3 мм), предназначенные для проверки фигурных контуров изделий, углов, радиусов гантелей, длин, глубин, высоты уступов, ширины и глубины пазов, зубьев шестерен, расстояний между центрами и т.п. На рис. 2.110 показаны различные шаблоны и способы пользования ими.

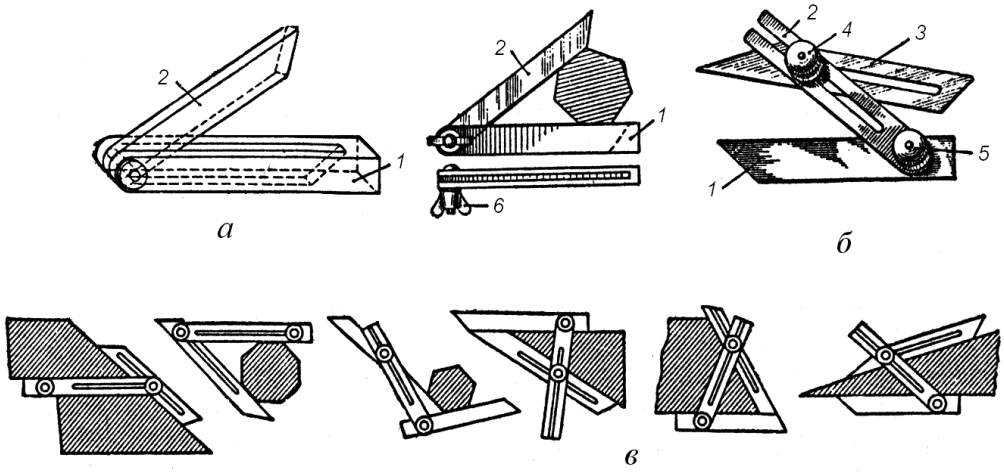


Рис. 2.109. Малки и способы их применения: *а* – простая малка; *б* – двойная малка; *в* – примеры применения малки; *1* – основная линейка (обойма), *2* и *3* – подвижные линейки с прорезями или без, *4* и *5* гайки с накаткой для закрепления линеек в установленном положении; *6* – гайка с барашком

Проверка ведется на просвет между контурами шаблона и изделия, точность проверки может быть очень высокой. Даже просвет в 0,01 мм легко обнаружить глазом.

При проверке шаблонами выемок или глухих мест, где способ проверки на просвет не приемлем, пользуются проверкой на краску. Покрыв проверяемые места тонким слоем краски (обычно синькой, разведенной в масле), накладывают шаблон на изделие и проводят им по контуру. По следам краски, переходящей на шаблон, судят о погрешностях контура изделия. Рабочие части шаблона закаливают или подвергают цементации.

Шаблоны резьбовые (резьбомеры) предназначены для определения номинального шага метрической резьбы и числа ниток на дюйм трубной резьбы. Резьбомеры) изготавливают в виде наборов для метрических М60 и дюймовых Д55 резьб и позволяют контролировать параметры как наружных, так и внутренних резьб.

Резьбомер (рис. 2.111) состоит из набора зубчатых элементов, называемых гребенками. На каждой гребенке резьбомера метрической системы указан определенный шаг резьбы в миллиметрах, а на резьбомере дюймовой системы – количество ниток на один дюйм. На корпусе обоймы резьбомера обозначен угол профиля резьбы в градусах: 60° – на метрическом резьбомере, 55° – на дюймовом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

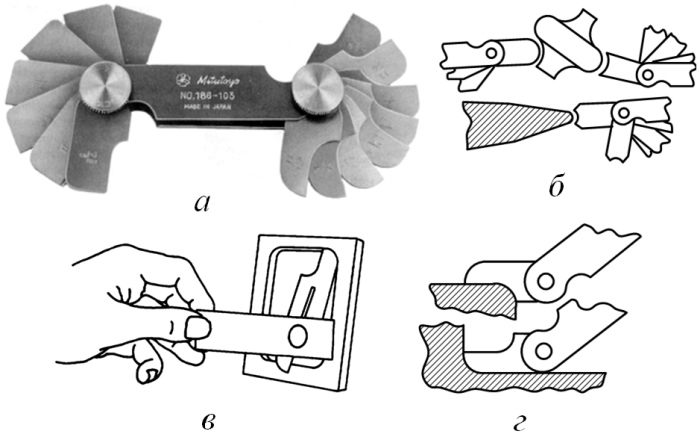


Рис. 2.110. Набор шаблонов в обойме (*а*) и примеры пользования шаблонами (*б-г*)

Определение резьбы резьбомером производится следующим образом. Сначала на глаз подбирают гребенку с резьбой, более или менее близко подходящей к проверяемой, и накладывают ее на резьбу вдоль оси винта или отверстия, меняя затем гребенку на все более подходящую, в конце концов, подбирают такую, которая точно, без просвета, совпадает с резьбой.

Щупы плоские измерительные применяются для контроля зазоров между поверхностями сопряженных деталей. Щуп имеет вид пластинки определенной толщины. На каждой пластинке указана ее толщина.

Щупы измерительные изготавливаются из закаленной, нержавеющей стали или латуни толщиной от 0,02 до 1 мм. Выпускаются измерительные щупы в виде наборов измерительных пластин разной толщины в одной обойме. Щупы могут применяться отдельно или в различных сочетаниях.

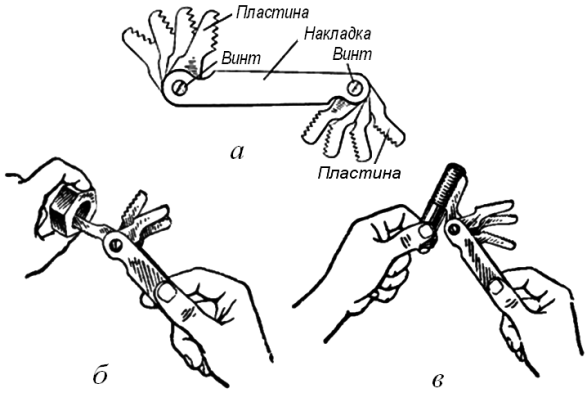


Рис. 2.111. Резьбомер (*а*) и прием пользования им (*б*, *в*)

Щупы измерительные предназначены для замера зазоров в различных сопряжениях, например, для регулировки зазоров клапанов ГРМ двигателей, радиального зазора подшипников и при проведении работ по центровке оборудования (определение раскрытия полумуфт и точного определения вида «мягкой лапы») и др., рис. 2.112.

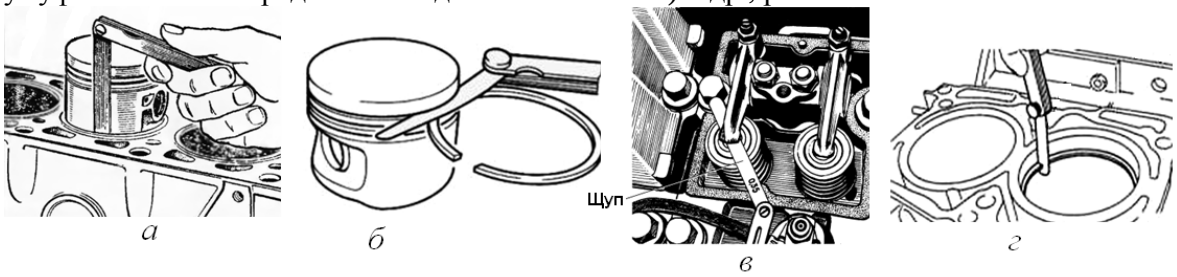


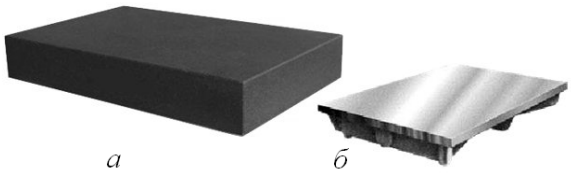
Рис. 2.112. Проверка щупами зазоров между поршнем и цилиндром (*а*), между канавкой поршня и кольцом (*б*), между коромыслом и клапаном (*в*) и в стыке поршневого кольца, помещенного в гильзу цилиндра (*г*)

Щупы также используют для контроля зазора между плоскостями или образующими криволинейной формы. Щупы измерительные нужны для измерения очень малых расстояний (например, чуть толще листа бумаги).

Измерения проводятся по принципу «проходит – не проходит». В измеряемый зазор вводят одну за другой пластинки, входящие в набор щупов, пока не наступит момент, при котором одна из пластинок едва входит в зазор, а следующая уже не входит.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Плиты поверочные (рис.2.113) применяются для поверки плоскостности методом «пятен на краску» и для предельно точной разметки, а также в роли установочных и опорных плоскостей в процессе поверки, установки или сборки машин, узлов и агрегатов. В настоящее время выпускается два типа плит – чугунные и плиты из твердокаменных пород. Каждый вид плит обладает своими достоинствами.



а *б*

Рис. 2.113. Твердокаменная поверочная плиа (*а*) и чугунная (*б*)

Плиты поверочные и разметочные, изготовленные из чугуна, производятся с высокоточной шабровкой и шлифовкой рабочих поверхностей. Они подразделяются на плиты поверочные с ручной шабровкой и плиты с механической обработкой рабочих поверхностей. Оба типа плиты выливаются из серого литейного чугуна с пластинчатым графитом марки СЧ-18 твердостью 170-290 НВ. Выбор серого чугуна СЧ-18 для изготовления плит поверочных обусловлен высокими антифрикционными свойствами этого материала.

Плиты поверочные и разметочные из твердокаменных пород имеют больший срок службы, чем плиты поверочные чугунные. Каменные поверочные плиты изготавливают из гранита, диорита, диабаза, габбро – это обеспечивает предельно высокую прочность, сравнительно небольшой коэффициент расширения при нагревании и достаточно высокий коэффициент демпфирования.

Каменные плиты не нужно размагничивать, а также к числу достоинств этих плит можно отнести обработку рабочей поверхности. Плита имеет матовое покрытие и, в отличие от глянца чугуна, не отсвечивает и не утомляет работника.

2.4 Общий контроль качества ремонтно-слесарных работ

2.4.1 Особенности контроля ремонтно-слесарных работ

Ремонтно-слесарные работы осуществляются рабочими вручную с применением разнообразного инструмента, в том числе и механизированного. Наиболее распространенными видами работ при этом являются: плоская и пространственная разметка, рубка, правка, гибка, разрезание металла, опиливание, сверление, зенкерование, развертывание, нарезка резьбы, распиливание, припасовка, шабрение, притирка и доводка.

Основной особенностью контроля ремонтно-слесарных работ является необходимость контроля процесса сборки и поэлементной проверки качества каждой из слесарных операций. Поскольку брак при слесарной обработке детали, прошедшей уже механическую обработку, обходится дорого и очень часто является неисправимым, основное внимание при контроле должно быть направлено на его предупреждение. Для этого контролер должен четко представлять, какие виды брака возможны на каждой из слесарных операций, чем они могут быть вызваны и как их предупредить. Кроме изделий контролеру приходится контролировать инструмент, которым пользуется слесарь, а иногда и приемы, используемые им, при выполнении той или иной операции. Рассмотрим основные виды брака и методы их предупреждения при слесарных работах.

При разрезании металла возможен косой разрез, несоблюдение заданных размеров, в том числе и из-за ошибок, допущенных при разметке, разрезание не по риске, повреждение поверхности заготовки при зажатии ее в тисках. Для предупреждения последнего рекомендуется зажимать заготовку в тисках, оборудованных накладными губками из мягких металлов.

Наиболее распространенными видами брака при опиливании деталей и распиливании отверстий являются неровности поверхности и завалы краев. Это происходит из-за неправильного выбора напильника, из-за отсутствия определенных навыков или вследствие слабого зажима заготовки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При сверлении отверстий их поверхность может получаться грубой и иметь следы обработки. Такое происходит, как правило, при использовании тупого или неправильно заточенного сверла, при большой или неравномерной подаче, недостаточном охлаждении сверла. Во избежание этих дефектов необходимо работать заточенным и проверенным по шаблону сверлом, уменьшить величину подачи и обеспечить подвод охлаждающей жидкости к сверлу.

Если отверстия при сверлении получаются больше, чем задано, то необходимо, в первую очередь, проверить размер сверла микрометром, проверить симметричность заточки и положение поперечной кромки. Она должна находиться по центру относительно режущих кромок. Кроме этого, причиной такого дефекта может стать биение или люфты шпинделя сверлильного станка или дрели. Чтобы предупредить этот вид брака, необходимо пользоваться правильно заточенными сверлами требуемого номинального диаметра и отрегулировать зазоры в шпинделе.

В результате неправильной разметки, неправильной установки детали или ее слабого закрепления может произойти смещение оси отверстия. Смещение оси может быть вызвано также биением сверла в шпинделе. Чтобы предотвратить смещение оси, необходимо правильно разметить деталь, делать с помощью керна и сверла центровые углубления меньшего диаметра, проверять правильность закрепления детали, биение и заточку сверла.

Биение сверла и зазоры в шпинделе могут привести к появлению овальных отверстий. Неправильная установка детали в приспособлении, ее перекос и чрезмерно большой нажим сверла могут привести к отклонению оси отверстия от перпендикуляра к поверхности детали. Особенно часто этот дефект наблюдается при сверлении отверстий дрелью, когда последнюю устанавливают «на глаз». С целью предупреждения этого вида брака необходимо тщательно проверять установку и крепление детали, и положение дрели.

При развертывании отверстий не допускается жесткое крепление разверток в патронах. Это может привести либо к овальности обработанных отверстий, либо к поломке развертки. Крепить их нужно в специальных плавающих патронах. При ручном развертывании нельзя чрезмерно давить на развертку в осевом направлении – это вызывает покачивание развертки и приводит также к овальности отверстия.

При нарезании резьбы может произойти поломка метчика в отверстии из-за невнимательности рабочего, вследствие забивания канавок стружкой или из-за работы затупившимся метчиком. Для предотвращения поломки необходимо пользоваться заточенным метчиком, чаще вывинчивать его для удаления стружки и пользоваться смазкой. Извлекать сломанный метчик чрезвычайно сложно и это, как правило, приводит к порче резьбы и к браку детали. При поломке метчика в нержавеющей стали обломок можно удалить, растворив его кислотой, тщательно соблюдая при этом меры безопасности. При отсутствии смазки или затуплении метчика (плашки) резьба получается иногда рваной. Неполная резьба получается из-за неправильной предварительной обработки: либо отверстие под резьбу было просверлено большего диаметра, либо вал был проточен до меньшего диаметра. Ошибки же в другую сторону приведут к срыву резьбы. Для предотвращения этих видов брака необходимо перед резьбонарезанием тщательно контролировать диаметр вала или отверстия.

Качество поверхности при шабрении зависит от навыков и внимательности рабочего. Тем не менее, необходимо помнить, что при чрезмерно сильном нажиме на шабер и длинных рабочих ходах (более 10-15 мм при черновом шабрении и более 5-10 мм – при чистовом) проверка на краску может показать неравномерное расположение пятен по поверхности. Плохая заправка шабера и неправильные движения им при работе приведут к образованию рисок, заусенцев и шероховатостей на обработанной поверхности. Чрезмерный нажим на шабер вызывает появление впадин на поверхности. Слишком толстый слой краски на поверочной плите приведет к полному покрыггию шабреной поверхности краской, либо к пятнам большого размера.

Своевременное устранение перечисленных причин и использование предложенных рекомендация обеспечат хорошее качество шабреной поверхности. Особое внимание при шаб-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

рении следует уделять состоянию поверочных плит и линеек, своевременно проверяя их точность, бережно относясь к их хранению и транспортировке.

В процессе притирки из-за неправильно выбранной смазки и применения абразивных порошков с крупным зерном притертая поверхность может получиться негладкой, с большим числом рисок и неровностей. Неточность размеров и искажение геометрической формы может произойти из-за применения неправильных притиров, неправильной установки притира или детали и большом припуске на притирку. Нагрев детали в процессе притирки может привести к короблению тонких деталей. Предупредить перечисленные виды характерных для притирки дефектов можно своевременным устранением названных выше причин.

Кроме общего контроля отдельных слесарных операций необходимо тщательнейшим образом контролировать соблюдение технологии сборки, определенной технической документацией, не допускать никаких отклонений от нее.

2.4.2 Точность обработки, допуски и посадки

Назначение любого вида обработки состоит в том, чтобы изготовить детали с заданной точностью. Под точностью обработки понимают соответствие размеров, формы и взаимного расположения участков обрабатываемых поверхностей заданной точности, а также чистоты обработки поверхности детали требованиям чертежа и техническим условиям. Увеличение точности изготовления деталей ведет к удорожанию обработки, снижению производительности и т.п.

Несмотря на большую точность и высокое совершенство современного металлорежущего оборудования, невозможно обеспечить получение абсолютно точных размеров или формы детали в соответствии с допуском на размер, заданным чертежом. Поэтому все изготовленные детали будут иметь определенные отклонения (погрешности).

Величина погрешностей при изготовлении деталей зависит от следующего:

- точности станков (станки не могут быть абсолютно точными и изготовляются с определенными отклонениями);
- точности изготовления и износа режущего инструмента (режущий инструмент изготовляется с допуском на точность);
- температуры проверяемой детали (при повышении температуры детали размер ее будет отличаться от размера, измеренного при нормальной температуре (20 °С);
- исправности измерительного инструмента;
- умения рабочего пользоваться измерительным инструментом.

Погрешности измерения могут быть уменьшены многократным измерением детали. Для этой цели деталь измеряют в одном и том же месте, тем же самым инструментом несколько раз. Результаты измерения складывают и делят на число измерений.

Геометрическая форма любой детали машины представляет собой обычно комбинацию плоских, цилиндрических, конических, сферических и других поверхностей. Действительная (реальная) форма, полученная при изготовлении детали, несколько отличается от номинальной геометрической формы (заданной чертежом).

Различают следующие виды отклонений от правильной геометрической формы:

- нарушение окружности цилиндра; наиболее распространенные среди них – овальность и огранка, рис. 2.114, *а*;
- отклонение от цилиндричности; среди них выделяют седлообразность, бочкообразность, конусность и отклонение от прямолинейности оси, или изогнутость, рис. 2.114, *б*;
- отклонение формы плоских поверхностей; здесь наиболее часто встречается вогнутость, выпуклость, седловидность, рис. 2.114, *в*;
- отклонение расположения поверхностей; к ним относятся отклонения от параллельности осей, перекос осей, отклонения от соосности относительно общей оси.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Долговечность машин, работающих с большими скоростями и нагрузками, зависит во многом от точности изготовления деталей. Несмотря на совершенство современного металлорежущего оборудования, невозможно получить абсолютно точные размеры или формы детали в соответствии с чертежом. Поэтому все изготовленные детали будут иметь некоторые отклонения (погрешности).

Под *необходимой точностью* изготовления понимается такая степень соответствия формы и размеров, при которой не нарушаются правила сборки машины и нормальная работа в ней данной детали. Иными словами, отклонения линейных размеров должны находиться в определенных пределах, обеспечивающих работоспособность и взаимозаменяемость детали.

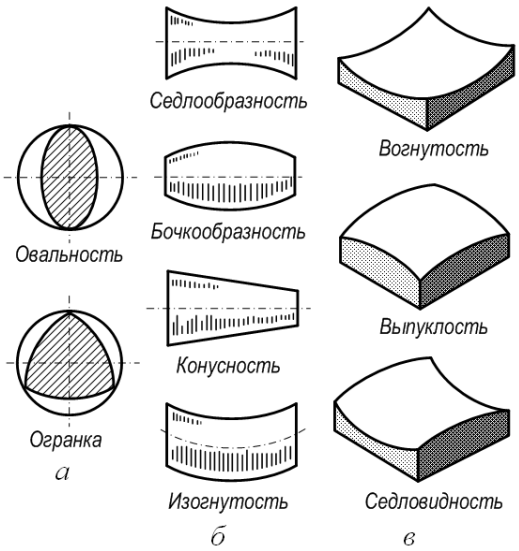


Рис. 2.114. Отклонение формы поверхности деталей: *а* – некруглость; *б* – нецилиндричность; *в* – неплоскостность

Количественно геометрические параметры деталей оценивают посредством размера.

Размеры, непосредственно или косвенно влияющие на эксплуатационные показатели машины или служебные функции узлов и деталей, называются *функциональными*. Они могут быть как у сопрягаемых (например, у вала и отверстия), так и у несопрягаемых поверхностей (например, размеры каналов жиклеров карбюраторов и т.п.)

Размер – это числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. д.) в выбранных единицах измерения. Размеры подразделяют на номинальные, действительные и предельные.

Номинальный – это размер, относительно которого определяются предельные размеры и который служит также началом отсчета отклонений. Номинальный размер – это основной размер, полученный на основе кинематических, динамических и прочностных расчетов или выбранный из конструктивных, технологических, эксплуатационных, эстетических и других соображений.

Действительный – это размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Предельные – это два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер.

Наибольший предельный размер – это больший из двух предельных, *наименьший* – это меньший из двух предельных размеров. ГОСТом 25346-89 установлены связанные с предельными размерами новые термины – «проходной» и «непроходной» пределы.

Термин «*проходной предел*» применяют к тому из двух предельных размеров, который соответствует максимальному количеству материала, а именно верхнему пределу для вала, нижнему – для отверстия.

Термин «*непроходной предел*» применяют к тому из двух предельных размеров, который соответствует минимальному количеству материала, а именно нижнему пределу для вала, верхнему – для отверстия.

Отклонение – это алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т.д.) и соответствующим номинальным размером. Отклонение может быть положительным, если предельный размер больше номинального, и отрицательным, если предельный размер меньше номинального.

Действительное отклонение – это алгебраическая разность между действительным и номинальным размерами.

Предельное отклонение – это алгебраическая разность между предельным и номинальным размерами.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Предельные отклонения подразделяют на верхнее и нижнее. *Верхнее* – это алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами, *нижнее отклонение* – это алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами.

Допуск–это разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная величина алгебраической разности между верхним и нижним отклонениями.

Классификацию отклонений по геометрическим параметрам целесообразно рассмотреть на примере соединения вала и отверстия. Термин «вал» применяют для обозначения наружных (охватываемых) элементов деталей, термин «отверстие» – для обозначения внутренних (охватывающих) элементов деталей. Термины «вал» и «отверстие» относятся не только к цилиндрическим деталям круглого сечения, но и к элементам деталей другой формы (например, ограниченным двумя параллельными плоскостями – шпоночное соединение), рис. 2.115. Диаметр отверстия обозначается прописной латинской буквой – *D*, а вал – строчной буквой *d*.

Обычно на чертежах указывают не один, а два предельно допустимых размера, больший из которых называется наибольшим предельным размером, а меньший – наименьшим предельным размером. Разность и между наибольшим и наименьшим предельными размерами называют допуском.

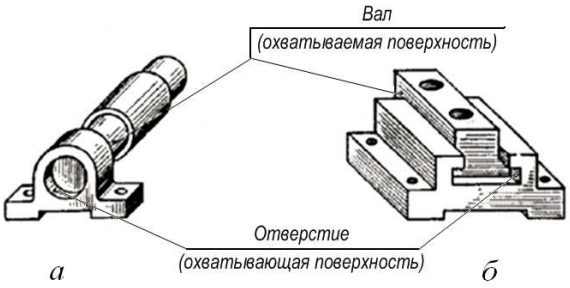


Рис. 2.115. Соединение двух деталей: *а* – гладкое цилиндрическое; *б* – плоское параллельное

Допуск на обработку на чертежах показывают в виде двух отклонений от номинального размера (отклонение равное нулю на чертежах не указывается), одно отклонение – верхнее, а другое – нижнее. На чертежах на примере отверстия диаметром 30 мм, в зависимости от допуска, размер может быть обозначен как: $D30^{+0,040}_{+0,010}$; $D30^{+0,020}_{-0,010}$; $D30^{+0,045}$; $D30^{-0,020}_{-0,024}$; $D30_{-0,066}$; $D30\pm0,007$.

Знание допусков и реальных размеров деталей важно для сборочных процессов, при изготовлении любых изделий и необходимо для выбора того или другого метода сборки.

Величина допуска не совсем полно характеризует точность обработки. Например, у вала $d6_{-0,030}$ и $d80_{-0,030}$ величина допуска одинакова 0,030 мм, но обработать вал диаметром 80 мм с этим допуском значительно труднее, чем вал, диаметром 6 мм.

Точность изготовления деталей характеризуют квалитетом (степенью точности).

Квалитет – это совокупность допусков рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров. Квалитет обозначается порядковым номером, возрастающим с увеличением допуска. Всего предусмотрено 20 квалитетов: 01; 0; 1; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18. Сокращенно допуск обозначается латинскими буквами IT – «стандартный допуск», например IT7 обозначает допуск по 7-му квалитету.

Допуски для каждого квалитета рассчитываются по формулам в зависимости от диаметра, хотя их можно определить и по таблицам, табл. 2.7. Знание допусков для различных соединений деталей крайне необходимо, ибо по ним определяются зазоры или натяги между деталями в соединении.

Точность обработки, в первом приближении, можно получить из табл. 2.8. Следует оговориться, что данные таблицы примерные, и вообще при обработке на одном и том же оборудовании диапазоны применения рядов точности гораздо шире и результаты точности обработки могут зависеть как от состояния оборудования, так и от исполнителя.

Точность геометрических параметров деталей характеризуется не только точностью линейных размеров ее элементов, но и точностью формы и взаимного расположения поверхностей. Отклонение формы и расположения поверхностей возникает в процессе обработки деталей из-за неточности и деформации станка, инструмента и приспособления; деформации обрабатываемого изделия; неравномерности припуска на обработку; неоднородности материала заготовки и т.п.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.7 **Значения допусков для размеров до 500 мм, по ГОСТ 25346-89**

Интервал размеров, мм	Квалитеты																			
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	допуск IT, мкм																			
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
От 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
От 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
От 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
От 10 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
От 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
От 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
От 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
От 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
От 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
От 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
От 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
От 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Примечание. Для размеров до 1 мм квалитеты от 14 до 18 не применяются.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.8 **Точность различных методов обработки**

Метод обработки		Квалитет	Метод обработки		Квалитет
Точение	черновое	11	Развертывание	предварительное	9
	чистовое	10		окончательное	8
	тонкое	8-9	Протягивание	чистовое	8
Фрезерование	черновое	11		отделочное	7
	чистовое	8	Шлифование	грубое	10-9
Строгание	черновое	12-11		чистовое	6-7
	чистовое	10		тонкое	5-6
	тонкое	8	Притирка и доводка	предварительная	6
Сверление		12-11		окончательная	5
Зенкерование		10			

В подвижных соединениях эти отклонения приводят к уменьшению износостойкости деталей вследствие повышенного удельного давления на выступах неровностей, к нарушению плавности хода, шуму и т.п.

В неподвижных соединениях отклонение формы и расположения поверхностей вызывает неравномерность натяга, вследствие чего снижается прочность соединения, герметичность и точность центрирования.

В сборках эти погрешности приводят к погрешностям базирования деталей друг относительно друга, деформациям, неравномерным зазорам, что вызывает нарушения нормальной работы отдельных узлов и механизма в целом, например, подшипники качения весьма чувствительны к отклонениям формы и взаимного расположения посадочных поверхностей.

Отклонения формы и расположения поверхностей снижают технологические показатели изделий. Так, они существенно влияют на точность и трудоемкость сборки и повышают объем подгоночных операций, снижают точность измерения размеров, влияют на точность базирования детали при изготовлении и контроле.

Допуски формы и расположения поверхностей деталей машин и приборов, термины, определения, относящиеся к основным видам отклонений, стандартизованы ГОСТом 24642-81.

В основу нормирования и систему отсчета отклонений формы и расположения поверхностей положен принцип прилегающих поверхностей и профилей, элементов, деталей, сборочных единиц (узлов). Все отклонения и допуски подразделяются на три группы: формы; расположения; суммарные – формы и расположения.

Прилегающая плоскость и прилегающая прямая – плоскость или прямая, соприкасающаяся с реальной поверхностью или профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки соответственно реальной поверхности или профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение.

Прилегающая окружность – это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля (для наружной поверхности вращения), или максимального диаметра, вписанная в реальный профиль (для внутренней поверхности вращения).

Прилегающий цилиндр – это цилиндр минимального диаметра, описанный вокруг реальной поверхности (для наружной поверхности вращения), или максимального диаметра, вписанный в реальную поверхность (для внутренней поверхности вращения).

Прилегающий профиль продольного сечения цилиндрической поверхности – это две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем (двумя реальными образующими, лежащими в продольном сечении) и расположенные вне материала детали так, чтобы наибольшее отклонение точек образующих профиля имело минимальное значение.

Общая ось – это прямая, относительно которой наибольшее отклонение осей нескольких рассматриваемых поверхностей вращения в пределах длины этих поверхностей, имеет

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

минимальное значение. Для двух поверхностей общей осью является прямая, проходящая через оси рассматриваемых поверхностей в их средних сечениях.

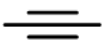
Общая плоскость симметрии – это плоскость, относительно которой наибольшее отклонение плоскостей симметрии нескольких рассматриваемых элементов в пределах длины этих элементов имеет минимальное значение.

К отклонениям формы относятся отклонения прямолинейности, плоскостности, круглости, профиля продольного сечения и цилиндричности. *Суммарным отклонением формы и расположения* называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемого элемента (поверхности или профиля) относительно заданных баз. Количественно суммарные отклонения оцениваются по точкам реальной нормируемой поверхности относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

Отклонением расположения называется отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его проектируемого расположения, определенного линейными и угловыми размерами. Для оценки точности расположения поверхностей, как правило, назначают базы.

Виды допусков, их обозначение и изображение на чертежах приведены в табл. 2.9 и табл. 2.10. Примеры назначения допусков формы, рекомендуемые степени точности и соответствующие им способы обработки указаны в табл. 2.11. Числовые значения допусков в зависимости от степени точности приведены в табл. 2.12, 2.13.

Таблица 2.9 **Допуски формы и расположения и их условные знаки**

Группа допусков	Вид допуска	Знак	Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуски формы	Прямолинейности		Суммарные допуски формы и расположения	Радиального биения	
	Плоскостности			Торцового биения	
	Круглости			Биения в заданном направлении	
	Профиля продольного сечения			Полного радиального биения	
	Цилиндричности			Полного торцового биения	
Допуски расположения	Параллельности			Формы заданного профиля	
	Перпендикулярности			Формы заданной поверхности	
	Наклона				
	Соосности				
	Симметричности				
	Позиционный				
	Пересечения осей				

Суммарным отклонением формы и расположения называется отклонение, являющееся результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

рассматриваемого элемента (поверхности или профиля) относительно заданных баз. Количественно суммарные отклонения оцениваются по точкам реальной нормируемой поверхности относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

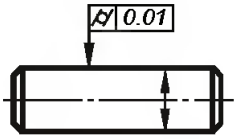
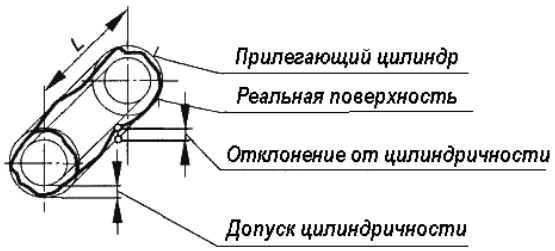
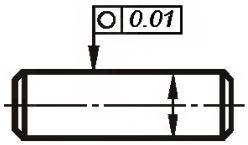
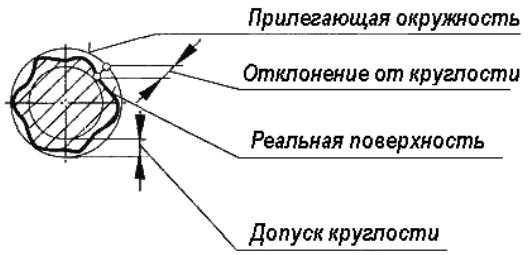
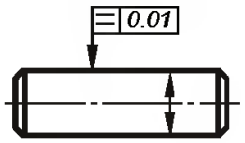
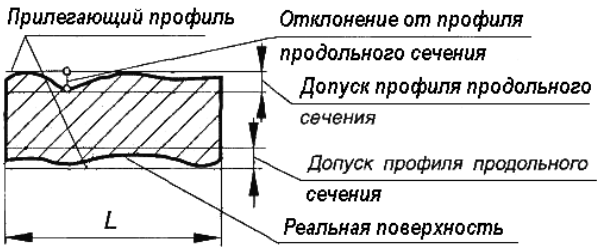
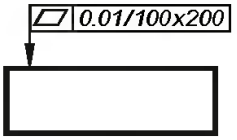
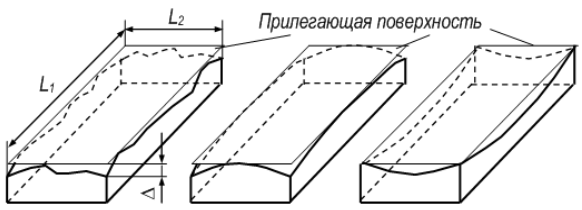
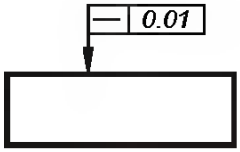
Допуски расположения или формы, устанавливаемые для валов или отверстий, могут быть зависимыми и независимыми.

Зависимым называется допуск формы или расположения, минимальное значение которого указывается в чертежах или технических требованиях и которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия):

$$T_{Зав} = T_{mim} + T_{Доп},$$

где: $T_{\min}$ – минимальная часть допуска, связанная при расчете с допустимым зазором в сопряжении; $T_{Доп}$ – дополнительная часть допуска, зависящая от действительных размеров рассматриваемых поверхностей.

Таблица 2.10 **Примеры нанесения допусков формы на чертеже по ГОСТ 2.308-79**

Вид допуска	Изображение на чертеже	Изображение отклонений
Допуск и отклонение от цилиндричности		
Допуск и отклонение от круглости		
Допуск и отклонение профиля продольного сечения		
Допуск и отклонение от плоскостности		
Допуск и отклонение от прямолинейности		–

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Зависимые допуски расположения устанавливаются для деталей, которые сопрягаются с контрдеталями одновременно по двум и более поверхностям и для которых требования взаимозаменяемости сводятся к обеспечению собираемости, т. е. возможности соединения деталей по всем сопрягаемым поверхностям. Зависимые допуски связаны с зазорами между сопрягаемыми поверхностями, и предельные отклонения их должны быть в соответствии с наименьшим предельным размером охватывающей поверхности (отверстий) и наибольшим предельным размером охватываемой поверхности (валов). Зависимые допуски обычно контролируют комплексными калибрами, являющимися прототипами сопрягаемых деталей. Эти калибры всегда проходные, что гарантирует беспригоночную сборку изделий.

Независимым называют допуск расположения (формы), числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей, изготовляемых по данному чертежу, и не зависит от поверхностей. Например, когда необходимо выдержать соосность посадочных гнезд под подшипники качения, ограничить колебание межосевых расстояний в корпусах редукторов и т. п., следует контролировать собственно расположение осей поверхностей.

Таблица 2.11 **Степени точности формы и способы обработки**

Степень точности	Применение	Способ обработки
1-2	Посадочные поверхности для подшипников качения классов точности 2 и 4, детали особо точных плунжерных и золотниковых пар, измерительные и рабочие поверхности особо точных средств измерения, направляющие прецизионных станков	Доводка, тонкое шлифование, суперфиниширование
3-4	Посадочные поверхности для подшипников качения классов точности 5 и 6, а также сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов; подшипники жидкого трения; плунжеры, золотники, втулки и другие детали гидравлической аппаратуры, работающие при высоких давлениях без уплотнений; измерительные и рабочие поверхности средств измерения нормальной точности; направляющие станков повышенной точности	Доводка, тонкое шлифование, хонингование, алмазное растачивание, шабрение повышенной точности
5-6	Посадочные поверхности для подшипников качения классов точности 0, а также сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов; подшипники трения, поршни, гильзы; плунжеры, золотники, втулки и другие детали гидравлической аппаратуры, работающие при средних давлениях без уплотнений; направляющие станков нормальной точности	Шлифование, хонингование, чистовое точение и растачивание, тонкое развертывание, протягивание
7-8	Подшипники скольжения крупных гидротурбин, редукторов; цилиндры, гильзы, поршни и поршневые кольца автотракторных двигателей; разметочные плиты; направляющие прессов; ползуны	Чистовое обтачивание и растачивание, развертывание, протягивание, зенкерование, фрезерование, строгание
9-10	Подшипники скольжения при малых скоростях; поршни и цилиндры насосов низкого давления с мягкими уплотнениями; стыковые поверхности траверз и станин прокатных станов; присоединительные поверхности арматуры, фланцев стаканов с использованием мягких прокладок	Обтачивание и растачивание, сверление, литье под давлением, фрезерование, строгание, долбление
11-12	Неответственные рабочие поверхности механизмов пониженной точности; базовые поверхности столов, рамок, рольгангов, планок в литейных машинах	Грубая механическая обработка всех видов

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.12 **Допуски цилиндричности, круглости и профиля продольного сечения**

Номинальный размер, мм	Степень точности, мкм															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
Свыше 3 до 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
Свыше 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
Свыше 18 до 30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
Свыше 30 до 50	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
Свыше 50 до 120	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
Свыше 120 до 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
Свыше 250 до 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600

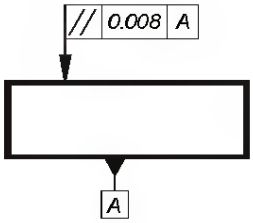
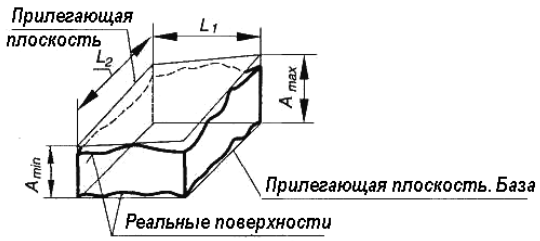
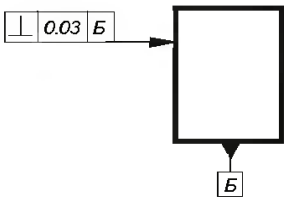
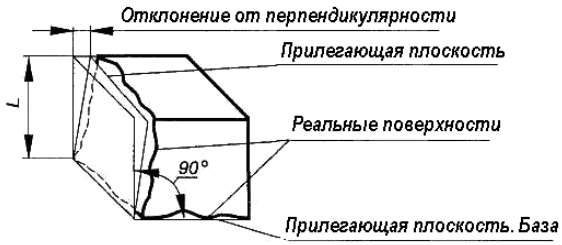
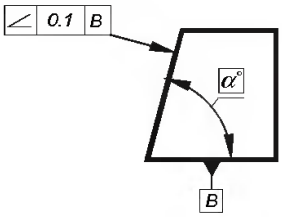
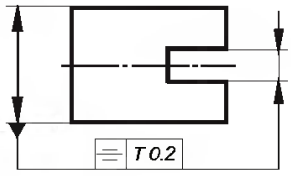
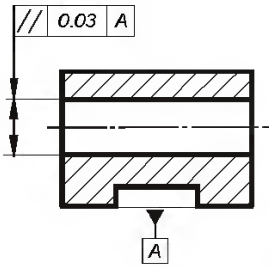
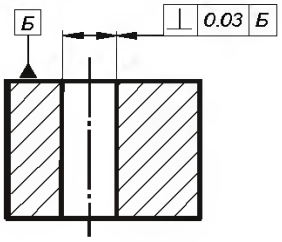
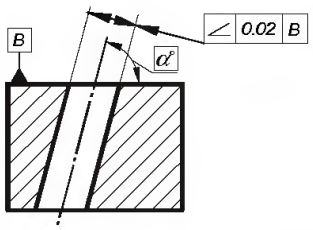
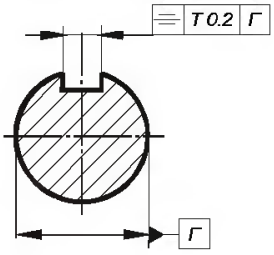
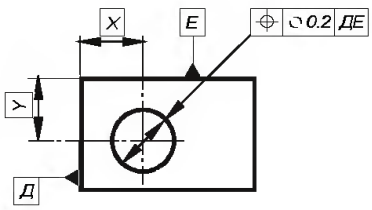
Таблица 2.13 **Допуски плоскостности и прямолинейности**

Номинальный размер, мм	Степень точности, мкм															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
Свыше 10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
Свыше 16 до 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
Свыше 25до 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
Свыше 40 до 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
Свыше 63 до 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
Свыше 100 до 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
Свыше 160 до 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
Свыше 250 до 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

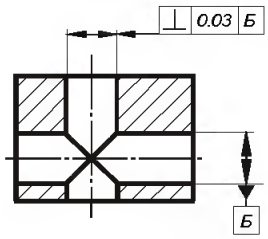
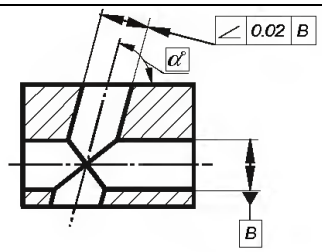
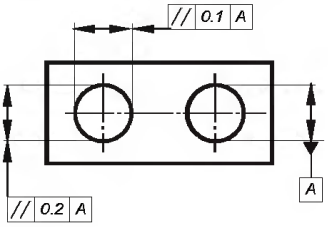
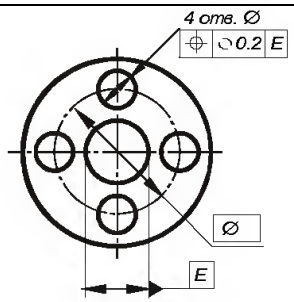
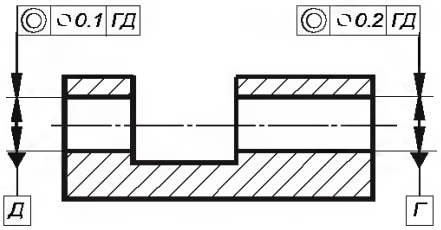
Оценка величины отклонения расположения производится по расположению прилегающей реальной поверхности, таким образом, исключаются из рассмотрения отклонения формы. Обозначение допусков расположения и изображение на чертежах приведены в табл. 2.14 и 2.15.

Таблица 2.14 **Примеры нанесения допусков расположения**

Вид допуска	Изображение на чертеже	Изображение отклонений
Допуск параллельности		
Допуск перпендикулярности		
Допуск наклона		Допуск симметричности 
Допуск параллельности		Допуск перпендикулярности 
Допуск наклона		Допуск симметричности 
Позиционный допуск		

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 2.14

Вид допуска	Изображение на чертеже	Вид допуска	Изображение на чертеже
Допуск перпендикулярности		Допуск наклона	
Допуск параллельности; Допуск перекоса		Позиционный допуск	
Допуск соосности			

Допуск формы зависит от конструктивных и технологических требований предъявляемых к обрабатываемой детали и, кроме того, связан с допуском линейных размеров. Поле допуска размера для сопрягаемых поверхностей ограничивает также и любые отклонения формы на длине соединения. Ни одно из отклонений формы не может превысить допуска размера. Допуски формы назначаются только в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска линейного размера.

Согласно ГОСТу 24643-81 для каждого вида допуска формы и расположения поверхностей установлено 16 степеней точности. Числовые значения допусков от одной степени к другой изменяются с коэффициентом возрастания 1,6. В зависимости от соотношения между допуском размера и допусками формы или расположения устанавливают следующие уровни относительной геометрической точности: *A* – нормальная относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 60 % допуска размера); *B* – повышенная относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 40 %. допуска размера); *C* – высокая относительная геометрическая точность (допуски формы или расположения составляют примерно 25 % допуска размера).

Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням *A*, *B* и *C*, составляют примерно 30, 20 и 12 % допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера – отклонение диаметра поверхности. Допуски формы и расположения можно ограничивать полем допуска размера. Эти допуски указывают только тогда, когда по функциональным или технологическим причинам они должны быть меньше допусков размера.

Вид допуска формы и расположения согласно ГОСТу 2.308-79* обозначают на чертеже знаками (графическими символами), приведенными в табл. 2.9. Знак и числовое значение допуска вписывают в рамку, указывая на первом месте знак, на втором – числовое значение допуска в миллиметрах, на третьем (при необходимости) – буквенное значение базы (баз) или поверхности, с которой связан допуск расположения.

Кроме нанесения отклонений формы и расположения на чертеже иногда применяют текстовые записи в случаях, когда условные обозначения слишком затемняют чертеж или не

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

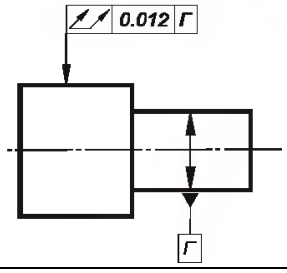
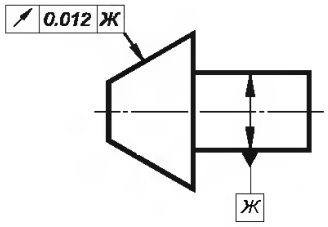
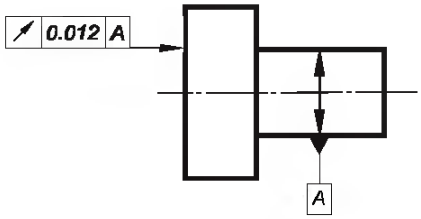
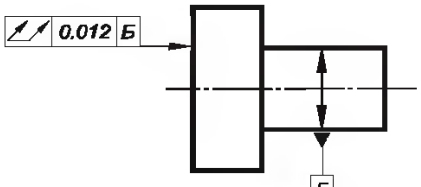
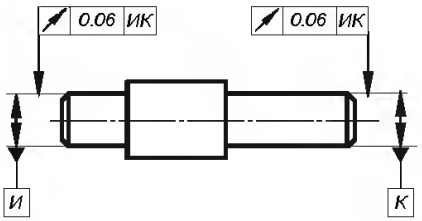
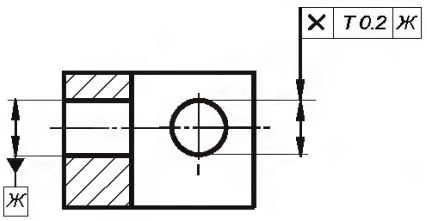
раскрывают полностью технических требований к изготовлению детали. В текстовой части дается краткое наименование заданного отклонения и буквенное обозначение или наименование параметра (например, поверхности), для которого задаются отклонение и его числовая величина.

Числовые значения допусков в зависимости от степени точности и номинального размера деталей даны в табл. 2.16 и 2.17.

Степень точности измерений, при изготовлении и контроле деталей, зависит от точности и чувствительности измерительного инструмента, принятого метода измерения и квалификации слесаря. Установлено, что наибольшая цена деления измерительного инструмента должна быть примерно в три раза меньше допуска. Так, при шлифовании вала с допуском 0,03 мм наибольшая цена деления инструмента должна быть не более 0,01 мм, в этом случае обычно пользуются микрометром.

Большое влияние на точность измерения оказывают температура детали и давление измерительного инструмента на деталь. Все измерения следует производить при одинаковой температуре и одинаковом давлении на инструмент.

Таблица 2.15 **Примеры нанесения суммарных допусков формы и расположения**

Вид допуска	Изображение на чертеже	Вид допуска	Изображение на чертеже
Допуск полного радиального биения		Допуск биения в заданном направлении	
Допуск торцевого биения			
Допуск полного торцевого биения			
Допуск радиального биения			
Допуск пересечения осей			

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.16 **Допуски параллельности, перпендикулярности и торцевого биения**

Номинальный размер, мм	Степень точности, мкм															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400
Свыше 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
Свыше 18 до 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
Свыше 25 до 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
Свыше 40 до 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
Свыше 63 до 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
Свыше 100 до 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
Свыше 160 до 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
Свыше 250 до 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500

Таблица 2.17 **Допуски соосности, симметричности, пересечения осей и радиального биения**

Номинальный размер, мм	Степень точности, мкм															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
Свыше 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
Свыше 10 до 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
Свыше 18 до 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
Свыше 30 до 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
Свыше 50 до 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500
Свыше 120 до 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
Свыше 250 до 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Основное отклонение, поля допусков. Обработать деталь точно по номинальному размеру практически невозможно из-за многочисленных погрешностей, влияющих на процесс обработки. Размеры обрабатываемой детали отличаются от заданного номинального размера. Точность изготовления детали характеризует допуск. И чем он меньше, тем труднее обрабатывать деталь.

Поэтому размер детали ограничивают, как отмечалось выше, двумя предельными размерами, один из которых (больший) называется наибольшим предельным размером, а другой (меньший) – наименьшим предельным размером, рис. 2.116, *б*. Алгебраическая разность между номинальным размером и наименьшим или наибольшим предельным размером называется отклонением или полем допуска.

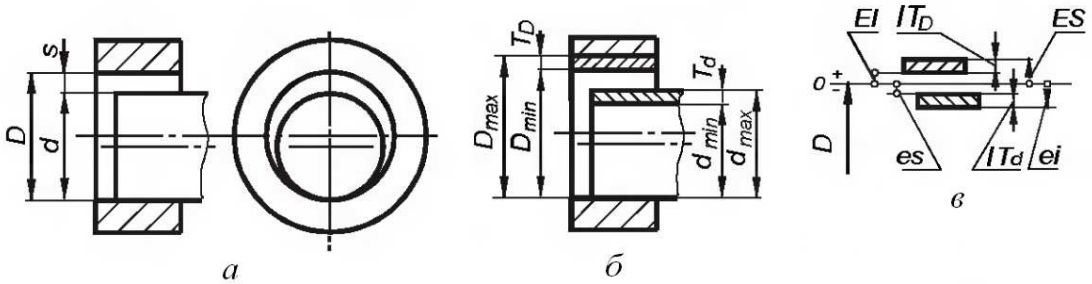


Рис. 2.116. Сопряжение с зазором (*а*); предельные размеры вала и отверстия (*б*) и предельные отклонения (*в*)

Поле допуска определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении оно находится между линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям от нулевой линии, рис. 2.116, *в*. Поле допуска характеризует не только величину допуска, но и расположение его относительно номинального размера или нулевой линии. Оно может быть расположено выше, ниже, симметрично, односторонне и асимметрично относительно нулевой линии.

Таким образом, номинальный размер служит также началом отсчета отклонений и определяет положение нулевой линии. Различают верхнее и нижнее предельные отклонения.

Верхнее отклонение (*ES* для отверстия и *es* для вала) алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами, рис. 2.116, *в*. Нижнее отклонение (*EI* для вала и *ei* для отверстия) алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами. Верхнее и нижнее отклонения ограничивают поле допуска.

Величина поля допуска зависит от назначения детали и от величины номинального размера. Размер готовой детали (действительный размер) должен лежать внутри поля допуска, т.е. между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Если это требование не соблюдено, то деталь не соответствует предъявленным к ней требованиям и бракуется.

В машиностроении в системе допусков и посадок применяется термин – основное отклонение.

Основное отклонение – одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии. Таким отклонением является ближайшее отклонение от нулевой линии.

Для валов установлено 28 основных отклонений и столько же основных отклонений для отверстий (ГОСТ 25346-89). Основные отклонения обозначаются одной или двумя буквами латинского алфавита: для вала – строчными буквами от *a* до zc, а для отверстия – прописными буквами от *A* до *ZC*, рис. 2.117. Числовые значения основных отклонений приведены в табл. 2.18 и табл. 2.19.

Для полей допусков вала (отверстия), расположенных выше нулевой линии, основное отклонение является нижним отклонением со знаком «плюс», а для полей допусков, расположенных ниже нулевой линии, основное отклонение – верхнее отклонение со знаком «минус». От границы основного отклонения начинается поле допуска. Положение второй границы поля допуска (т.е. второе предельное отклонение) определяется как алгебраическая сумма значения основного отклонения и допуска *IT* квалитета точности, рис. 2.118.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.18. Числовые значения основных отклонений валов

Интервал размеров, мм		Основные отклонения, мкм																
		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j			k	
		для всех квалитетов												для квалитетов				
														5 и 6	7	8	от 4 до 7	до 3 и свыше 7
Свыше	До	Верхнее отклонение es												Нижнее отклонение ei				
—	3	–270	–140	–60	–34	–20	–14	–10	–6	–4	–2	0	*	–2	–4	–6	0	0
3	6	–270	-140	–70	–46	–30	–20	–14	–10	–6	–4	0		–2	–4	—	+1	0
6	10	–280	–150	–80	–56	–40	–25	–18	–13	–8	–5	0		–2	–5	—	+1	0
10	14	–290	-150	–95	—	–50	–32	—	–16	—	-6	0		–3	–6	—	+1	0
14	18																	
18	24	–300	-160	–110	—	–65	–40	—	–20	—	–7	0		–4	–8	—	+2	0
24	30																	
30	40	–310	–170	–120	—	–80	–50	—	25	—	–9	0		–5	–10	—	+2	0
40	50	–320	–180	–130														
50	65	–340	–190	–140	—	–100	–60	—	–30	—	–10	0		–7	–12	—	+2	0
65	80	–360	–200	–150														
80	100	–380	–220	–170	—	–120	–72	—	–36	—	–12	0		–9	–15	—	+3	0
100	120	–410	–240	–180														
120	140	–460	–260	–200	—	–145	–85	—	–43	—	–14	0		–11	–18	—	+3	0
140	160	–520	–280	–210														
160	180	–580	–310	–230														
180	200	–660	-340	–240	—	–170	–100	—	–50	—	-15	0		–13	–21	—	+4	0
200	225	–740	–380	–260														
225	250	–820	–420	–280														
250	280	–920	–480	–300	—	–190	–110	—	–56	—	–17	0		–16	–26	—	+4	0
280	315	–1050	–540	–330														
315	355	–1200	–600	–360	—	–210	–125	—	–62	—	–18	0		–18	–28	—	+4	0
355	400	–1350	–680	–400														
400	450	–1500	–760	–440	—	–230	–135	—	–68	—	–20	0		–20	–32	—	+5	0
450	500	–1650	–840	–480														

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 2.18

Интервал размеров, мм		Основные отклонения, мкм													
		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc
		для всех квалитетов													
Свыше	До	Нижнее отклонение ei													
—	3	+2	+4	+6	+10	+14	—	+18	—	+20	—	+26	+32	+40	+60
3	6	+4	+8	+12	+15	+19	—	+23	—	+28	—	+35	+42	+50	+80
6	10	+6	+10	+15	+19	+23	—	+28	—	+34	—	+42	+52	+67	+97
10	14	+7	+12	+18	+23	+28	—	+33	—	+40	—	+50	+64	+90	+130
14	18								+39	+45	—	+60	+77	+108	+150
18	24	+8	+15	+22	+28	+35	—	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
24	30						+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
30	40	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
40	50						+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
50	65	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
65	80				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80	100	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
100	120				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120	140	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
140	160				+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160	180				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180	200	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
200	225				+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
225	250				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
250	280	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
280	315				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
315	355	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
355	400				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
400	450	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
450	500				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600
500	560	+26	+44	+78	+150	+280	+400	+600	+740	–	–	–	–	–	–

***Примечания*:** 1. Основные отклонения *a* и *b* не предусмотрены для размеров менее 1 мм.

2. * – предельные отклонения равны $\pm IT_n / 2$, где *n* – порядковый номер квалитета.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.19 **Числовые значения основных отклонений отверстий**

Интервал размеров, мм		Основные отклонения, мкм											
		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS
		для всех квалитетов											
Свыше	До	Нижнее отклонение EI											
—	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0	*
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0	
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0	
10	14	+290	+150	+95	—	+50	+32	—	+16	-	+6	0	
14	18												
18	24	+300	+160	+110	—	+65	+40	—	+20	-	+7	0	
24	30												
30	40	+310	+170	+120	—	+80	+50	—	+25	-	+9	0	
40	50	+320	+180	+130									
50	65	+340	+190	+140	—	+100	+60	—	+30	-	+10	0	
65	80	+360	+200	+150									
80	100	+380	+220	+170	—	+120	+72	—	+36	-	+12	0	
100	120	+410	+240	+180									
120	140	+460	+260	+200	—	+145	+85	—	+43	-	+14	0	
140	160	+520	+280	+210									
160	180	+580	+310	+230									
180	200	+660	+340	+240	—	+170	+100	—	+50	-	+15	0	
200	225	+740	+380	+260									
225	250	+820	+420	+280									
250	280	+920	+480	+300	—	+190	+110	—	+56	-	+17	0	
280	315	+1050	+540	+330									
315	355	+1200	+600	+360	—	+210	+125	—	+62	-	+18	0	
355	400	+1350	+680	+400									
400	450	+1500	+760	+440	—	+230	+135	—	+68	-	+20	0	
450	500	+1650	+840	+480									

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 2.19

Интервал размеров, мм		Основные отклонения, мкм													
		J			K		M		M		P до ZC	P	R	S	T
		для квалитетов										для квалитетов свыше 7-го			
		6	7	8	до 8	свыше 8	до 8	свыше 8	до 8	свыше 8	до 7				
Свыше	До	Верхнее отклонение ES													
—	3	+2	+4	+6	0	0	–2	–2	–4	–4	Отклонения как для квалитетов свыше 7-го, увеличенные на Δ	–6	–10	–14	—
3	6	+5	+6	+10	–1+Δ	—	–4+Δ	–4	–8+Δ	0		–12	–15	–19	—
6	10	+5	+8	+12	–1+Δ	—	–6+Δ	–6	–10+Δ	0		–15	–19	–23	—
10	14	+6	+10	+15	–1+Δ	—	–7+Δ	–7	–12+Δ	0		–18	–23	–28	—
14	18														—
18	24	+8	+12	+20	–2+Δ	—	–8+Δ	–8	–15+Δ	0		–22	–28	–35	—
24	30														–41
30	40	+10	+14	+24	–2+Δ	—	–9+Δ	–9	–17+Δ	0		–26	–34	–43	–48
40	50														–54
50	65	+13	+18	+28	–2+Δ	—	–11+Δ	–11	–20+Δ	0		–32	–41	–53	–66
65	80												–43	–59	–75
80	100	+16	+22	+34	–3+Δ	—	–13+Δ	–13	–23+Δ	0		–37	–51	–71	–91
100	120												–54	–79	–104
120	140	+18	+26	+41	–3+Δ	—	–15+Δ	–15	–27+Δ	0		–43	–63	–92	–122
140	160												–65	–100	–134
160	180												–68	–108	–146
180	200	+22	+30	+47	–4+Δ	—	–17+Δ	–17	–31+Δ	0		–50	–77	–122	–166
200	225												–80	–130	–180
225	250												–84	–140	–196
250	280	+25	+36	+55	–4+Δ	—	–20+Δ	–20	–34+Δ	0		–56	–94	–158	–218
280	315												–98	–170	–240
315	355	+29	+39	+60	–4+Δ	—	–21+Δ	–21	–37+Δ	0		–62	–108	–190	–268
355	400												–114	–208	–294
400	450	+33	+43	+66	–5+Δ	—	–23+Δ	–23	–40+Δ	0		–68	–126	–232	–330
450	500												–132	–252	–360

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 2.19

Интервал размеров, мм		Основные отклонения, мкм								Δ, мкм для квалитетов					
		U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC						
		для квалитетов свыше 7–го								3	4	5	6	7	8
Свыше	До	Верхнее отклонение ES													
—	3	–18	—	–20	—	–26	–32	–40	–60	0	0	0	0	0	0
3	6	–23	—	–28	—	–35	–42	–50	–80	1	1,5	1	3	4	6
6	10	–28	—	–34	—	–42	–52	–67	–97	1	1,5	2	3	6	7
10	14	–33	—	–40	—	–50	–64	–90	–130	1	2	3	3	7	9
14	18		–39	–45	—	–60	–77	–108	–150						
18	24	–41	–47	–54	–63	–73	–98	–136	–188	1,5	2	3	4	8	12
24	30	–48	–55	–64	–75	–88	–118	–160	–218						
30	40	–60	–68	–80	–94	–112	–148	–200	–274	1,5	3	4	5	9	14
40	50	–70	–81	–97	–114	–136	–180	–242	–325						
50	65	–87	–102	–122	–144	–172	–226	–300	–405	2	3	5	6	11	16
65	80	–102	–120	–146	–174	–210	–274	–360	–480						
80	100	–124	–146	–178	–214	–258	–335	–445	–585	2	4	5	7	13	19
100	120	–144	–172	–210	–254	–310	–400	–525	–690						
120	140	–170	–202	–248	–300	–365	–470	–620	–800	3	4	6	7	15	23
140	160	–190	–228	–280	–340	–415	–535	–700	–900						
160	180	–210	–252	–310	–380	–465	–600	–780	–1000						
180	200	–236	–284	–350	–425	–520	–670	–880	–1150	3	4	6	9	17	26
200	225	–258	–310	–385	–470	–575	–740	–960	–1250						
225	250	–284	–340	–425	–520	–640	–820	–1050	–1350						
250	280	–315	–385	–475	–580	–710	–920	–1200	–1550	4	4	7	9	20	29
280	315	–350	–425	–525	–650	–790	–1000	–1300	–1700						
315	355	–390	–475	–590	–730	–900	–1150	–1500	–1900	4	5	7	11	21	32
355	400	–435	–530	–660	–820	–1000	–1300	–1650	–2100						
400	450	–490	–595	–740	–920	–1100	–1450	–1850	–2400	5	5	7	13	23	34
450	500	–540	–660	–820	–1000	–1250	–1600	–2100	–2600						

Примечания. 1. Основные отклонения A и B не предусмотрены для размеров менее 1 мм.

2. Для определения значений отклонений K, M и N до 8-го квалитета и отклонении от P до ZC до 7-го квалитета следует использовать величины Δ в графах справа.

3. * – предельные отклонения равны $\pm IT_n / 2$, где n – порядковый номер квалитета.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

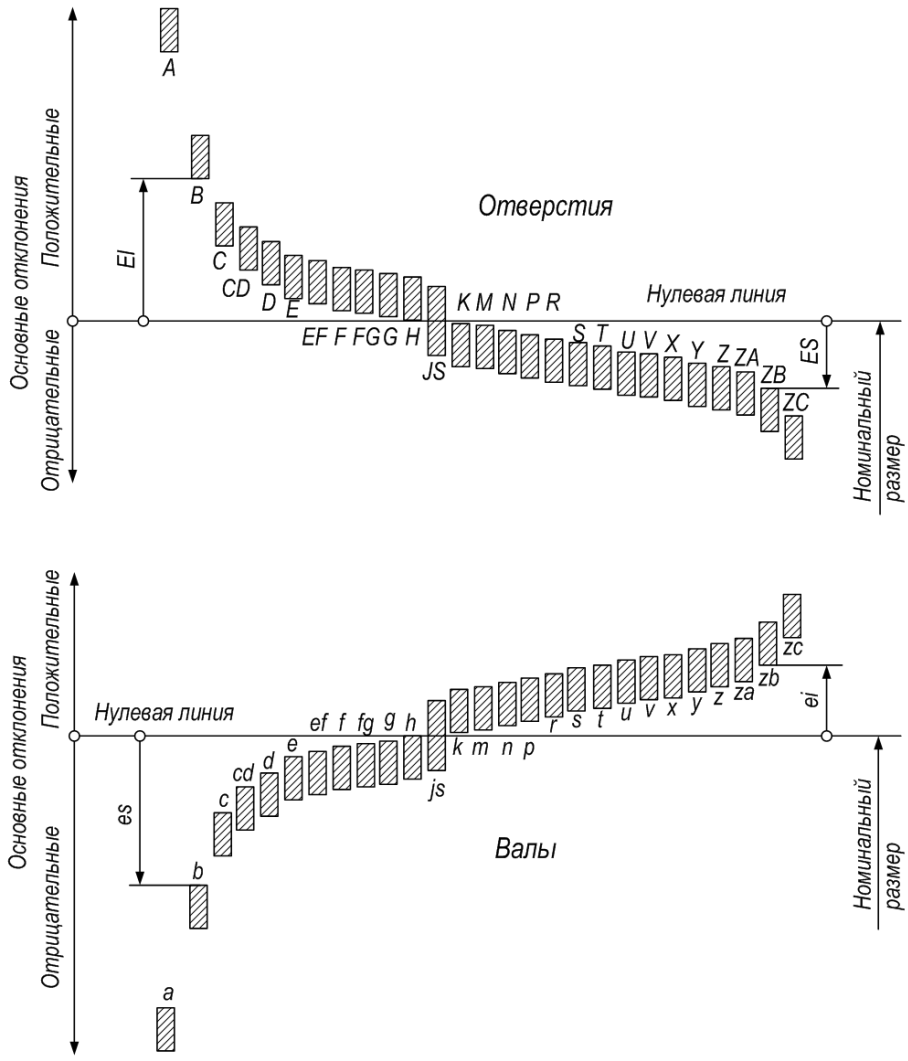


Рис. 2.117. Схема расположения полей допусков

Поля допусков образуются сочетанием одного из основных отклонений с допуском по одному из квалитетов. В соответствии со способом образования поля допусков обозначают одной буквой или сочетанием двух букв основного отклонения и цифрой, указывающей номер квалитета, например: g6, js7, H7, H11. Обозначение поля допуска указывается после номинального размера элемента.

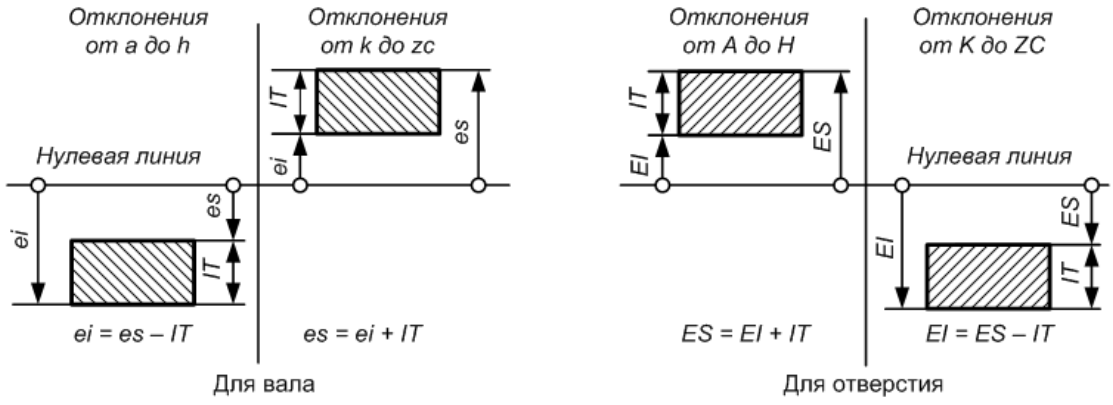


Рис. 2.118. Поле допуска для вала и отверстия

Принцип образования полей допусков допускает сочетание любых основных отклонений с любыми квалитетами. Использование всех основных отклонений и квалитетов по-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

зволяет получить 490 полей допусков для валов и 489 для отверстий. Однако на практике использование всех полей допусков неэкономично, так как вызывает чрезмерное разнообразие посадок и специальной технологической оснастки. Поэтому из всего многообразия полей допусков отобраны только те, которые обеспечивают потребности промышленности.

Для размеров от 1 до 500 мм установлено 77 полей допусков валов и 68 для отверстий. Из указанного числа выделены предпочтительные поля допусков – 10 отверстий и 16 валов. Кроме того, введены 68 дополнительных полей допусков. В первую очередь применяют предпочтительные, а затем остальные поля допусков общего применения. Дополнительные поля применяют, если посадку нужного характера нельзя получить с помощью полей допусков общего применения.

В табл. 2.20 и 2.21 приведены поля допусков с размерами от 1 до 500 мм.

Основные отклонения валов от a до g (верхнее отклонения es со знаком «минус») и основное отклонение вала h (es равно нулю) предназначены для образования полей допусков валов в посадках с зазором; от j (js) до n – в переходных посадках; от p до zc (нижние отклонения ei со знаком «плюс») – в посадках с натягом. Аналогично основные отклонения отверстий от A до G (нижние отклонения EI со знаком «плюс») и основное отклонение отверстия H (для него EI=0) предназначены для образования полей допусков отверстий в посадках с зазором; от J (JS) до N – в переходных посадках и от P до Z (верхние отклонения ES со знаком «минус») – в посадках с натягом.

Буквами js и JS обозначено симметричное расположение допуска относительно нулевой линии. В этом случае числовые значения верхнего es (ES) и нижнего ei (EI) отклонений вала (отверстия) численно равны, но противоположны по знаку (верхнее отклонение со знаком «плюс», а, нижнее – со знаком «минус»).

Основные отклонения вала и отверстия, обозначенные одноименной буквой (для данного интервала размеров), равны по величине, но противоположны по знаку; они увеличиваются с возрастанием значения интервала размеров.

Посадки. В машиностроении различают размеры сопрягаемые и свободные. Примером сопрягаемых размеров может быть наружный диаметр поршня и внутренний диаметр цилиндра. Примером свободных размеров может быть наружный диаметр фланца, диаметр заклепочной головки и т.п.

Характер сопряжения определяется посадкой, под которой понимают степень сопротивления взаимному смещению сопрягаемых деталей или свободу их относительного перемещения.

Посадкой называется характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров или натягов. Посадка характеризует свободу относительного перемещения соединяемых деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

Различают три типа посадок: с зазором, с натягом и переходные посадки.

Посадки с зазором. Посадкой с зазором называется посадка, при которой обеспечивается зазор в соединении (поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала).

Зазор S – положительная разность размеров отверстия и вала. Зазор обеспечивает возможность относительного перемещения сопряженных деталей.

Посадки с натягом. Посадкой с натягом называется посадка, при которой обеспечивается натяг в соединении (поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала).

Натяг N – положительная разность размеров вала и отверстия до сборки. Натяг обеспечивает взаимную неподвижность деталей после их сборки.

Переходные посадки. Переходной посадкой называется посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга (поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью).

Переходные посадки используют для неподвижных соединений в тех случаях, когда при эксплуатации необходимо проводить разборку и сборку, а также когда к центрированию деталей предъявляются повышенные требования.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.20 **Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм**

Квали-тет	Основные отклонения																					
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	J	K	M	N	P	R	S	T	U	Z
01											H01	Js01										
0											H0	Js0										
1											H1	Js1										
2											H2	Js2										
3											H3	Js3										
4											H4	Js4										
5						(E5)	(EF5)	(F5)	(FG5)	G5	H5	Js5		K5	M5	N5	(P5)					
6					(D6)	(E6)	(EF6)	(F6)	(FG6)	G6	H6	Js6	(J6)	Кб	Мб	N6	P6	(R6)	(S6)	(T6)		
7					(D7)	(E7)	(EF7)	F7		G7	H7	Js7	(J7)	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	(U7)	
8			(C8)		D8	E8	(EF8)	F8			H8	Js8	(J8)	K8	M8	N8	(P8)	(R8)	(S8)		(U8)	(Z8)
9	(A9)	(B9)	(C9)	(CD9)	D9	E9		F9			H9	Js9				(N9)	(P9)					
10					D10	(E10)		(F10)			H10	Js10				(N10)						
11	A11	B11	C11		D11						H11	Js11										
12		B12	(C12)		(D12)						H12	Js12										
13	(A13)	(B13)	(C13)								H13	Js13										
14											H14	Js14										
15											H15	Js15										
16											H16	Js16										
17											H17	Js17										

Примечания.
1. Цветом выделены предпочтительные поля допусков
2. В скобках указаны дополнительные поля допусков

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.21 **Поля допусков валов при номинальных размерах от 1 до 500 мм**

Квалитет	Основные отклонения																										
	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z	za	zb	zc
01											h01	js01															
0											h0	js0															
1											h1	js1															
2											h2	js2															
3											h3	js3															
4								(f4)	(fg4)	g4	h4	js4		k4	m4	n4											
5						(e5)	(ef5)	(f5)	(fg5)	g5	h5	js5	(j5)	k5	m5	n5	p5	r5	s5	(t5)	(u5)						
6					(d6)	(e6)	(ef6)	f6	(fg6)	g6	h6	js6	(j6)	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	(u6)	(v6)	(x6)	(z6)			
7					(d7)	e7	(ef7)	f7		(g7)	h7	js7	(j7)	k7	m7	n7	(p7)		s7	(t7)	u7	(v7)	(x7)	(z7)			
8			c8		d8	e8	(ef8)	f8		(g8)	h8	js8							(s8)		u8		x8	z8	(za8)	(zb8)	(zc8)
9	(a9)	(b9)	(c9)	(cd9)	d9	e9		f9			h9	Js9											(x9)	(z9)			
10					d10						h10	js10															
11	a11	b12	e11		d11						h11	js11															
12		b12	(c12)		(d12)						h12	js12															
13	(a13)	(b13)									h13	js13															
14											h14	js14															
15											h15	js15															
16											h16	js16															
17											h17	js17															

Примечания.

1. Цветом выделены предпочтительные поля допусков
2. В скобках указаны дополнительные поля допусков

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Переходные посадки, как правило, требуют дополнительного закрепления сопрягаемых деталей, чтобы гарантировать неподвижность соединений (шпонки, штифты, шплинты и другие крепежные средства).

Как видно из вышесказанного, посадки создаются разностью размеров парных деталей (вала и отверстия), рис. 2.119. Следовательно, сочетанием полей допусков валов и отверстий может быть получено большое число посадок. Различают посадки в системе отверстия и в системе вала.

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают соединением различных по размеру валов с одним основным отверстием поле допуска которого (для данного квалитета и интервала размеров) постоянно для всей совокупности посадок. Поле допуска основного отверстия расположено неизменно относительно нулевой линии так, что его нижнее отклонение *EI*=0 (оно является основным отклонением *H*), а верхнее отклонение *ES* со знаком «плюс» численно равно допуску основного отверстия. Поля допусков валов в посадках с зазором расположены ниже нулевой линии (под полем допуска основного отверстия), а в посадках с натягом – выше поля допуска основного отверстия, рис. 2.120, *а*. В переходных посадках поля допусков валов частично или полностью перекрывают поле допуска основного отверстия.

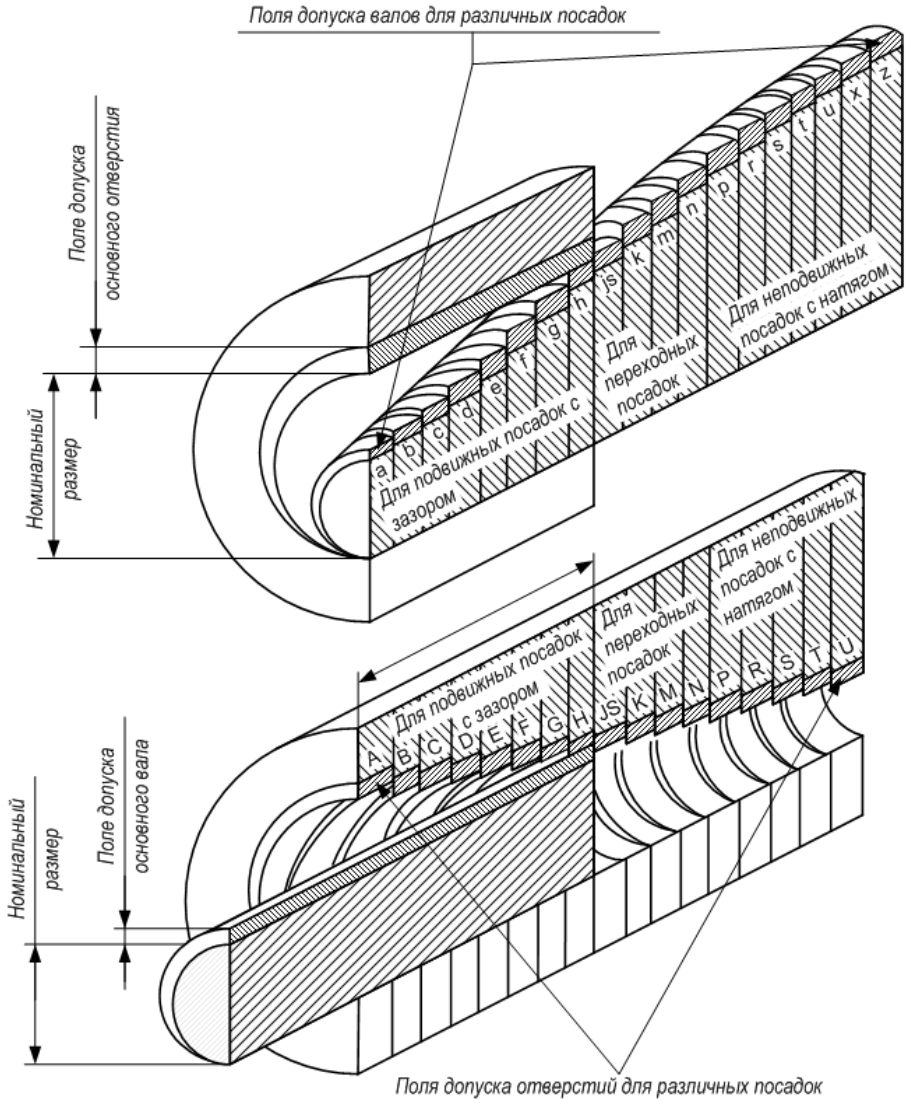


Рис. 2.119. Набор основных отклонений для различных посадок

Посадки в системе вала – посадки, в которых различные зазоры и натяги получают соединением различных по размеру отверстий с одним основным валом, поле допуска ко-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

торого (для данного квалитета и интервала размеров) постоянно для всей совокупности посадок. Поле допуска основного вала расположено неизменно относительно нулевой линии так, что его верхнее отклонение *es*=0, а нижнее отклонение *ei* со знаком «минус» численно равно допуску основного вала. Поля допусков отверстий в посадках с зазором расположены выше поля допуска основного вала, а в посадках с натягом – ниже поля допуска основного вала, рис. 2.120, *б*.

Система отверстия характеризуется более простой технологией изготовления изделий по сравнению с системой вала, поэтому она получила преимущественное применение в машиностроении. По системе вала соединяют подшипники качения с отверстиями втулок или корпусов изделий, а также поршневой палец с поршнем и шатуном и т.п.

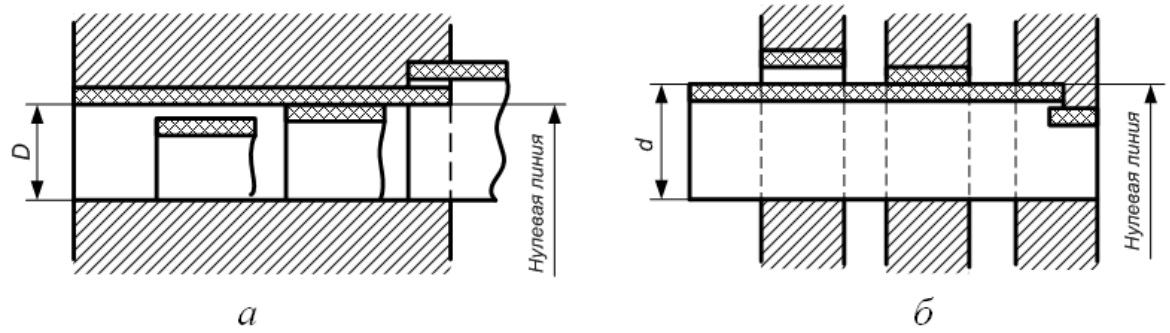


Рис. 2.120. Посадки в системе отверстия (*а*) и в системе вала (*б*)

Посадки с зазором характеризуются предельными зазорами – наибольшим и наименьшим, рис. 2.121, *а*.

Для образования в посадках натяга диаметр вала до сборки обязательно должен быть больше диаметра отверстия. В собранном состоянии диаметры обеих деталей в зоне сопряжения уравниваются. Это означает, что сборка осуществляется в результате упругих деформаций материала, и детали соединяются неподвижно. Посадки с натягами характеризуются предельными натягами, рис. 2.121, *б*.

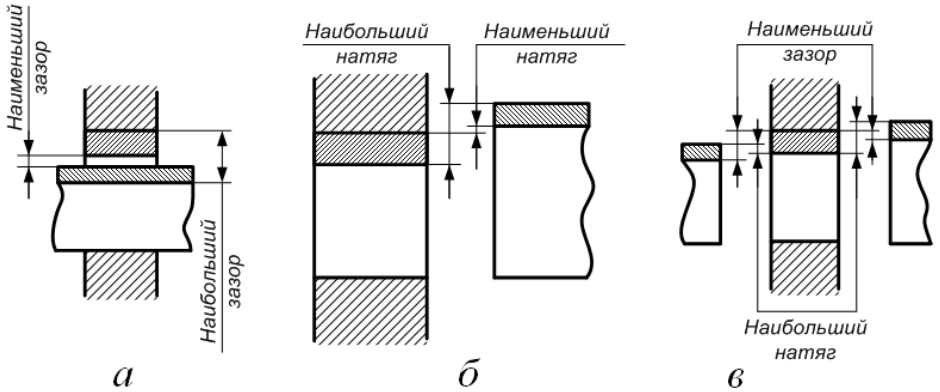


Рис. 2.121. Посадка с зазором (*а*), с натягом (*б*) и переходная (*в*)

Основной особенностью переходных посадок является то, что в соединениях деталей, относящихся к одним и тем же партиям, могут получаться зазоры, или натяги. Переходные посадки характеризуются наибольшими зазорами и наибольшими натягами, рис. 2.121, *в*.

В единой системе допусков и посадок установлены рекомендуемые посадки для всех интервалов размеров. Для размеров от 1 до 500 мм установлено 69 посадок общего применения в системе отверстия (табл. 2.22) и 61 посадка в системе вала, табл. 2.23. Из посадок общего применения выделены предпочтительные (17 посадок в системе отверстия и 10 – в системе вала). Предпочтительные посадки, образованные из предпочтительных полей допусков, следует применять в первую очередь.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.22 **Рекомендуемые посадки в системе отверстия при номинальных размерах от 1 до 500 мм**

Поле допуска основного отверстия	Основные отклонения валов																			
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	v	x	z
	Посадки																			
H5							$\frac{H5}{g4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{H5}{js4}$	$\frac{H5}{k4}$	$\frac{H5}{m4}$	$\frac{H5}{n4}$								
H6						$\frac{H6}{f6}$	$\frac{H6}{g5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{H6}{js5}$	$\frac{H6}{k5}$	$\frac{H6}{m5}$	$\frac{H6}{n5}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$					
H7					$\frac{H7}{e7}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{js6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$			
			$\frac{H7}{c8}$	$\frac{H7}{d8}$	$\frac{H7}{e8}$										$\frac{H7}{s7}$					
H8						$\frac{H8}{f7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{H8}{js7}$	$\frac{H8}{k7}$	$\frac{H8}{m7}$	$\frac{H8}{n7}$			$\frac{H8}{s7}$					
			$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$		$\frac{H8}{h8}$									$\frac{H8}{u8}$		$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
				$\frac{H8}{d9}$	$\frac{H8}{e9}$	$\frac{H8}{f9}$		$\frac{H8}{h9}$												
H9					$\frac{H9}{e8}$	$\frac{H9}{f8}$		$\frac{H9}{h8}$												
				$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$		$\frac{H9}{h9}$												
H10								$\frac{H10}{h9}$												
				$\frac{H10}{d10}$				$\frac{H10}{h10}$												
H11	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$		$\frac{H11}{d11}$				$\frac{H11}{h11}$												
H12		$\frac{H11}{b12}$	$\frac{H11}{c12}$					$\frac{H12}{h12}$												

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.23 **Рекомендуемые посадки в системе вала при номинальных размерах от 1 до 500 мм**

Поле допуска основного вала	Основные отклонения отверстий																
	A	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U
	Посадки																
h4							$\frac{G5}{h4}$	$\frac{H5}{h4}$	$\frac{JS5}{h4}$	$\frac{K5}{h4}$	$\frac{M5}{h4}$	$\frac{N5}{h4}$					
h5						$\frac{F7}{h5}$	$\frac{G6}{h5}$	$\frac{H6}{h5}$	$\frac{JS6}{h5}$	$\frac{K6}{h5}$	$\frac{M6}{h5}$	$\frac{N6}{h5}$	$\frac{P6}{h5}$				
h6						$\frac{F7}{h6}$	$\frac{G7}{h6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{JS7}{h6}$	$\frac{K7}{h6}$	$\frac{M7}{h6}$	$\frac{N7}{h6}$	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	$\frac{T7}{h6}$	
				$\frac{D8}{h6}$	$\frac{E8}{h6}$	$\frac{F8}{h6}$											
h7				$\frac{D8}{h7}$	$\frac{E8}{h7}$	$\frac{F8}{h7}$		$\frac{H8}{h7}$	$\frac{JS8}{h7}$	$\frac{K8}{h7}$	$\frac{M8}{h7}$	$\frac{N8}{h7}$					$\frac{U8}{h7}$
h8				$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$		$\frac{H8}{h8}$									
				$\frac{D9}{h8}$	$\frac{E9}{h8}$	$\frac{F9}{h8}$		$\frac{H9}{h8}$									
h9				$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$		$\frac{H8}{h9}$									
								$\frac{H9}{h9}$									
				$\frac{D10}{h9}$				$\frac{H10}{h9}$									
h10				$\frac{D10}{h10}$				$\frac{H10}{h10}$									
h11	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$				$\frac{H11}{h11}$									
h12		$\frac{B12}{h12}$						$\frac{H12}{h12}$									

Примечание. Обозначения предпочтительных посадок выделены цветом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Посадки с зазором предназначены для подвижных сопряжений, например, для подшипников скольжения, а также для неподвижных сопряжений, например, для обеспечения беспрепятственной сборки деталей, что особенно важно при автоматизации сборочных операций.

Посадки H7/h6 и H8/h7 образованы полями допусков основного вала и основного отверстия. Наименьший зазор равен нулю, а наибольший – сумме допусков вала и отверстия. Эти посадки соответствуют скользящим посадкам системы ОСТ (отраслевой стандарт), их применяют преимущественно для неподвижных соединений, часто подвергаемых разборке и регулировке и допускающих проворачивание или продольное перемещение одной детали относительно другой (для установки сменных зубчатых колес в станках и механизмах, сменных кондукторных втулок, фрез на оправках, центрирующих корпусов под подшипники качения, шпинделя в корпусе сверлильного станка).

Посадку H8/h8 используют при установке на валы деталей, передающих крутящие моменты через штифты и шпонки, для неподвижных осей и пальцев в опорах, для соединения деталей, которые должны легко передвигаться при настройке и регулировании с последующей затяжкой в рабочем положении.

Посадка H11/h11 низкой точности и предназначена для относительно грубо центрированных неподвижных соединений (для центрирующих фланцев крышек и корпусов арматуры, для соединения деталей подлежащих сварке, для крышек сальников в корпусах, для соединений распорных втулок и т.п.). В неподвижных соединениях эти посадки применяют для неответственных шарниров и роликов.

Посадку H7/g6 (движения) применяют в точных подвижных соединениях, в которых требуется обеспечить герметичность при перемещении одной детали в другой, а также плавность и точность перемещений; для подшипников скольжения особо точных механизмов при малых нагрузках и работающих при постоянной температуре, например, шпиндели точных станков, механизмов и делительных головок в их направляющих, сменные втулки в кондукторах, передвижные шестерни на валах коробок передач, плунжерные и гидравлические пары.

Посадки H7/f7 и F8/h6 (ходовые) предназначены для опор валов, вращающихся с умеренной угловой скоростью (частота до 150 рад/с) при постоянной по величине и направлению нагрузке; для опор с поступательным перемещением одной детали относительно другой; для неподвижных соединений при невысокой точности центрирования деталей, допускающих их легкую сборку и разборку (поршень в гидроцилиндре; зубчатые колеса и муфты, перемещаемые на валах; подшипники скольжения легких и средних машин, редукторов, насосов и т.п.).

Посадки H7/e8, H8/e8 и E9/h8 характеризуются большими зазорами, поэтому обеспечивают свободное вращение при значительных нагрузках и угловых скоростях (свыше 150 рад/с). Их применяют при разнесенных опорах валов и увеличенной длине опор, например, для подшипников скольжения валов турбогенераторов, электромашин.

Посадки H11/d11 предназначены для подвижных соединений низкой точности и для неподвижно грубо центрированных соединений, работающих в условиях загруженности и запыления.

Посадки с натягом используются для передачи крутящих моментов и осевых сил без дополнительного крепления, а иногда для создания предварительно напряженного состояния у сопрягаемых деталей. Посадки с натягом предназначены для неподвижных и неразъемных соединений. Относительная неподвижность обеспечивается силами трения, возникающими на сопрягаемых поверхностях вследствие их упругой деформации, создаваемой натягом при сборке соединения.

Преимущество посадок – отсутствие дополнительного крепления, что упрощает конфигурацию деталей и их сборку. Посадки обеспечивают высокую нагрузочную способность сопряжения, которая резко возрастает с увеличением диаметра. В то же время прочность и качество сопряжения зависят от материала сопрягаемых деталей, шероховатости их поверхности, формы и способа сборки (сборка под прессом или способ термических деформаций) и т.п.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Посадки H7/p6 и P7/h6 характеризуются минимальными гарантированными натягами. Их назначают для неподвижных соединений передающих сравнительно малые осевые усилие или небольшие крутящие моменты, для сопряжения валов с тонкостенными трубками, не допускающих больших деформаций, для соединения деталей из цветных металлов и легких сплавов, для центрирования тяжело нагруженных валов с втулками с дополнительным креплением соединяемых деталей.

Посадки H7/s6 и H7/r6 (прессовые) используют для неподвижных соединений, предающих усилия средней нагрузки без дополнительного крепления соединяемых деталей, а в условиях тяжелых ударных нагрузок с дополнительным креплением, например, для сопряжения зубчатых и червячных колес с валами.

Посадки H7/u7 и H8/u8 наиболее распространенные из числа тяжелых посадок. Примеры применения – вагонные колеса на осях, бронзовые венцы червячных колес на стальных ступицах, пальцы эксцентриков и кривошипов с дисками.

Переходные посадки используются как центрирующие. Переходные посадки предназначены для неподвижных, но разборных соединений, так как обеспечивают легкую сборку и разборку соединения. Посадки, как правило, требуют дополнительного крепления соединяемых деталей шпонками, штифтами, болтами и т.п.

Посадки H7/n6 и H7/h6 (соответствуют глухой посадке) обеспечивают в соединениях только натяги (вероятность получения зазоров чрезвычайно мала). Эти посадки используют при центрировании деталей в неподвижных соединениях, воспринимающих вибрации и удары. Надежность посадки с натягом гарантируется дополнительным креплением деталей с помощью винтов, штифтов и т.п. Разборку соединения производят редко (при капитальном ремонте). Например, зубчатые колеса и муфты на валах, бронзовые венцы червячных колес, кондукторные втулки в станочных приспособлениях, поршневые пальцы в бобышках поршней двигателей, ступицы вентиляторов на валу.

Посадки H7/k6 и K7/h6 (напряженные) обеспечивают средний зазор, близкий к нулю. Вероятность получения зазоров и натягов в соединении примерно одинакова. Вследствие погрешностей формы соединяемых поверхностей, особенно при длине соединения, превышающей три диаметра, зазоры не ощущаются. Поэтому эти посадки применяют для точного центрирования соединяемых деталей, например, неподвижных зубчатых колес на валах металлорежущих станков, втулок в головке шатуна тракторного двигателя; шкивов, маховиков и рычагов на валах; съемных муфт на валах.

Посадки H7/js6 и Js7/h6 (плотные) обеспечивают только зазоры в соединениях (вероятность получения натягов мала). Однако из-за влияния погрешностей формы и расположения поверхностей при сборке соединения требуется приложить усилие с помощью деревянного молотка. Посадку назначают для легко разбираемых, неподвижных, центрирующих соединений (ручных маховиков на валах, стаканов подшипников в корпусах).

2.4.3 Шероховатость поверхности

При любом методе обработки металлов резанием (сверление, развертывание, строгание, опиливание, шабрение, притирка и т.д.) не получится идеально гладкая и ровная поверхность деталей, всегда останутся следы в виде шероховатостей, впадин, задиров и других неровностей, называемых гребешками. Гребни и впадины называют микронеровностями поверхности детали или шероховатостью, характеризующей чистоту поверхности.

Даже поверхности, кажущиеся совершенно гладкими, после шабрения, притирки, доводки имеют мелкие неровности, не видимые невооруженным глазом, но отчетливо различаемые при помощи приборов.

Влияние шероховатости на работу деталей машин многообразно:

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- шероховатость поверхности может нарушать характер сопряжения деталей за счет смятия или интенсивного износа выступов профиля;
- в стыковых соединениях из-за значительной шероховатости снижается жесткость стыков;
- шероховатость поверхности валов разрушает контактирующие с ними различного рода уплотнения;
- неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают усталостную прочность деталей;
- шероховатость влияет на герметичность соединений, на качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- шероховатость влияет на точность измерения деталей;
- коррозия металла возникает и распространяется быстрее на грубо обработанных поверхностях.

Шероховатость поверхности является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности деталей и оказывает влияние на эксплуатационные показатели. В свою очередь качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин и приборов, и обусловливается свойствами металла и методами его обработки.

Чистота поверхности зависит от свойств обрабатываемого металла, инструмента, режима обработки, применяемых смазочно-охлаждающих жидкостей, способа и вида обработки, рис. 2.122.

В условиях эксплуатации машины или прибора, внешним воздействиям, в первую очередь, подвергаются поверхности деталей. Износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное и эрозионное разрушения, разрушение в результате кавитации и т.п. – это процессы, протекающие на поверхности деталей и в некотором прилегающем к поверхности слое. Естественно, что придание поверхностям деталей специальных свойств, способствует существенному повышению показателей качества машин в целом и в первую очередь показателей надежности.

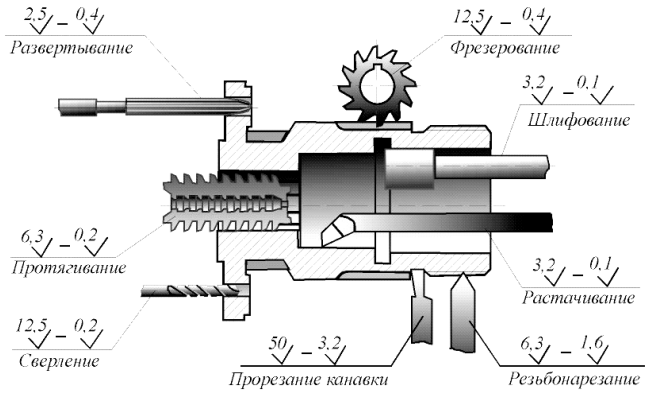


Рис. 2.122. Зависимость чистоты поверхности от способа и вида обработки

Геометрические характеристики качества поверхности показаны на рис. 2.123 в порядке уменьшения их абсолютных величин: отклонения формы; волнистость; шероховатость. Волнистость занимает промежуточное положение между шероховатостью и погрешностями формы поверхности. Критерием для их разграничения служит отношение шага S к высоте неровностей R.

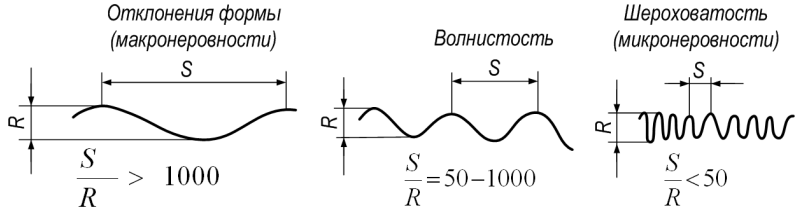


Рис. 2.123. Классификация геометрических характеристик качества поверхности

Шероховатость и волнистость поверхности взаимосвязаны между собой. Высота неровностей волнистости и высота шероховатости примерно одинаковы, отношение же ша-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

гов к высоте различны. К волнистости, как правило, относятся периодические неровности, у которых отношение шага к высоте больше 50. У изделий с круглым сечением к волнистости относятся отклонения в радиальном сечении, у которых шаг меньше 1/15 окружности.

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля (чаще поперечного), получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью. Для отделения шероховатости поверхности от других неровностей с относительно большими шагами (отклонения формы и волнистости) ее рассматривают в пределах ограниченного участка, длина которого называется базовой длиной *l*.

Базой для отсчета отклонений профиля является средняя линия профиля *m-m* – линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии минимально, рис.2.124.

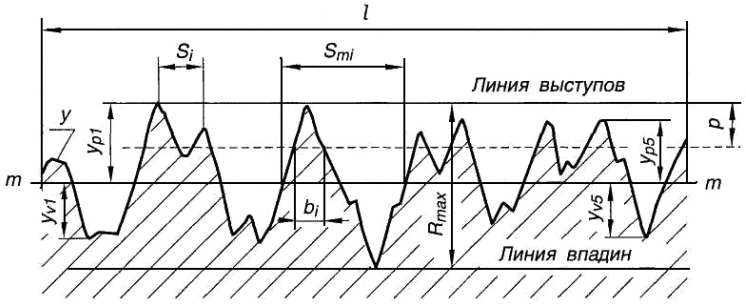


Рис. 2.124. Обозначение параметров шероховатости

По ГОСТ 2789-73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики» (изменение 1980 г.) установлены следующие параметры шероховатости.

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} y_i \ ,$$

где: *l* – базовая длина; *n* – число выбранных точек профиля на базовой длине; *y* – расстояние между любой точкой профиля и средней линией (*отклонение профиля*).

Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5}\left(\sum_{i=1}^{5} |H_{i\max}| + \left| \sum_{i=1}^{5} |H_{i\min}| \right| \right) \text{ или } Rz = \frac{1}{5}\left(\sum_{i=1}^{5} |h_{i\max}| + \left| \sum_{i=1}^{5} |h_{i\min}| \right| \right),$$

где: $H_{i\max}$, $H_{i\min}$ определяются относительно средней линии, а $h_{i\max}$, $h_{i\min}$ –относительно произвольной прямой, параллельной средней линии и не пересекающей профиль.

Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\max}$ – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Средний шаг неровностей профиля S_m – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} S_{mi} \ ,$$

где: S_{mi} – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, заключенного между точками пересечения смежных выступов и впадин профиля со средней линией.

Средний шаг неровностей профиля по вершинам S – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} S_i \ ,$$

где: S_i – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, заключенного между проекциями на нее наивысших точек двух соседних местных выступов профиля.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Относительная опорная длина профиля t_p – отношение опорной длины профиля к базовой длине равна:

$$t_p = \left(\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} b_i \right) \cdot 100\% ,$$

где: b_i – опорная длина профиля (сумма длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне p в материале профиля линией, эквидистантой средней линии в пределах базовой длины).

Параметр *Ra* является предпочтительным, т.к. более полно, чем *Rz*, отражает отклонения профиля, поскольку определяется по всем точкам (или достаточно большому числу точек) профиля. Параметр *Rz* нормируют в тех случаях, когда по функциональным требованиям необходимо ограничить полную высоту неровностей профиля, а также когда прямой контроль параметра *Ra* с помощью профилометров или образцов сравнения не представляется возможным, например, для поверхностей, имеющих малые размеры или сложную конфигурацию (режущие кромки инструментов и т.п.).

На рабочих чертежах изделий указывают шероховатость поверхностей, которую они должны иметь перед сборкой. Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Чем грубее обработана деталь, тем меньше ее износостойкость. Наличие микронеровностей вызывает концентрацию напряжений во впадинах гребешков, что приводит к появлению трещин и снижает прочность деталей (особенно работающих при знакопеременных нагрузках).

Шероховатость на деталях после обработки оказывает значительное влияние на коррозионную стойкость. Очаги коррозии образуются в первую очередь во впадинах. Чем чище обработана поверхность, тем выше ее коррозионная стойкость.

Шероховатость оказывает влияние на стабильность подвижных и неподвижных посадок. Значительная шероховатость изменяет расчетную величину зазора или натяга.

На рис. 2.125 приведена структура обозначения шероховатости. При обозначении шероховатости только по параметру применяют знак без полки.

Рис. 2.125. Обозначение параметров шероховатости

Числовые значения параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73 указывают в обозначении шероховатости:

- для параметра R_a – без символа, например, 3,2;
- для параметра R_z – после символа, например, R_z 25.

Для обозначения шероховатости применяют (совместно с числовыми значениями параметров) следующие знаки:

- $\sqrt{}$ – для поверхностей, вид обработки которых конструктором не устанавливается;
- $\sqrt{\nabla}$ – для поверхностей, которые должны быть образованы удалением слоя материала, например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т.п.;
- $\sqrt{\nabla}$ – для поверхностей, которые должны быть образованы без удаления слоя материала, например, литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т.п.

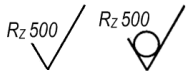
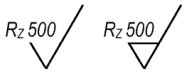
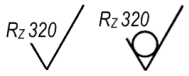
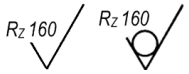
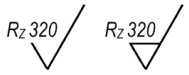
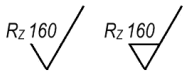
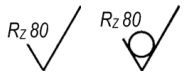
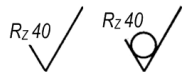
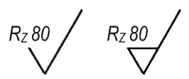
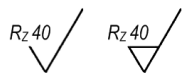
В табл. 2.24 приведено обозначение классов шероховатости поверхности и даны примеры соответствующих им типовых поверхностей деталей, а в табл. 2.25 – достигаемый класс шероховатости при различных видах обработки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

По ГОСТ 2789-73 различают 14 классов шероховатости поверхности, из которых 1-й класс самый грубый. Для каждого класса шероховатости установлены максимальные значения R_a и R_z при выбранных базовых динах l.

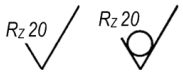
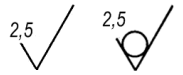
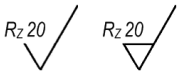
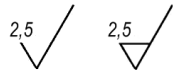
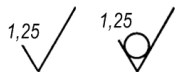
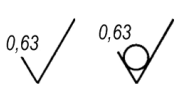
Допускаемые значения *Ra* и *Rz* в зависимости от допуска размера и формы установлены по четырем уровням относительной геометрической точности, определяемых соотношением допусков геометрии и размера соответственно: A=60%, B=40%, C=25% и D < 25%, табл. 2.26.

Таблица 2.24 **Обозначение классов шероховатости для типовых поверхностей деталей**

Шероховатость поверхности			Примеры типовых поверхностей деталей
Класс шероховатости	Величина шероховатости не более R_a, R_z, мкм	Обозначение по ГОСТ 2.309-73	
Грубее 1	R_z 1600 R_a 100		Свободные поверхности, полученные ковкой или литьем без механической обработки, подвергнутые пескоструйной обработке
			Поверхности заготовок после грубой механической обработки (обдирки)
1	R_z 320 R_a 80		Свободные поверхности деталей и заготовок, полученные литьем в землю при ручной формовке (мелкосерийное производство), штамповкой, развальцовкой
2	R_z 160 R_a 40		
1	R_z 320 R_a 80		Механически обработанные поверхности труб, профилей и другого сортового материала, грубые опорные поверхности крупных корпусов. Поверхности деталей, устанавливаемых на бетонных, кирпичных и деревянных основаниях. Поверхности заготовок после черновой обработки
2	R_z 160 R_a 40		
3	R_z 80 R_a 20		Литые свободные поверхности деталей и заготовок серийного и массового производства (машинная формовка)
4	R_z 40 R_a 10		
3	R_z 80 R_a 20		Свободные не сопряженные поверхности деталей: торцы валов, поверхности фланцев, крышек, корпусных деталей, шкивов, отверстия на проход для крепежных изделий. Выточки, проточки. Отверстия масляных каналов на силовых валах. Кромки деталей под сварные швы. Опорные поверхности пружин сжатия. Подошвы станин, корпусов, лап.
4	R_z 40 R_a 10		Свободные не сопряженные поверхности деталей: торцы валов, муфт, втулок, шкивов, отверстия на проход для крепежных изделий. Внутренний диаметр шлицевых соединений (не шлифованных). Свободные несопрягаемые торцовые поверхности валов. Поверхности головок винтов. Нерабочие торцовые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек. Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т.п. Болты и гайки нормальной и повышенной точности (кроме резьбы).

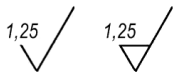
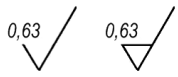
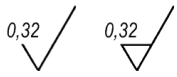
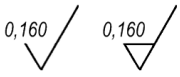
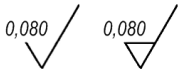
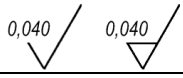
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 2.24

Шероховатость поверхности			Примеры типовых поверхностей деталей
Класс шероховатости	Величина шероховатости не более R_a, R_z, мкм	Обозначение по ГОСТ 2.309-73	
5	R_z 20 R_a 5		Литые детали из черных металлов при точных способах литья, литые поверхности деталей из сплавов цветных металлов при серийном и массовом производстве (литье под давлением, в кокиль и т.п.); литые поверхности деталей из пластмасс; свободные поверхности деталей, полученных холодной высадкой, чеканкой, волочением; прокат черных металлов
6	R_a 2,5 R_z 10		
5	R_z 20 R_a 5		Торцовые поверхности под подшипники качения. Поверхности втулок, колец, ступиц, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными. Нерабочие торцы валов, втулок, планок. Шейки валов 12-го квалитета диаметром 80-500 мм. Поверхности отверстий 12-го и 11-го квалитета диаметром 18-500 мм. Поверхности деталей общего назначения, к внешнему виду которых предъявляют повышенные требования (рукоятки, маховики и т.п.). Нерабочие торцовые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек. Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т.п. Болты и гайки нормальной и повышенной точности (кроме резьбы).
6	R_a 2,5 R_z 10		Шаровые поверхности ниппельных соединений. Канавки под уплотнительные резиновые кольца для подвижных и неподвижных торцовых соединений. Радиусы скруглений на силовых валах. Поверхности осей для эксцентриков. Опорные плоскости реек. Поверхности выступающих частей быстровращающихся деталей. Поверхности направляющих типа «ласточкин хвост». Опорные плоскости реек. Шейки валов 9-го квалитета диаметром 80-500 мм, 11-го квалитета диаметром 3-30 мм. Поверхности отверстий 7-го квалитета диаметром 180-500 мм, 9-го квалитета диаметром 18-360 мм, 11-го квалитета диаметром 1-10 мм. Нерабочие торцовые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек. Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т.п. Болты и гайки нормальной и повышенной точности (кроме резьбы).
7	R_a 1,25 R_z 6,3		Литые поверхности деталей из сплавов цветных металлов при особо точных способах литья; поверхности горяче-штампованных деталей из пластмасс; прокат цветных металлов
8	R_a 0,63 R_z 3,2		

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 2.24

Шероховатость поверхности			Примеры типовых поверхностей деталей
Класс шероховатости	Величина шероховатости не более R_a, R_z, мкм	Обозначение по ГОСТ 2.309-73	
7	R_a 1,25 R_z 6,3		Наружные диаметры шлицевого соединения. Отверстия пригоняемых и регулируемых соединений (вкладыши подшипников и т.п.) с допуском зазора-натяга 25-40 мкм. Цилиндры, работающие с резиновыми манжетами. Отверстия подшипников скольжения. Трущиеся поверхности малонагруженных деталей. Посадочные поверхности отверстий и валов под неподвижные посадки. Трущиеся поверхности малонагруженных деталей. Рабочие поверхности дисков трения. Шейки валов 6-го квалитета диаметром 120-500 мм, 8-го квалитета диаметром 6-80 мм. Поверхности отверстий 6-го квалитета диаметром 50-500 мм, 7-го квалитета диаметром 10-180 мм, 9-го квалитета – 1-18 мм.
8	R_a 0,63 R_z 3,2		Поверхности зеркала цилиндров, работающих с резиновыми манжетами. Торцовые поверхности поршневых колес при диаметре не менее 240 мм. Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях с допуском зазора-натяга 7-25 мкм. Трущиеся поверхности нагруженных деталей. Посадочные поверхности 7-го квалитета с длительным сохранением заданной посадки: оси эксцентриков, точные червяки, зубчатые колеса. Сопряженные поверхности бронзовых зубчатых колес. Рабочие шейки распределительных валов. Штоки и шейки валов в уплотнениях. Шейки валов 5-го квалитета диаметром 30-500 мм, 6-го квалитета диаметром 10-120 мм. Поверхности отверстий 6-го квалитета диаметром 3-50 мм, 7-го квалитета диаметром 1-10 мм.
9	R_a 0,32 R_z 1,6		Шейки валов 5-го квалитета диаметром от 1 до 30 мм, 6-го квалитета диаметром от 1 до 10 мм. Валы в пригоняемых и регулируемых соединениях (шейки шпинделей, золотники) с допусками зазора-натяга 16-25 мкм. Отверстия пригоняемых и регулируемых соединений (вкладыши подшипников) с допуском зазора-натяга 4-7 мкм. Трущиеся элементы сильно нагруженных деталей. Цилиндры, работающие с поршневыми кольцами.
10	R_a 0,160 R_z 0,8		Поверхности деталей, работающих на трение, от износа которых зависит точность работы механизма. Поверхности плунжера, гидроприводов и шеек быстроходных валов, коренные и шатунные шейки коленчатых валов, рабочие поверхности поршневых пальцев и колец.
11	R_a 0,080 R_z 0,4		Рабочие шейки валов прецизионных быстроходных станков и механизмов. Шейки валов в пригоняемых и регулируемых соединениях с допуском зазора-натяга 2,5-6,5 мкм. Поверхности отверстий пригоняемых и регулируемых соединений с допуском зазора-натяга до 2,5 мкм.
12	R_a 0,040 R_z 0,2		Зеркальные валики координатно-расточных станков и т.п.

Примечание. 13 и 14 классы шероховатости поверхности в машиностроении не применяются.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.25 **Достигаемый класс шероховатости при различных видах обработки**

Классы шероховатости		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Величина шероховатости не более	R_a, мкм	80	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08	0,04	0,02	0,01
	R_z, мкм	320	160	80	40	20	10	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05
Базовая длина l, мкм		8			2,5		0,8			0,25				0,08	
Достигаемый при данном способе изготовления деталей класс шероховатости															
Опиливание		∇1	∇2	∇3											
Шабрение								∇7	∇8	∇9					
Сверление				∇3	∇4	∇5	∇6								
Строгание		∇1	∇2	∇3	∇4	∇5	∇6	∇7	∇8						
Развертывание								∇7	∇8	∇9					
Точение		∇1	∇2	∇3	∇4	∇5	∇6	∇7	∇8	∇9	∇10				
Фрезерование			∇2	∇3	∇4	∇5	∇6	∇7	∇8						
Протягивание							∇6	∇7	∇8	∇9	∇10				
Шлифование							∇6	∇7	∇8	∇9	∇10				
Притирка									∇8	∇9	∇10	∇11	∇12	∇13	
Хонингование									∇8	∇9	∇10	∇11	∇12		
Прокат						∇5	∇6	∇7	∇8	∇9					
Литье в кокиль		∇1	∇2	∇3	∇4										
Литье под давлением			∇2	∇3	∇4	∇5	∇6	∇7							

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.26 **Параметры шероховатости в зависимости от допусков размера *IT* и формы $T_ф$**

При допуске формы $T_ф$ в процентах от допуска размера *IT*	Параметр *Ra*	Параметр *Rz*
A = 60%	Ra ≤ 0,05IT	Rz = 0,2IT
B = 40%	Ra ≤ 0,025IT	Rz = 0,1IT
C = 25%	Ra ≤ 0,012IT	Rz = 0,05IT
D < 25%	Ra = $0,15T_ф$	Rz = $0,6T_ф$

Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды слесарных работ?
2. Как должно быть оборудовано рабочее место слесаря?
3. Как устроен верстак и слесарные тиски?
4. Как проверяют правильность установки тисков по росту работающего?
5. Что входит в набор ходового рабочего инструмента слесаря?
6. Что входит в набор ходового контрольно-измерительного инструмента слесаря?
7. Как устроен штангенциркуль, и как им нужно производить измерения?
8. Как устроен микрометр, какова точность измерения микрометром?
9. Что представляют собой индикаторы и как ими пользуются?
10. Как пользоваться резьбомером?
11. Что такое правильная организация рабочего места?
12. В чем заключается подготовка слесаря к работе?
13. Как должен слесарь хранить свой инструмент в ящике верстака?
14. В каком порядке раскладывается на верстаке инструмент для работы?
15. Что называется браком, и по каким причинам получается брак?
16. Как можно предупредить возникновение брака?
17. Что такое единица допуска и квалитеты?
18. Что такое погрешность формы и расположения?
19. Что называется основным отклонением?
20. Как образуются поля допусков?
21. В чем заключаются системы отверстия и вала?
22. Как образуются посадки по система вала и по системе отверстия?
23. Какое соединение вала с отверстием называют посадкой с натягом?
24. Что называют максимальным и минимальным натягом?
25. Чем отличаются посадки с гарантированным зазором и скользящая?
26. Что называется шероховатостью поверхности?
27. Какими параметрами характеризуется шероховатость поверхности?
28. Какие знаки используются на чертежах для обозначения шероховатости?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3 Приемы выполнения слесарных работ

3.1 Слесарная обработка

Слесарные работы относятся к процессам холодной обработки металлов. Осуществляются они и вручную, и с помощью механизированного инструмента. Цель слесарных работ – придать обрабатываемой детали заданные чертежом формы, размеры и чистоту поверхности.

Технология слесарной обработки содержит ряд операций, в которые входят: разметка, рубка, правка и гибка металлов, резка металлов, опиливание, сверление, зенкование и развертывание отверстий, нарезание резьбы, клепка, шабрение, притирка и доводка, паяние и лужение, заливка подшипников, соединение склеиванием и др.

3.2 Разметка плоских поверхностей

3.2.1 Безопасность труда при разметке

Приступая к разметке плоских поверхностей, слесарь обязан внимательно осмотреть весь инструмент и приспособления. Запрещается работать неисправным и плохо заточенным инструментом.

Инструменты, находящиеся в работе, должны соответствовать следующим требованиям.

- Молотки должны быть прочно насажены на рукоятки и расклинены в отверстии клиньями. Рукоятка молотка должна иметь овальное сечение с равномерным утолщением к концу. Поверхность рукоятки должна быть чистой и гладкой, без сучков, трещин и отколов. Длина рукоятки для разметочных молотков массой 200 г должна быть 250-300 мм. Рабочие поверхности молотка должны иметь гладкую, ровную поверхность, без трещин и отколов.
- Ударная часть кернеров не должна быть сбита или скошена от ударов. Поверхность ударной части должна быть гладкой и слегка выпуклой. Длина кернера должна быть не менее 70 мм, чтобы ударная часть взятого в руки инструмента находилась на 20 мм выше пальцев.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

- Рабочая часть кернера должна представлять собой заточенное на конус острие с углом при вершине 60°, а для обозначения центров отверстий, подлежащих сверлению, с углом при вершине 45°. Нельзя применять притупленный кернер, так как при ударе по нему молотком острие соскальзывает с разметочной плоскости и может послужить причиной травмы рук. Удары следует наносить по ударной части вдоль оси кернера при его перпендикулярном расположении к плоскости заготовки.
- Для предупреждения травмы рук необходимо осторожно обращаться с заостренными концами циркуля, чертилки и кернера. Эти инструменты класть в карман спецовки запрещается.

К работе на заточных станках допускаются только лица прошедшие обучение.

Перед началом работы на заточном станке необходимо:

- проверить наличие и исправность защитного экрана и защитных очков, предохранительных устройств защиты от абразивной пыли и охлаждающих жидкостей;
- отрегулировать местное освещение так, чтобы рабочая зона была достаточно освещена и свет не слепил глаза;
- надежно закрепить подручник, установив его таким образом, чтобы зазор между краем подручника и рабочей поверхностью абразивного круга был не более 3 мм. Рабочая поверхность подручника должна быть ровной, а край рабочей поверхности – без выбоин и выработки;
- проверить состояние абразивных кругов наружным осмотром с целью определения трещин и выбоин;
- инструмент, требующий заточки, разложить на верстаке, не загромождая рабочее место и проходы;

Перед каждым включением заточного станка необходимо убедиться, что пуск станка никому не угрожает опасностью. Во время работы слесарь обязан:

- включить вытяжную вентиляцию и проверить ее работу;
- проверить исправную работу станка на холостом ходу в течение 3-5 мин, находясь в стороне от зоны возможного разрыва абразивного круга;
- перед установкой на станок обрабатываемой детали и приспособления очистить их от стружки и масла;
- при заточке или доводке инструмента надежно закреплять его в приспособлении или пользоваться подручником;
- при ручной подаче подавать инструмент на круг плавно, без рывков и резкого нажима;
- не допускать работу боковыми поверхностями круга, если круг не предназначен специально для такого вида работ;
- заточку и доводку инструмента алмазными кругами производить только с охлаждением;
- при заточке инструмента с охлаждающей жидкостью следить за тем, чтобы жидкость омывала абразивный или алмазный круг по всей его рабочей поверхности и своевременно отводилась;
- при переходе с сухой на мокрую заточку во избежание разрыва дать кругу предварительно охладиться (остыть) и только после этого начинать заточку инструмента с охлаждающей жидкостью;
- правку абразивных кругов производить только алмазами, алмазно-металлическими карандашами или специальными алмазозаменителями в соответствии с установленной технологией правки;
- алмазную и металлическую пыль удалять со станка специальной щеткой-сметкой или скребком, производить эту работу непосредственно руками запрещается;
- оберегать круг от ударов и толчков;

Запрещается:

- запрещается при заточке удерживать инструмент на весу;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами без резиновых напальчников;
- запрещается брать и подавать через работающий станок какие-либо предметы, подтягивать гайки, болты и другие соединительные детали станка;
- затачивать режущий инструмент на неисправном оборудовании;
- тормозить вращение шпинделя нажимом руки на вращающиеся части станка;
- пользоваться местным освещением напряжением выше 42 В;
- опираться на заточной станок во время его работы;
- находиться в рабочей зоне посторонним лицам;
- работать кругами, имеющими трещины или выбоины;
- применять рычаги для увеличения нажима на круг;
- во время работы станка открывать и снимать ограждения и предохранительные устройства;
- оставлять ключи, приспособления и другие инструменты на работающем станке.

При разметке изделий для увеличения продолжительности срока службы и сохранности инструментов необходимо:

- оберегать инструмент от механических повреждений (забоин и царапин рабочих кромок, масштабной шкалы, измерительных поверхностей);
- при пользовании циркулем стопорные винты следует отвинчивать только на один оборот;
- поверхность разметочной плиты должна быть всегда чистой и гладкой, необходимо оберегать ее от забоин, царапин и других повреждений.

После окончания работы необходимо:

- инструмент во избежание коррозии протереть чистой ветошью насухо, а затем смазать тонким слоем масла;
- измерительный инструмент хранить в футлярах (для каждого инструмента должно быть предусмотрено свое место), запрещается хранить инструмент навалом;
- разметочную плиту промыть керосином и протереть сухой чистой ветошью, смазать маслом и накрыть предохранительной деревянной крышкой.

3.2.2 Инструмент и приспособления для разметки

Для работы слесарь-разметчик должен иметь измерительные и специальные разметочные инструменты и приспособления.

Измерительные и разметочные инструменты необходимо содержать в порядке и чистоте, от этого зависит их точность. Постоянный уход и надлежащее пользование за инструментом позволят избежать ошибок в размерах, которые всегда возможны при неисправном инструменте.

Измерительные и разметочные инструменты для разметки делят на следующие группы:

- измерительные линейки;
- инструменты для обмера деталей и переноса размеров с изделия на измерительную линейку;
- инструменты для нанесения и накернивания рисок;
- инструменты для разметки окружностей;
- инструменты для проведения вертикальных и наклонных рисок;
- инструменты для отыскания центров деталей.

Для измерения больших размеров слесари-разметчики применяют стальную рулетку, которая представляет собой ленту из пружинной стали с нанесенными на ней миллиметровыми делениями.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для измерения небольших длин применяются стальные измерительные линейки, изготовленные из тонкой полосовой стали, на которой нанесены деления с точностью до 0,5 мм. Длина линеек может быть от 150 до 1000 мм, ширина от 11 до 35 мм, толщина от 0,3 до 2 мм.

Поверхности и грани линеек должны быть ровными, гладкими, без царапин и заусениц. Продольные грани линейки параллельны, а торцы – перпендикулярны к ним. Во время работы необходимо строго следить за состоянием граней линеек и периодически проверять их при помощи поверочной линейки.

Толщина делительных штрихов у линеек составляет 0,05-0,25 мм, а у линеек менее точных 0,2-0,3 мм.

При измерении детали при помощи измерительной линейки необходимо следить за тем, чтобы линейка плотно прилегала к детали и правильно располагалась на ее плоскости. Так, при измерении длины деталей цилиндрической формы необходимо чтобы линейка лежала точно на образующей цилиндра, так как при наклонном положении линейки будут получаться неправильные (увеличенные) размеры. При измерении диаметров линейку необходимо располагать так, чтобы кромка линейки проходила через центр детали, иначе получатся неправильные (уменьшенные) размеры.

Слесарь-разметчик обязательно должен иметь в своем распоряжении несколько измерительных линеек.

Линия, проведенная по линейке, будет прямой только тогда, когда линейка верна, т.е. если ребро ее представляет прямую линию. Для проверки линейки берут произвольно две точки и, приложив к ним ребро линейки, проводят линию. Затем перекладывают линейку по другую сторону этих точек и по тому же ребру снова проводят линию. Если линейка верна, то обе линии совпадут, если же линейка неверна – линии не совпадут.

Угловая линейка. При разметке обработанных цилиндрических поверхностей обыкновенные линейки не годятся, так как они скользят при накладывании. В таких случаях удобно пользоваться угловой линейкой, которая состоит как бы из двух линеек, соединенных под прямым углом, рис. 3.1.

Одна полка угловой линейки имеет скошенную кромку, с нанесенными на ней делениями. Она служит для переноса размеров. Другая полка служит линейкой, вдоль которой чертилкой можно проводить риски, параллельные оси изделия.

Во избежание повреждений и ржавления, линейки рекомендуется хранить в специальных футлярах.

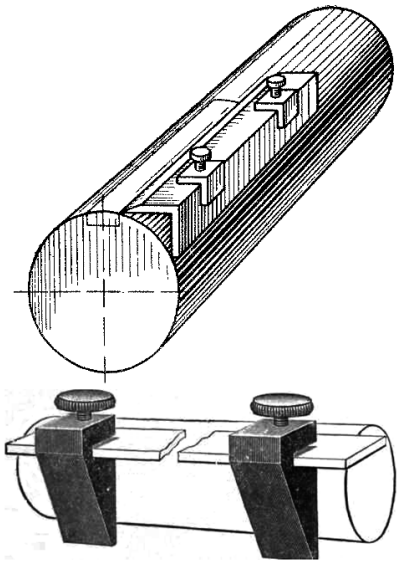


Рис. 3.1. Угловые линейки

Информация о нижеприведенном инструменте частично приведена в разделе 2.3.2. Здесь же даны особенности, устройство и работа инструментом применяемым при разметке.

Угольники (рис. 3.2). Угольники служат для проведения на размечаемых поверхностях вертикальных и горизонтальных линий, для проверки правильности установки деталей на плите, проверки углов, проверки взаимной перпендикулярности поверхностей, а также для разметки листового и полосового материалов и обычно имеют угол 90°.

Различаются следующие типы угольников:

- лекальные угольники-плитки (УЛ), обеспечивающие контакт по линии. При этом одна из сторон угольника имеет форму кромки с радиусом;
- лекальные с ножевидными рабочими поверхностями (УЛП);
- лекальные гранитные (УЛГ);
- слесарные с плоскими рабочими поверхностями (УП, УШ);
- цилиндрические (УЛЦ), у которого рабочим углом является угол, образованный основанием и образующей цилиндра.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Несовпадение сторон угольника и измеряемого угла определяют визуально по просвету между стороной угольника и детали и с помощью щупа.

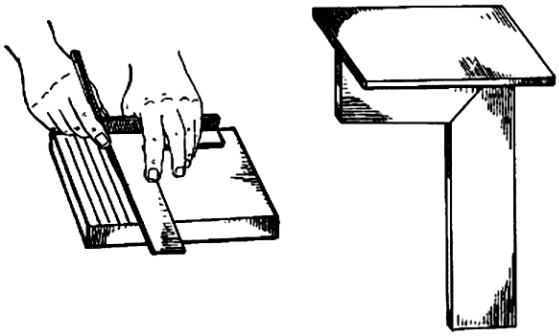


Рис. 3.2. Разметочный угольник с полкой и его применение

В целом, угольники разделяют на лекальные (прецизионные) и слесарные. Обычно угольники изготавливаются из стали по специальной технологии, предотвращающей изгибы в процессе эксплуатации (длина сторон угольника многократно превышает габариты сечения).

Угольники высших классов (00 и 0) часто изготавливают из гранита, преимуществами которого является пониженная теплопроводность (минимальные погрешности от температуры), повышенная износостойкость и стабильность геометрической формы.

Гранитные угольники требуют повышенной аккуратности в работе ввиду хрупкости натурального камня.

При проверке углов, угольник нельзя устанавливать на ребро изделия (рис. 3.3, *а*), при этом вторая ножка угольника сидит неправильно, и проверка будет неверной. Нельзя устанавливать угольник на изделие косо (рис. 3.3, *б*), так как вторая ножка будет лежать косо, и проверка будет также неверной. Устанавливать угольник нужно всей аншлажной плоскостью и совершенно прямо (рис. 3.3, *в*), только тогда проверка окажется верной.

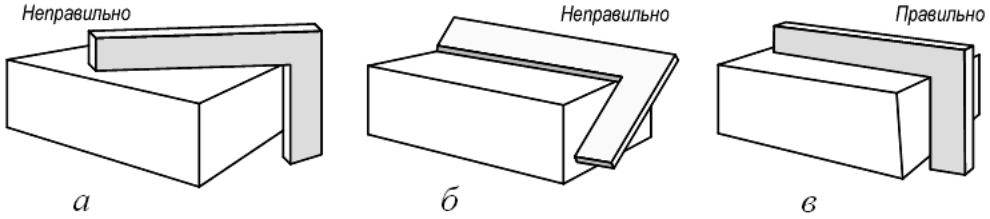


Рис. 3.3. Проверка углов изделия угольником

Угольник комбинированный многофункциональный имеет литое металлическое основание с 3-мя фрезерованными поверхностями Угольник может использоваться в качестве угольника для откладывания и разметки углов 90 и 45°, глубиномера, центроискателя и угломера, рис. 3.4, *а*.

В настоящее время угольник комбинированный многофункциональный выпускается как в базовой комплектации, так и в сокращенной (без центроискателя). Большинство угольников имеют две шкалы: миллиметровую и дюймовую.

На рис. 3.4 приведены примеры работ выполняемых универсальным угольником. Кроме того, универсальный угольник можно использовать для установки иглы рейсмуса на заданную высоту, рис. 3.5.

Кронциркули. При проверке размеров заготовки или размечаемого полуобработанного изделия приходится часто производить обмеры специальными инструментами. При помощи таких инструментов отсчитываются размеры с измерительной линейки. Для обмера наружного диаметра или толщины изделия применяется кронциркуль.

Самый простой кронциркуль состоит из двух дугообразных ножек с острыми концами, соединенных посредством шарнира, рис. 3.6. Шарнир устраивается так, чтобы ножки кронциркуля двигались достаточно туго и, таким образом, удерживали тот размер, на который они установлены. Ось кронциркуля иногда делают пустотелой, чтобы ее можно было раздать, когда шарнир ослабнет. Концы ножек кронциркуля, называемые губками, должны в закрытом состоянии плотно прилегать друг к другу, без просвета. При несоблюдении этого правила возникает неточность в процессе измерения.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

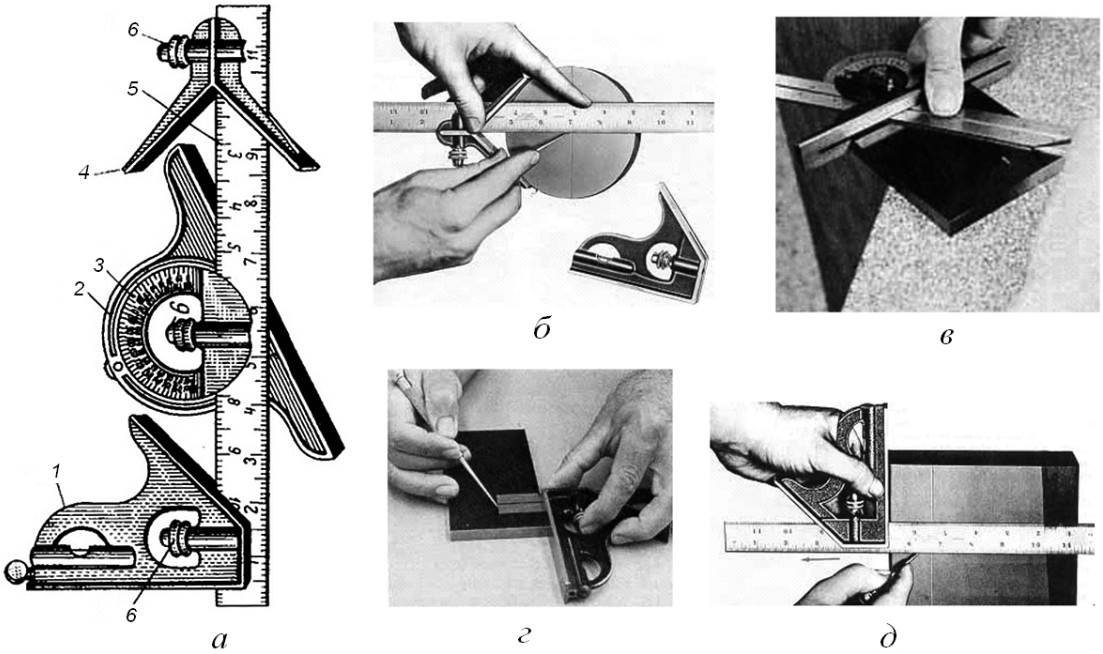


Рис. 3.4. Универсальный многофункциональный угольник и приемы работы с ним: *а* – угольник с комплектом аксессуаров; *б* – разметка центра круглой детали; *в* – разметка под заданным углом; *г* – нанесение рисок на одинаковом расстоянии; *д* – нанесение рисок перпендикулярно боковой грани: *1* – колодка угольника, *2* – колодка угломера, *3* – вращающийся кольцевой транспортир, *4* – колодка центроискателя, *5* – измерительная линейка, *6* – зажимная гайка

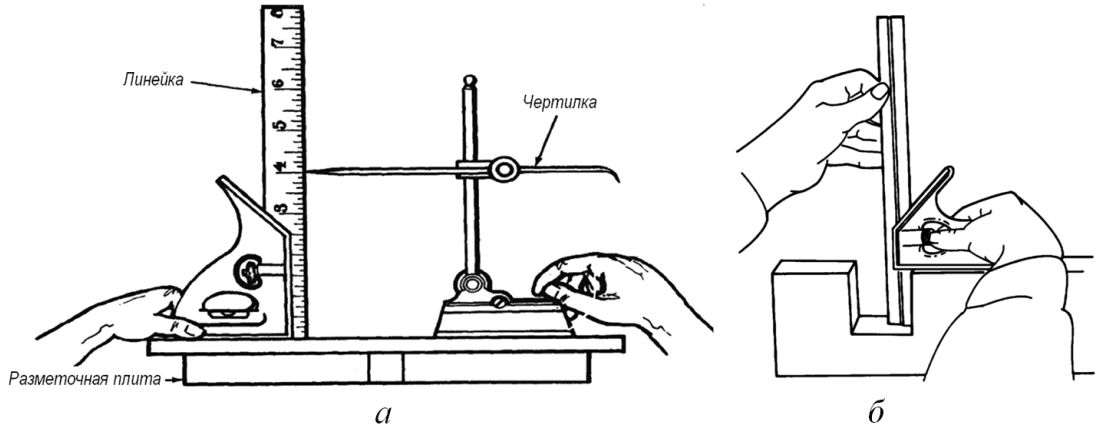


Рис. 3.5. Установка рейсмуса по линейке (*а*) и измерение глубины паза и перпендикулярности стенки (*б*)

При работе кронциркуль держат большим, указательным средним пальцами руки совершенно свободно, рис. 3.7. Измеряемый размер изделия, в данном случае его диаметр, охватывают ножками кронциркуля и слегка передвигают их вверх и вниз.

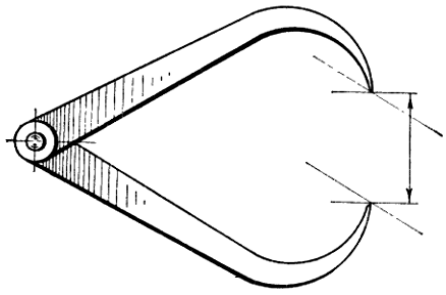


Рис. 3.6. Кронциркуль

При правильной установке кронциркуля рука при его передвижении должна ощущать слабое сопротивление. Если сопротивление настолько велико, что кронциркуль не преодолевает его собственным весом, то это значит, что ножки циркуля сдвинуты слишком сильно. Тогда ударяют слегка внутренней стороной одной из ножек о какой-либо твердый предмет и снова промеряют изделие. Сила удара зависит от того, насколько должен быть увеличен

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

раствор кронциркуля. Слишком сильные удары портят кронциркуль. Для сближения ножек кронциркуля слегка ударяют одну из них наружной стороной.

Установленный таким образом кронциркуль прикладывают к измерительной линейке и определяют размер диаметра изделия. Правильность полученного размера зависит исключительно от опытности слесаря-разметчика. Даже незначительный перекос кронциркуля во время измерения приводит к неточности измерения.

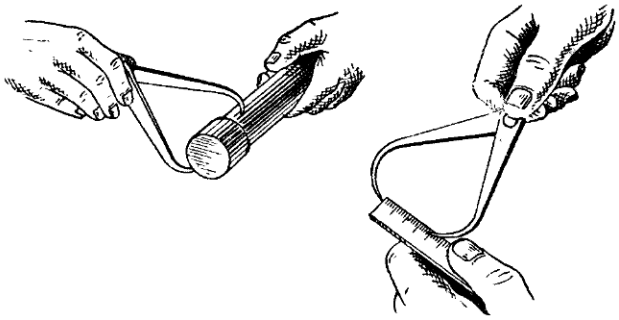


Рис. 3.7. Измерение кронциркулем

Регулировку раствора кронциркуля описанным способом нельзя считать удобной и быстрой. Размер, который показывает кронциркуль, легко может быть сбит при неосторожном обращении. Более удобен пружинный кронциркуль, у которого ножки под действием сильной кольцевой пружины всегда стремятся разойтись. Стяжной винт, укрепленный на одной ножке и свободно проходящий сквозь другую, препятствует этому. Подобный кронциркуль хорошо регулируется и ножки его не раздвигаются произвольно.

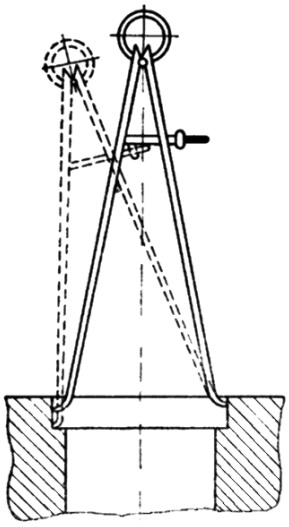


Рис. 3.8. Измерение нутромером

Нутромеры. Для измерения диаметров отверстий и различных углублений применяются нутромеры.

Измерения нутромером требуют еще большей осторожности, чем кронциркулем. При измерении внутреннего диаметра ножки нутромера должны быть поставлены точно по диаметру. При малейшем перекосе или отклонении от этого положения, как показано пунктирными линиями на рис. 3.8, снятый размер будет больше истинного.

У нутромера, изображенного на рис. 3.9, обе ножки загнуты на концах в одну сторону. Таким нутромером удобно измерять расстояния между центрами отверстий одинакового диаметра (рис. 3.9, *а*), расстояния между выступами или кромками изделия, рис. 3.9, *б*).

Точность измерения кронциркулем и нутромером зависит от качества этих инструментов и, в еще большей степени, от навыка работы слесаря-разметчика. Точность измерений опытного слесаря-разметчика достигает 0,1 мм, а точность измерений начинающего, неопытного – едва достигнет 0,5 мм.

Чертилка. Чертилки служат для прочерчивания на обрабатываемом изделии всех необходимых линий: осей, границ обработки, центров отверстий и т.п.

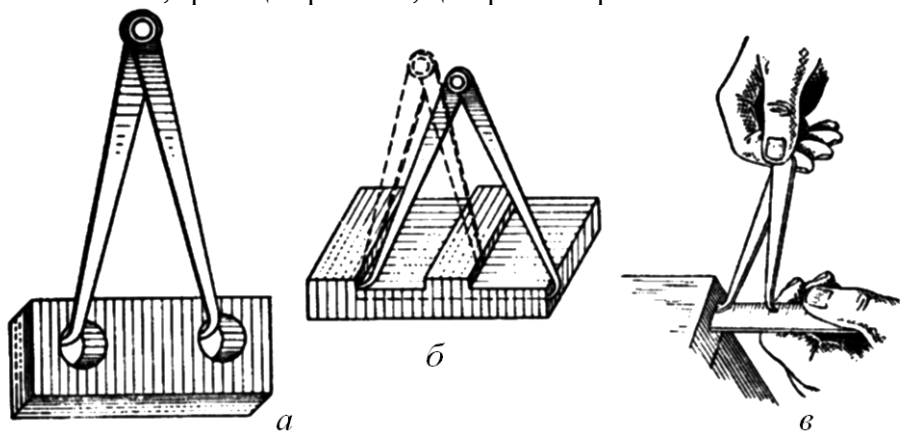


Рис. 3.9. Измерение нутромером с загнутыми ножками (*а-б*) и определение размера нутромером (*в*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Разметочные риски прочерчиваются на металлических поверхностях изделий острым закаленным концом чертилки, иногда называемой разметочным шилом. Острие чертилки должно легко прочерчивать тонкую риску без всяких заусенцев, не крошится и не слишком быстро срабатываться. Бока чертилки не должны царапать линейку или угольник.

Чертилки согласно ГОСТ 24473-80 изготовляются типов:

- 1 – прямые односторонние;
- 2 – прямые односторонние с рукояткой;
- 3 – изогнутые двухсторонние;
- 4 – изогнутые двухсторонние с рукояткой.

Чертилки каждого типа изготовляются в следующем исполнении:

- 1 – со стальными ножами;
- 2 – с остриями из твердых сплавов.

Основные размеры чертилок соответствуют размерам, указанным на рис. 3.10 и приведенным в табл. 3.1 и 3.2

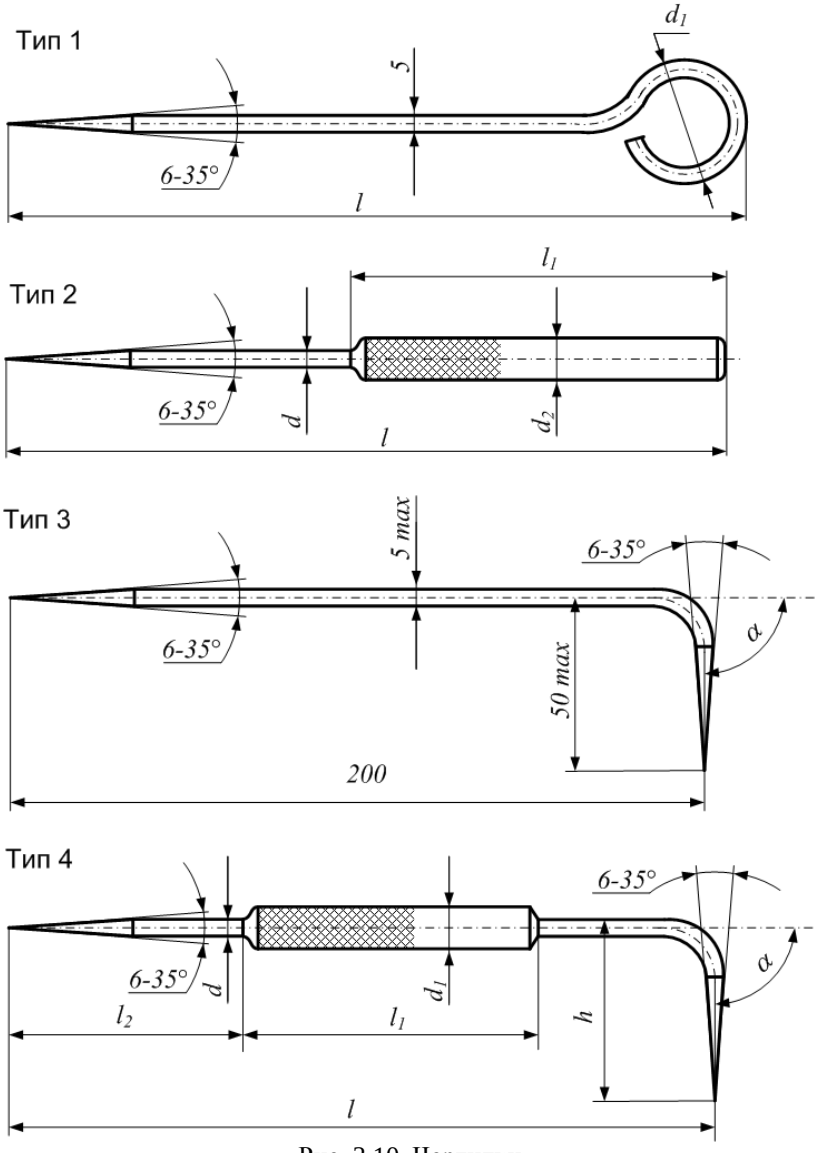


Рис. 3.10. Чертилки

Чертилка представляет собой тонкую стальную иглу диаметром 3-5 мм и длиной 125-250 мм с остро заточенными концами, из которых один прямой, а второй загнутый. Изготовляются чертилки из углеродистой инструментальной стали У7-У8 по ГОСТ 1435-74, концы ее на длине около 20 мм закалены. Острия исполнения 2 изготавливаются из твердого

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сплава ВК6 или ВК8 по ГОСТ 3882-74. Линии на металле чертилка закаленным концом царапает легко.

Таблица 3.1 **Размеры чертилок, тип 1-3**

Тип 1		Тип 2				Тип 3
d_1, мм	l, мм	d, мм	d_2, мм	l, мм	l_1, мм	α°
25	150	3	6	125	70	30
30	250	5	8	150	80	60
		5	8	200	90	90

Таблица 3.2 **Размеры чертилок, тип 4**

d, мм	d_1, мм	l, мм	l_1, мм	h, мм	α°
3	6	150	60	30	30, 60, 90
5	8	200	75	40	30, 60, 90
5	8	250	100	50	30, 60, 90

Чертилка употребляется для прочерчивания линий (рисок) на размечаемой поверхности по линейке, угольнику или шаблону. При нанесении рисок чертилку держат в руке, как карандаш, плотно прижимая ее к линейке или шаблону и немного наклоняя в сторону движения, для того чтобы она не дрожала. Риску проводят только один раз, она тогда получается чистой и правильной. Способы пользования чертилкой показаны на рис. 3.11.

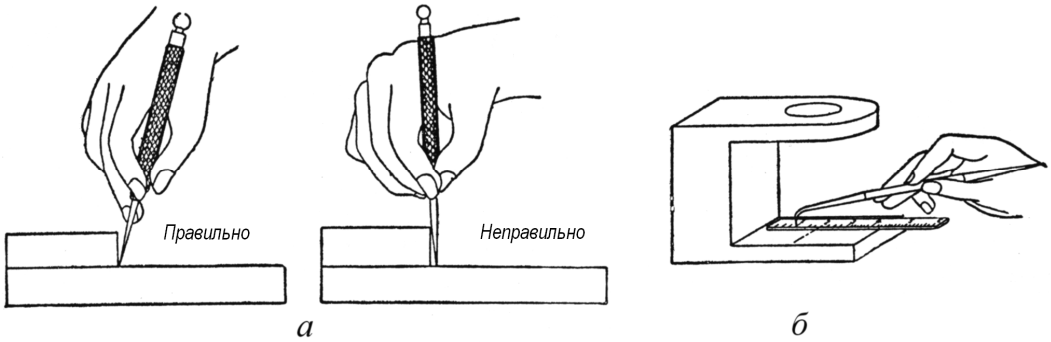


Рис. 3.11. Чертилка и способы ее применения: *а* – два положения чертилки при проведении риски; *б* – нанесение риски загнутым концом чертилки

Циркуль. Для проведения окружностей и дуг на металлических поверхностей пользуются циркулями различных размеров и конструкций. Этот разметочный инструмент служит для переноса линейных размеров с масштабной линейки на обрабатываемую деталь (рис. 3.12), деления линий на равные части, построения углов, разметки окружностей и кривых, измерения расстояний между двумя точками с последующим определением размера по масштабной линейке.

Разметочные циркули согласно ГОСТ 24472-80 выпускаются типов:

- 1 – простой;
- 2 – с дугой;
- 3 – с пружиной;
- 4 – для разметки диаметров до 3150 мм.

Циркули каждого типа изготовляются в следующем исполнении:

- 1 – со стальными ножками;
- 2 – с составными, ножки которых представляют острие, оснащенное твердым сплавом.

Основные размеры циркулей соответствуют указанным на рис. 3.13 и 3.14 и табл. 3.3.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

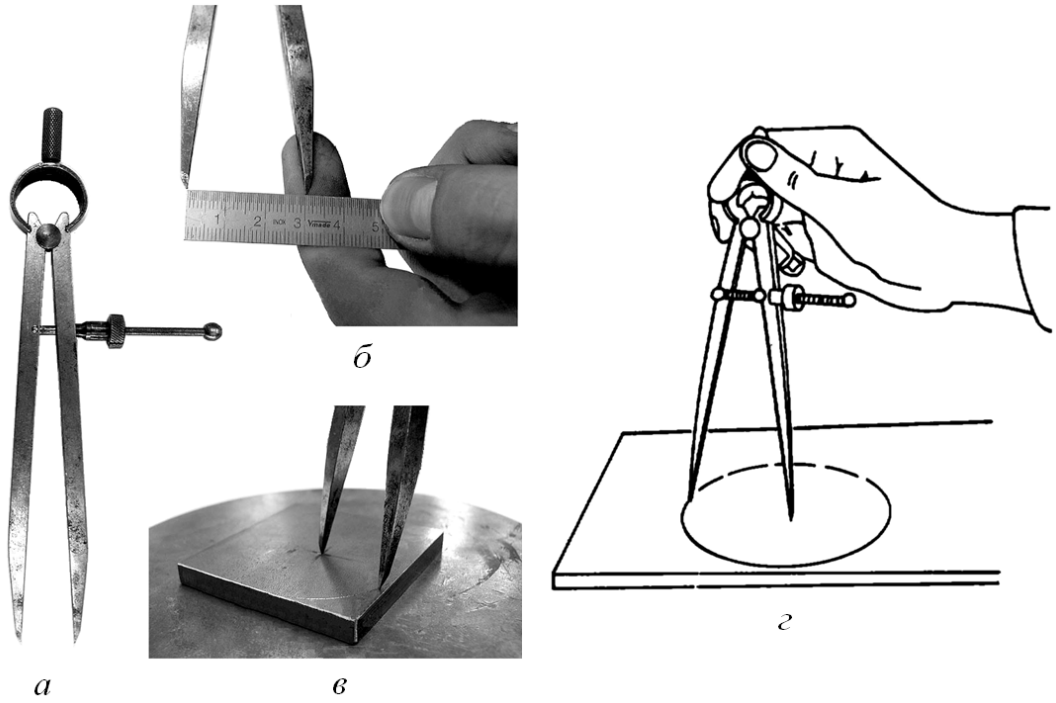


Рис. 3.12. Разметочный циркуль (*а*), определение размера с масштабной линейки (*б*) и разметка окружности (*в-г*)

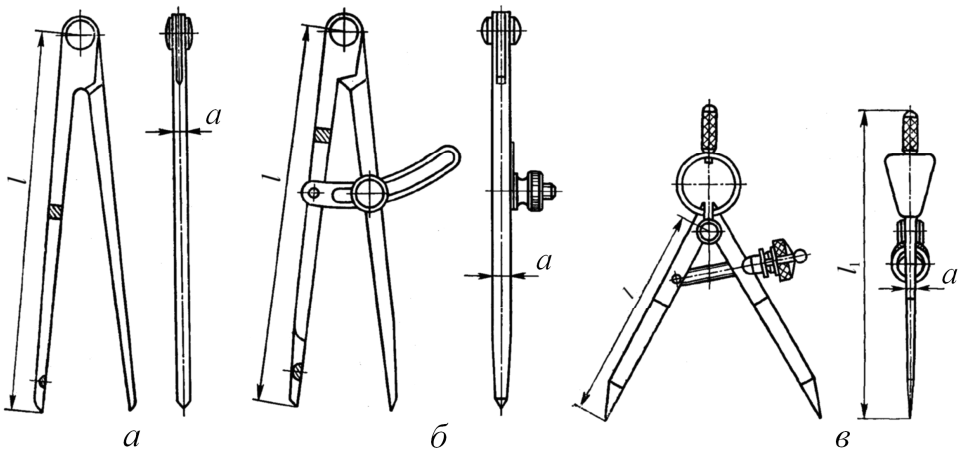


Рис. 3.13. Циркуль простой (*а*), с дугой (*б*) и с пружиной (*в*)

Таблица 3.3 **Размеры циркулей**

Простой циркуль		Циркуль с дугой		Циркуль с пружиной			Циркуль для разметки диаметров до 3150 мм	
l, мм	*a*, мм	*l*, мм	*a*, мм	*l*, мм	l_1, мм	*a*, мм	*l*, мм	l_1, мм
150	8	100	6	75	118	6	500	550
200	10	150	8	100	140	6	1000	1050
250	10	200	10	125	170	6	1600	1650
300	12	250	10	150	210	8	2000	2050
360	14	300	12	180	240	8	3150	3200
400	14	360	14	200	265	10		
		400	14	250	315	10		

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Простой циркуль состоит из двух соединенных шарнирно ножек – цельных или составных с остриями, оснащенными твердым сплавом, рис. 3.13, *а*. Для закрепления раскрытых ножек в требуемом положении на одной из них прикреплена дуга с прорезью, а на другой – стопорный винт, рис. 3.13, *б*.

У пружинного циркуля (рис. 3.13, *в*) ножки соединены пружинным кольцом. Раздвижение и сближение ножек производится вращением в ту или другую сторону разъемной гайки по установочному винту.

Для разметки окружностей, радиусов и дуг больших диаметров применяется разметочный циркуль изображенный на рис. 3.14. Этот разметочный циркуль состоит из штанги, двух передвижных головок с чертилками. Одна из головок (зарубежный вариант) имеет установочный винт, рис. 3.15.

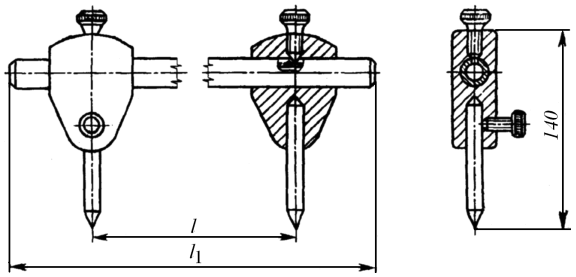


Рис. 3.14. Циркуль для разметки диаметров до 3150 мм

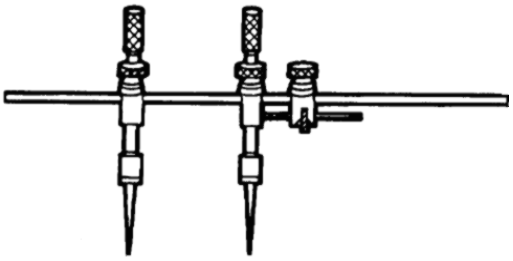


Рис. 3.15. Разметочный циркуль для больших окружностей

Циркули изготовляются из следующих материалов:

- ножки исполнения 1 – из стали У7 и У8 по ГОСТ 1435-74;
- ножки исполнения 2 – из стали 45 по ГОСТ 1050-74;
- острия исполнения 2 – из твердого сплава марок ВК6 или ВК8 по ГОСТ 3882-74;
- пружины – из стали марки 65Г по ГОСТ 14959 79.

Соединение ножек циркулей в шарнире должно быть плотным, без перекосов, а движение по шарниру и штанге – плавным, без заеданий. Усилие для раскрытия циркуля на 90° не должно превышать 9,8 Н. Самопроизвольное раскрытие и сближение ножек циркуля не допускается.

Вершины угла заострения ножек в сжатом положении циркуля должны сходиться в одной точке. Допускается несовпадение вершин ножек циркуля – не более 0,1 мм.

Испытание циркулей на работоспособность производится путем нанесения каждым из них трех концентрических окружностей на плоской плите из стали марки 45 по ГОСТ 1050-74 твердостью НВ 155-180 и шероховатостью поверхности *R*z 40 мкм. Ширина рисок при этом должна быть от 0,1 до 0,15 мм. Указанные окружности должны быть описаны при раскрытии ножек циркулей простых и с дугой на 5°, 45°, 90°, а циркулей с пружиной – на 5°, 45°, 60°. Каждая окружность должна прочерчиваться при одной установке циркуля два раза (по часовой и против часовой стрелки), при этом несовпадение рисок, проведенных при первой и второй разметках, не допускается. После испытаний циркулей не должно быть остаточных деформаций и следов выкрашивания острия.

На рис. 3.16 показаны некоторые приемы работы с циркулем.

Полу-кронциркуль (циркуль-центроискатель) является наиболее распространенным инструментом для отыскивания центров круглых изделий (отливки поковки). Циркуль-центроискатель отличается от обыкновенного циркуля тем, что одна ножка его прямая, а другая загнута крючком, рис. 3.17, *а*. При помощи его намечают центры цилиндрических предметов.

Этим же циркулем проводят риски параллельные краям заготовки и откладывают размеры от края изделия, рис. 3.17, *б*.

Острая ножка центроискателя, которой делаются засечки, быстро срабатывается, поэтому ее обычно делают сменной.

Полу-кронциркуль применяется для проведения рисок и для нахождения центра на цилиндрических поверхностях, рис. 3.17, *в*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

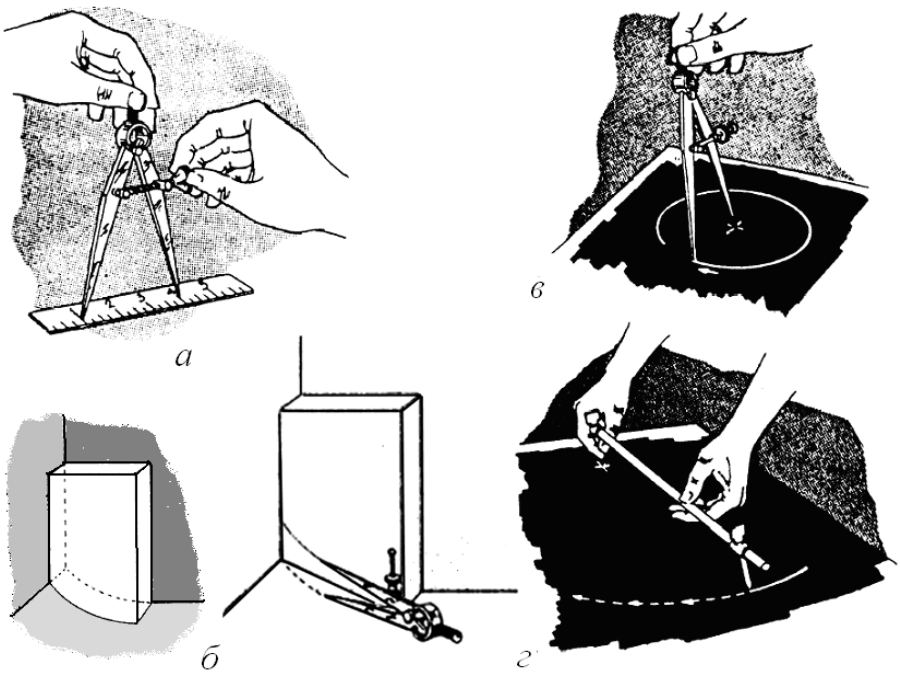


Рис. 3.16. Приемы работы с циркулем: *а* – установка ножек циркуля на размер по масштабной линейке; *б* – разметка криволинейных соприкасающихся поверхностей; *в* и *г* вычерчивание окружностей

Ножки всех типов циркулей изготавливаются из стали 45-50. Концы рабочих частей ножек на длине около 20 мм закаливают.

Центровочный угольник. Нахождение центра круга геометрическим путем довольно просто, но требует тщательного построения. Значительно проще использовать центровочный угольник с передвижной масштабной линейкой.

Он устроен следующим образом, рис. 3.18. Сбоку стального, с закаленными поверхностями угольника скользит закаленная линейка, которая на одной стороне имеет миллиметровые деления, а на другой – полумиллиметровые.

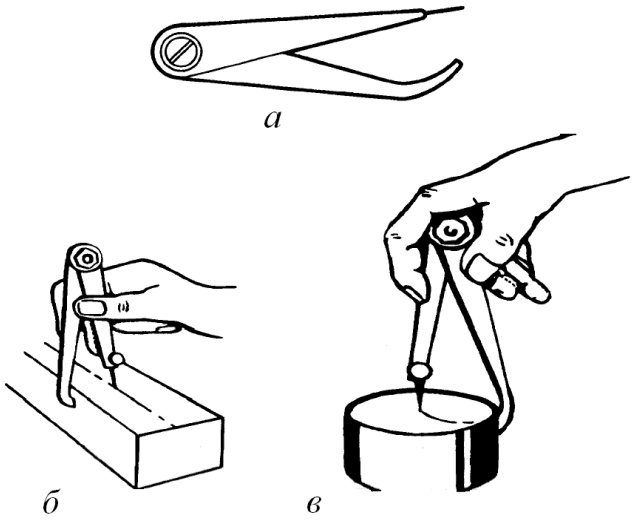


Рис. 3.17. Полукронциркуль и приемы работы с ним

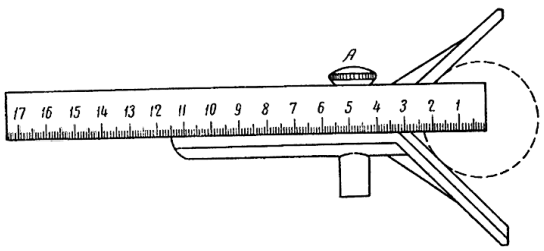


Рис. 3.18. Центровочный угольник

Винтом *А* можно закреплять линейку в любом положении. Передвижением линейки относительно вершины угольника можно определять центры для внутренних и внешних диаметров. Средняя линия проводится чертилкой вдоль нижнего края линейки, который делит пополам центровочный угольник и дает диаметр для каждого круглого предмета, вложенного в угольник. Если нулевое деление линейки передвинуть до окружности вложенного в угольник предмета, то можно прямо прочесть диаметр предмета и от его центра отметить вправо и влево одинаковое число делений. Эти отметки обозначают границу поверхности, подлежащей обработке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рейсмус, рис. 3.19. Служит для проведения параллельных, вертикальных и горизонтальных линий, а также для установки и проверки деталей на разметочной плите. Рейсмус состоит из чугунной подставки, стойки, хомутика и чертилки. Хомутик можно закреплять на любом месте стойки, чертилку можно поворачивать вокруг оси и наклонять под любым углом.

Для разметки деталь устанавливается на плиту так, чтобы базовая плоскость располагалась горизонтально. Рейсмус перемещают по плите таким образом, чтобы его чертилка отчерчивала разметочную линию. Если заготовку можно повернуть, то после нанесения горизонтальных линий ее поворачивают на 90° и рейсмасом проводят вертикальные риски, занявшие теперь горизонтальное положение. Когда деталь невозможно повернуть, используют для разметки специальные приспособления – разметочные ящики или пространственные угольники. По их поверхности перемещают рейсмус в вертикальной плоскости. Наклонные линии проводят путем поворота заготовки в такое положение, чтобы наклонная линия стала горизонтальной.

При вычерчивании линии рейсмус надо держать за подножку, слегка прижимая ее к плите. При вычерчивании линии, чертилка не должна находиться под прямым углом к изделию (рис. 3.20, *а*), при таком положении она рвет металл. Не должна чертилка стоять и под тупым углом (рис. 3.20, *б*), в этом случае ее заедает. Чертилка, установленная под острым углом к изделию (рис. 3.20, *в*) не рвет, не заедает, а дает тонкую линию. На рис. 3.21 показан рейсмус и приемы разметки.

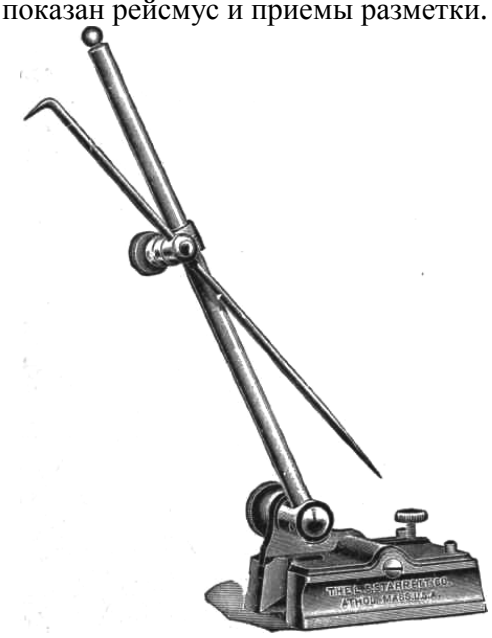


Рис. 3.19. Рейсмус

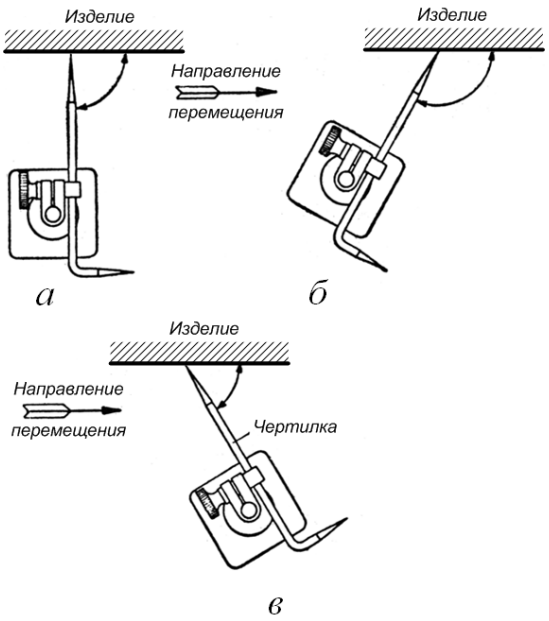


Рис. 3.20. Положение чертилки по отношению к изделию

Разметочный штангенциркуль (рис. 3.22). Этот инструмент, предназначенный для вычерчивания окружностей больших диаметров, состоит из штанги с миллиметровыми делениями и двух ножек – неподвижной и подвижной с нониусом. Ножки, фиксируемые в требуемом положении стопорными винтами, имеют вставные иглы, которые можно помещать выше или ниже, что очень удобно при описывании окружности на разных уровнях

На рис. 3.23. изображен разметочный штангенциркуль другого типа, предназначенный для более точной разметки прямых линий и центров. Внутренняя поверхность больших губок этого штангенциркуля выполнена из твердого сплава (карбида вольфрама).

Штангенрейсмус – прибор (рис. 3.24), предназначенный для измерения высоты и расположения поверхностей корпусных деталей (рис. 3.25, *б*) и более точного нанесения центровых и других разметочных линий на обрабатываемые поверхности, рис. 3.26. Конструкция штангенрейсмуса предусматривает измерения размеров от плоскости разметочной плиты. В комплект входит измерительная и разметочная ножки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

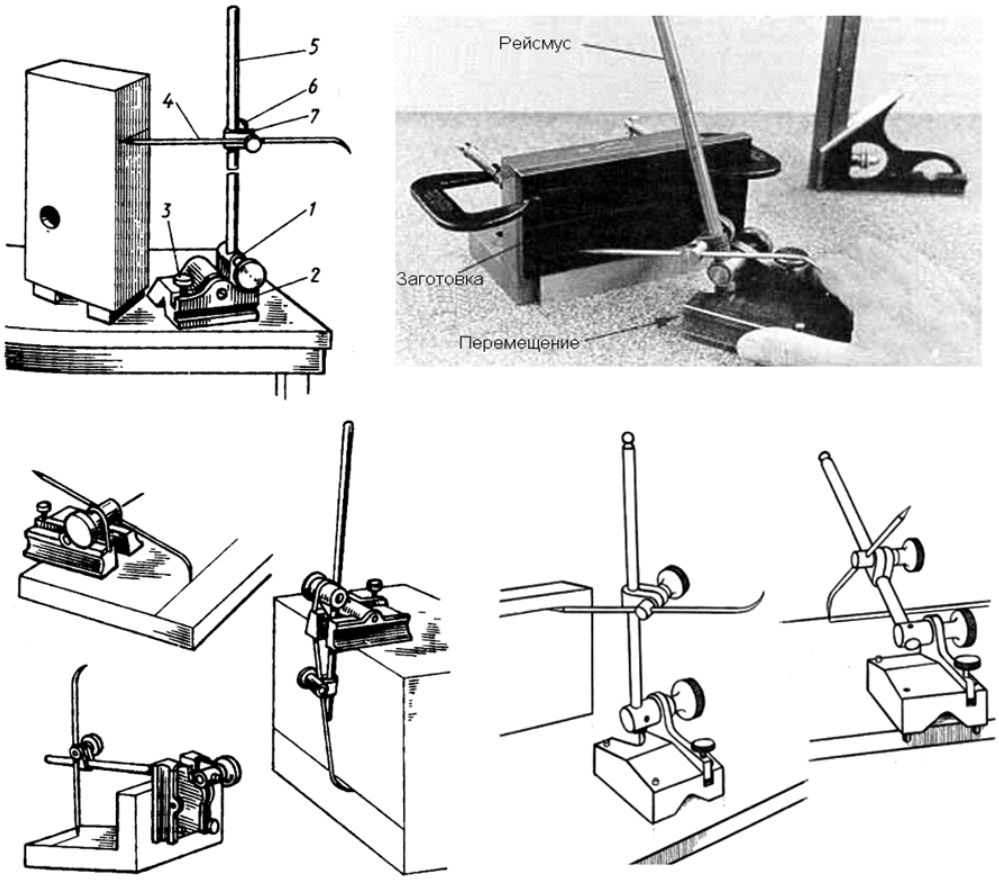


Рис. 3.21. Рейсмус и приемы разметки: *1* – планка; *2* – чугунное основание; *3* – установочный винт; *4* – чертилка; *5* – штатив; *6* – винт с гайкой; *7* – муфта

По принципу действия штангенрейсмус аналогичен штангенциркулю, у которого вместо неподвижной измерительной губки имеется массивное основание, а подвижная рамка с нониусом имеет державку, в которой крепятся либо разметочные ножки или чертилки (при разметке), либо специальные измерительные губки или головки (при измерениях).

В зависимости от формы отображения информации различают следующие типы штангенрейсмусов:

- ШР (с нониусной шкалой);
- ШРК (с круговой шкалой);
- ШРЦ (с цифровой индикацией).

Более удобны в работе электронные штангенрейсмусы с цифровой индикацией и штангенрейсмусы с круговой шкалой.

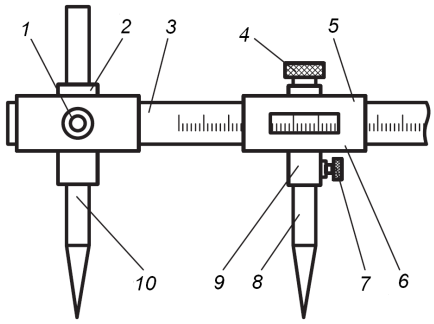


Рис. 3.22. Разметочный штангенциркуль со вставными иглами: *1*, *4*, *7* – стопорные винты; *2* – неподвижная ножка; *3* – штанга; *5* – рамка; *6* – нониус; *8*, *10* – вставные иглы; *9* – подвижная ножка

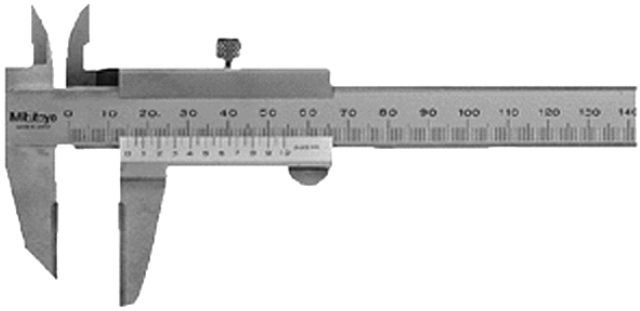
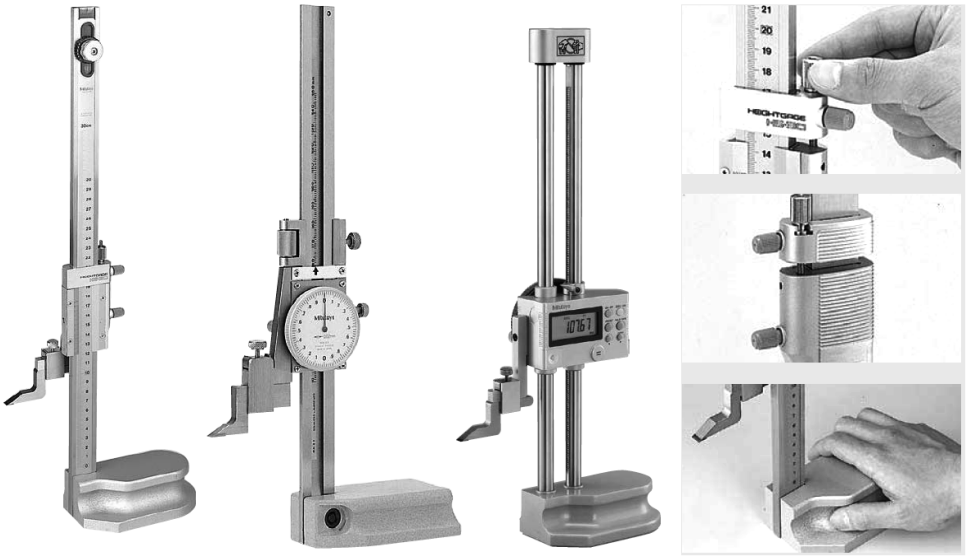


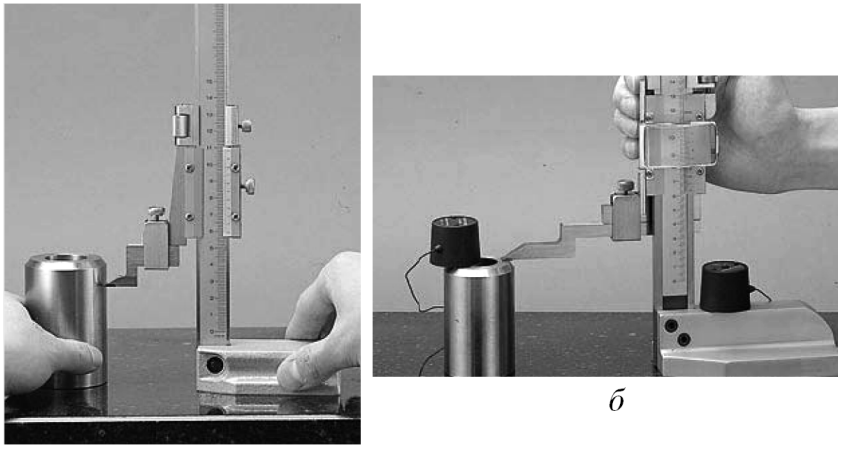
Рис. 3.23. Разметочный штангенциркуль

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б* *в* *г*

Рис. 3.24. Штангенрейсмус с нониусом (*а*), индикатором часового типа (*б*), электронный штангенрейсмус (*в*); установка высоты разметки и прием передвижения штангенрейсмуса по разметочной плите (*г*)



а *б*

Рис. 3.25. Пример разметки штангенрейсмусом цилиндрической детали (*а*) и проверка высоты детали (*б*)

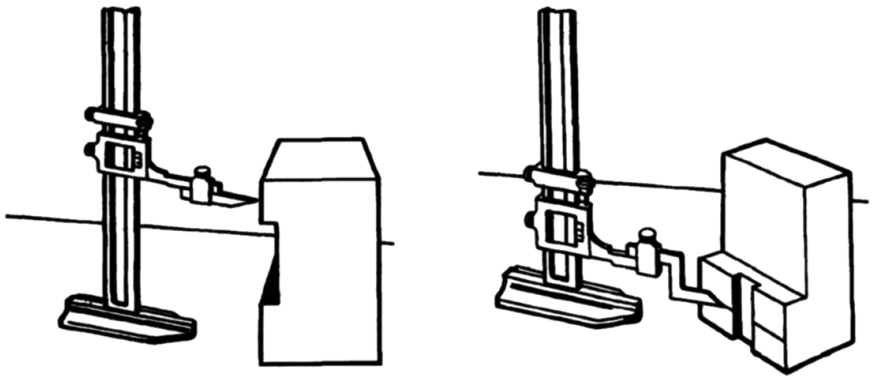


Рис. 3.26. Разметка вертикальной плоскости штангенрейсмусом

Кернер. Служит для нанесения небольших углублений на рисках, чтобы они были более отчетливо видны и не так быстро стирались. Этот инструмент представляет собой круглый с накаткой в средней части или граненый стержень, на одном конце которого имеется

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

коническое острие с углом при вершине 45-60°, а другой конец оттянут на конус. По этому концу при кернении наносят удары молотком. Оба конца кернера на длине 20 мм должны быть закалены и отпущены при 275-285 °С.

Кернеры выпускают по ГОСТ 7213-72 в двух исполнениях:

- 1 – со скругленным ударным концом;
- 2 –с фаской ударного конца.

Кернеры изготавливают из инструментальной стали марок 7ХФ, 8ХФ и У7А, У8А. Их рабочая часть (острие) на длине около 20 мм закалена и отпущена при 275-285 °С. Ударная часть имеет закалку на длине около 15 мм. Основные размеры кернеров соответствуют размерам указанным на рис. 3.27 и в табл. 3.4.

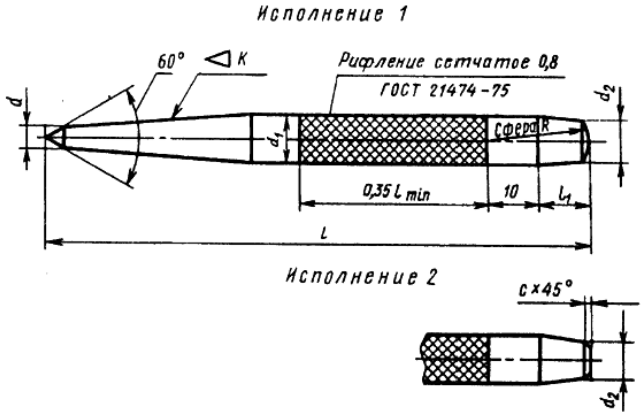


Рис. 3.27. Кернер

При точной разметке на чистых поверхностях пользуются кернерами меньших размеров, диаметром 5-6 мм и длиной 70 мм с нижним концом, заточенным под углом 30-45°. Таким кернером наносят очень точные керны небольшого диаметра.

При кернении держат кернер тремя пальцами левой руки – большим, указательным и средним, как показано на рис. 3.28, *б*. Острие кернера устанавливают точно на середину риски или же в точку пересечения рисок. Перед ударом немного наклоняют кернер от себя, чтобы точнее его поставить, а в момент удара, не сдвигая кернер с риски, ставят его вертикально, рис. 3.28, *б*. Удар наносят легко молотком.

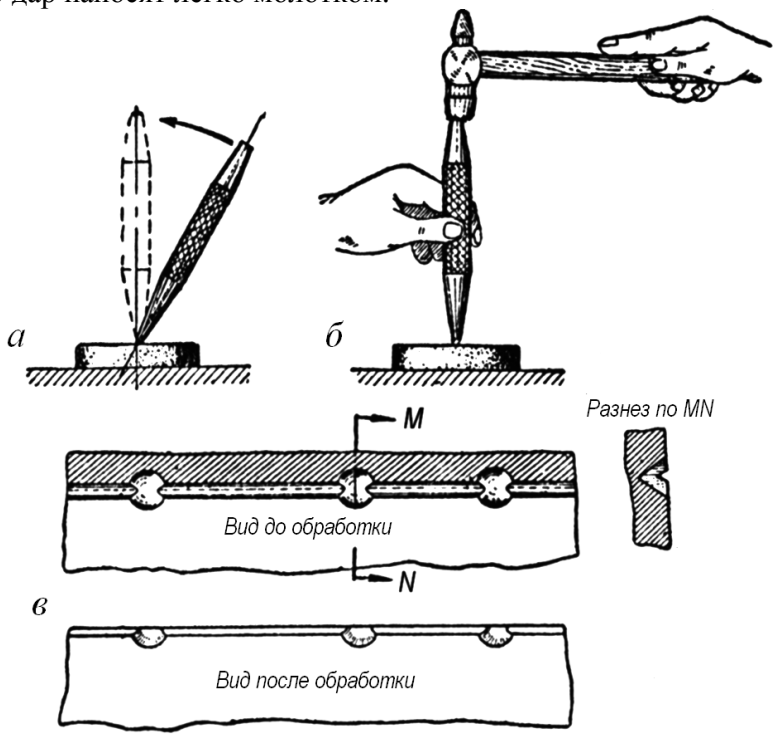


Рис. 3.28. Кернер и кернение: *а* – установка кернера на риску; *б* – положение кернера при ударе молотком; *в* – размеченная и накерненная деталь до обработки (вверху) и после обработки (внизу)

Переводной кернер, рис. 3.29**.** Им проводятся центры отверстий с шаблона на изделие. Диаметр переводного кернера делается на 0,2 мм меньше диаметра отверстия шаблона.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Слесарь-разметчик, следовательно, должен иметь набор переводных кернеров различных диаметров.

Таблица 3.4 **Размеры кернера**

d, мм	d_1, мм	d_2, мм	l, мм	l_1, мм	c, мм	Конусность, K
2,0	8	7	110	10	1,0	1:5
3,2	10	9	110	10	1,0	1:5
4,0	10	9	125	16	1,0	1:7
6,3	12	10	140	16	1,5	1:10
8,0	15	12	160	18	1,5	1:10
10,0	18	15	160	20	1,5	1:10

Кернер-центроискатель (рис. 3.30) применяется для нанесения центров на цилиндрических деталях диаметром до 40 мм. Он имеет обыкновенный кернер *1*, помещенный в воронке (колоколе) *2*. В воронку вставлен фланец *5* с отверстием, в котором легко скользит кернер.

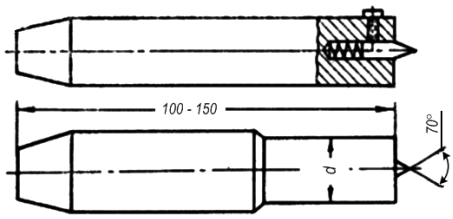


Рис. 3.29. Переводной кернер

Разметка заключается в том, что воронку прижимают к торцу изделия и молотком ударяют по головке кернера. Под действием пружины *3* кернер всегда находится в верхнем положении.

Молоток для нанесения ударов по кернеру должен быть небольшой массы, примерно 50-100 г.

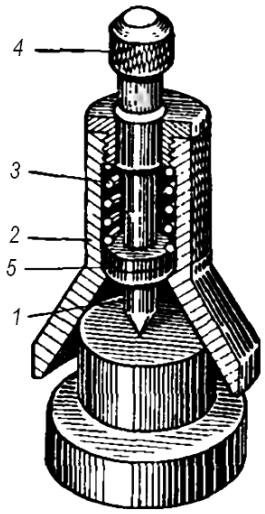


Рис. 3.30. Кернер-центроискатель: *1* – кернер; *2* – колокол; *3* – пружина; *4* – головка; *5* – фланец

Разметочная плита. Простейшие изделия можно размечать непосредственно на полу цеха или на верстаке, откладывая размеры от черных кромок заготовок. При более сложных изделиях, в особенности в тех случаях, когда разметку приходится вести в разных плоскостях, такой способ может привести к большим ошибкам.

Поэтому, прежде чем начинать разметку, приходится устанавливать заготовки неподвижно относительно какой-то искусственной плоскости, и уже от нее, при помощи разметочных инструментов, откладывать все необходимые размеры. Такой плоскостью служит разметочная плита.

Рабочая поверхность разметочной плиты, на которой происходит разметка деталей, очень тщательно обрабатывается на строгальных станках и проверяется по линейке. На ней не должно быть царапин, трещин, раковин и посторонних включений. Боковые грани должны быть обработаны чисто и перпендикулярны к верхней плоскости плиты и между собой. Иногда разметочные плиты после строгания шабрят. На таких плитах обычно производят точную разметку деталей для инструментов и приспособлений, а также производят окончательную проверку обработанных изделий.

Размеры плит зависят от величины размечаемых изделий. Принято считать размеры плиты достаточными, если плита на 400-500 мм больше размечаемого изделия. Это необходимо для того, чтобы по краям установленного на плиту изделия оставалось место для свободного перемещения разметочных инструментов.

Установка разметочных плит производится в зависимости от их величин. Малые разметочные плиты устанавливаются на подставках – тумбах, чугунных или деревянных, об-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ладающих хорошей устойчивостью, а их основания опираются на фундамент или прочный пол. Малые плиты часто устанавливают на специальных верстаках со шкафчиками для инструмента, рис. 3.31. Гладкие боковые поверхности плит для удобства работы иногда закрывают деревянными планками, что предохраняет грани плиты и одежду слесаря-разметчика от порчи.

Необработанные заготовки устанавливают на специальные подкладки или на домкраты. Применяемые при разметке инструменты и приспособления передвигают по плите плавно. Рабочую поверхность плиты рекомендуется натирать графитовым порошком.

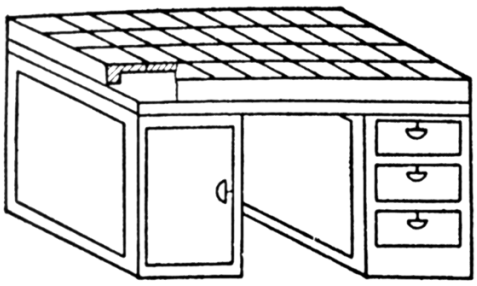


Рис. 3.31. Разметочная плита на столе

Поверхность разметочной плиты следует оберегать от повреждений и ударов. По окончании разметки плиту вытирают сухой чистой тряпкой или промывают керосином и смазывают маслом, затем ее покрывают предохранительным деревянным щитом.

Приспособления для разметки. Прежде чем приступить к разметке, заготовку устанавливают и выверяют на разметочной плите, пользуясь для этого различными опорными подкладками, призмами и домкратами различных конструкций, разметочными ящиками и др.

Подкладки служат для обеспечения правильной установки деталей при разметке, а также для предохранения разметочных плит от царапин и забоин. В зависимости от назначения подкладки бывают разных конструкций. Самыми простыми подкладками являются плоские опорные (рис. 3.32, *а*), подкладки больших размеров выполняются пустотелыми или двутаврового сечения.

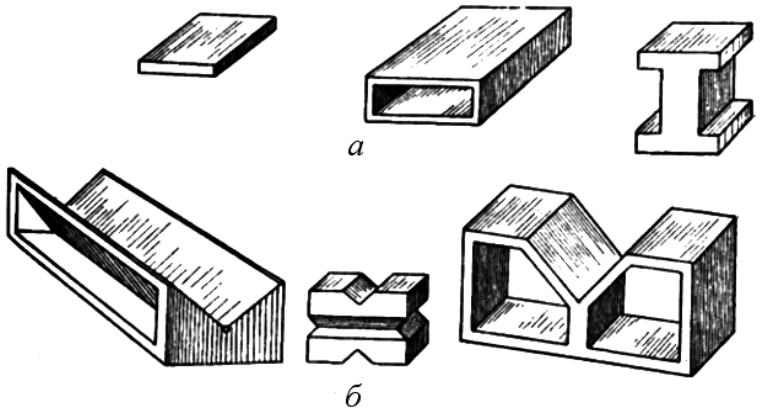


Рис. 3.32. Подкладки плоские (*а*) и призматические (*б*)

Призматические подкладки (рис. 3.32, *б*) применяют при установке заготовок цилиндрической формы. Подкладки имеют точно обработанные наружные поверхности с призматическими вырезами под углом 90°. Чаще всего применяются подкладки длиной 50-250 мм, шириной и высотой 50-100 мм. Для установки длинных цилиндрических заготовок используют комплекты подкладок одинаковых размеров.

Обточенные круглые изделия небольших размеров устанавливают на специальные подкладки, позволяющие закрепить изделие, рис. 3.33. Прямоугольный вырез в таких подкладках должен быть изготовлен точно. При установке на такие подкладки цилиндрического стержня его ось и образующие будут параллельны плоскости разметочной плиты. При повороте призматической подкладки вместе со стержнем, стержень автоматически устанавливается перпендикулярно поверхности разметочной плиты. Детали к подобным подкладкам закрепляются специальными скобами-струбцинами, которые укрепляются в специальном пазу. Иногда применяется поперечная планка с винтом, рис.3.33, *а*. Этот вид крепления при помощи планки выгоден тем, что позволяет устанавливать призму вместе с закрепленной деталью и на боковую поверхность.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Регулируемые призматические подкладки. Для выверки цилиндрических изделий хорошо применять регулируемые призматические подкладки, рис. 3.34, *а*. Они очень удобны при разметке валов разной толщины (ступенчатых). Вращением винта можно поднимать или опускать подкладку и благодаря этому устанавливать размечаемое изделие в желаемое положение. Эти подкладки нет нужды применять попарно и поэтому они могут изготовляться менее точно.

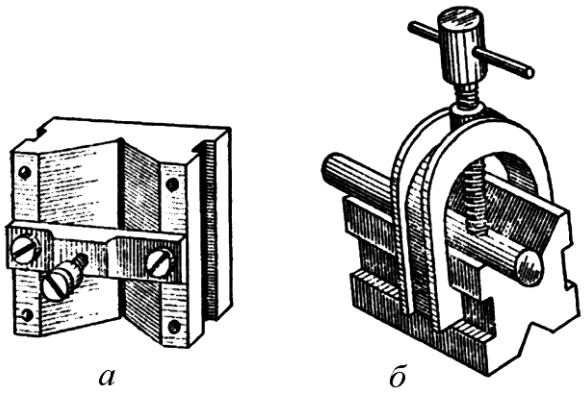


Рис. 3.33. Призматические подкладки с зажимной планкой (*а*) и скобой (*б*)

Описываемые подкладки допускают регулировку в незначительных пределах. Значительно большей величины регулировки можно достигнуть, применяя призматические домкраты.

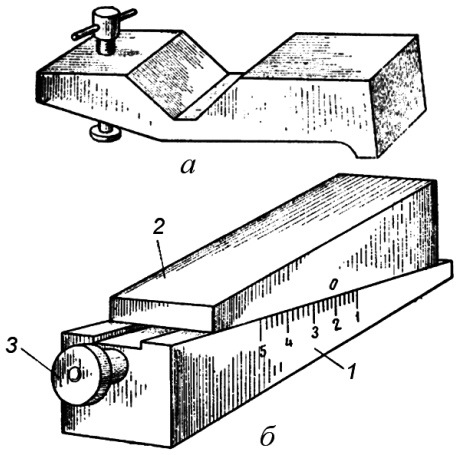


Рис. 3.34. Регулируемая призматическая (*а*) и клиновидная (*б*) подкладки: *1-2* – клин; *3* – винт

Клиновидные подкладки (рис. 3.34, *б*) представляют собой два соединенных, точно обработанных стальных клина *1* и *2*, которые соприкасаются своими наклонными плоскостями таким образом, что при вращении винта *3* верхний клин может перемещаться по нижнему клину. При этом верхняя поверхность *2* все время остается параллельной основанию *1*. Такими сдвоенными клиньями достигаются самые ничтожные изменения высоты.

Размечаемая заготовка устанавливается на верхней поверхности клина *2*.

На боковой поверхности нанесена шкала с указателем, позволяющая точно регулировать высоту клина. Высота подъема сдвоенного клина очень незначительна, поэтому надо иметь набор сдвоенных клиньев разной толщины и с разной высотой подъема.

Призма *1* для разметки деталей под углом устанавливается на нужный угол по отношению к основанию *4* (рис. 3.35)по градуированному диску *2*. Положение призмы фиксируется гайкой-барашком *3*. Деталь при разметке крепится скобой *5*.

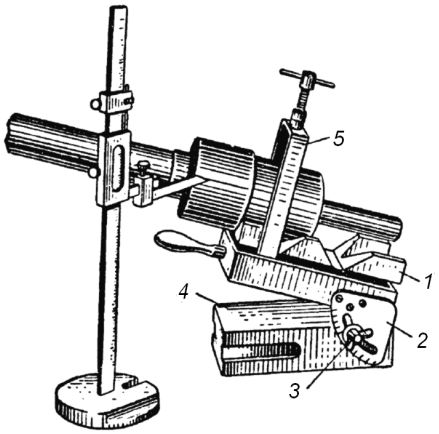


Рис. 3.35. Призма для разметки деталей под углом: *1* – призма; *2* – градуированный диск; *3* – гайка-барашком; *4* – основание; *5* – скоба

Домкраты применяют для установки громоздких и тяжелых заготовок, они позволяют выверять и регулировать положение размечаемых заготовок по высоте. На рис. 3.36 показан обыкновенный домкрат, в корпусе которого имеется отверстие с прямоугольной резьбой для ввертывания винта. На верхнем конце винта закрепляются головки различной формы, шариковая для установки необработанных деталей и призматическая для установки цилиндрических деталей. Подъем и опускание заготовки осуществляется вращением винта.

Угольники (рис. 3.37, *а*) изготавливают из серого чугуна. На обеих полках угольника имеются отверстия. Отверстия в горизонтальной полке дают возможность крепить угольник к разметочной плите с Т-образными пазами, с помощью отверстий на вертикальной полке к угольнику крепят размечаемые заготовки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

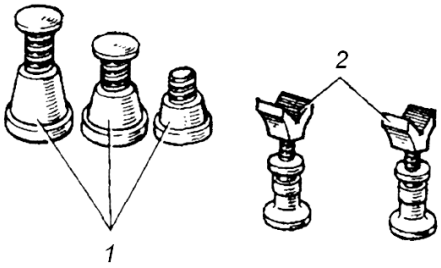


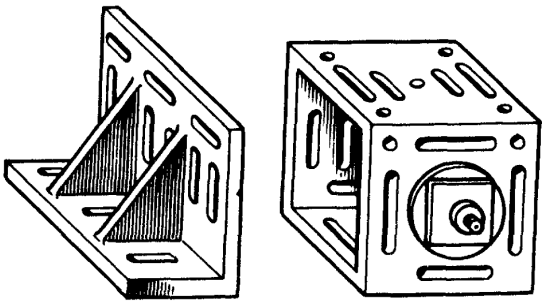
Рис. 3.36. Домкраты: *1* – обыкновенный; *2* – призматический

Разметочные кубики (рис. 3.37, *б*) имеют точно обработанные плоскости и большое количество отверстий для установки и крепления деталей при помощи болтов с прихватами, планок и т.п.

Размечаемая деталь выверяется и закрепляется на кубике и тогда ее можно размечать в разных положениях, поворачивая кубик вместе с деталью.

Для закрепления детали употребляются планки, хомутики, струбцины, болты и т.п.

Разметочные ящики (рис. 3.38) изготавливают из чугуна (для облегчения отливаются пустотелыми с толщиной стенок 8-12 мм и с ребрами жесткости внутри), все стороны тщательно пришабриваются. Особое внимание при их изготовлении обращают на точность сопряжения граней (углы 90°). Ящики применяются для крепления на их сторонах размечаемых заготовок.


а *б*
Рис. 3.37. Угольник (*а*) и разметочный кубик (*б*)

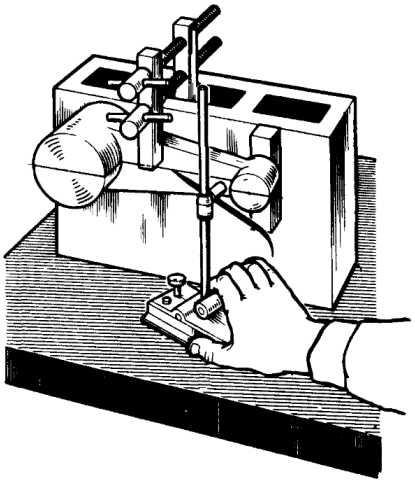


Рис. 3.38. Разметочный ящик

3.2.3 Подготовка поверхности к разметке

Перед разметкой поверхности детали необходимо выполнить следующее:

- очистить заготовку от пыли, грязи, окалины, следов коррозии стальной щеткой и др.;
- тщательно осмотреть заготовку, при обнаружении раковин, пузырей, трещин и т.п. их точно измерить и, составляя план разметки, принять меры к удалению этих дефектов в процессе дальнейшей обработки (если это возможно); все размеры заготовки должны быть тщательно рассчитаны, чтобы после обработки на поверхности не осталось дефектов;
- изучить чертеж размечаемой детали, выяснить особенности и размеры детали, ее назначение; мысленно наметить план разметки (установку детали на плите, способ и порядок разметки), особое внимание обратить на припуски на обработку. Припуски на обработку в зависимости от материала и размеров детали, ее формы, способа установки при обработке берут из справочников;
- определить поверхности (базы) заготовки, от которых следует откладывать размеры в процессе разметки; при плоскостной разметке базами могут служить обработанные кромки заготовки или осевые линии, которые наносят в первую очередь; за базы также удобно принимать приливы и бобышки;
- подготовить поверхности к окрашиванию.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

0крашивание поверхностей. Для окраски используют различные составы.

Мел, разведенный в воде. На 8 л воды берут 1 кг мела. Состав доводят до кипения, затем для предохранения слоя краски от стирания в него добавляют жидкий столярный клей из расчета 50 г на 1 кг мела. После добавления клея состав еще раз кипятят. Во избежание порчи состава (особенно в летнее время), в раствор добавляют немного льняного масла и сикатива. Такой краской покрывают черные необработанные заготовки. Окрашивание производится малярными кистями, однако этот способ малопроизводителен. Поэтому, когда это возможно, окрашивание выполняют при помощи распылителей (пульверизаторов), которые, кроме ускорения работы, обеспечивают равномерную и прочную окраску.

Добавки клея надо избегать, так как смесь через короткий промежуток времени начинает издавать дурной запах. Меловая бесклеевая краска приготовляется следующим образом: мел разводится в воде до густоты молока; обычно на ¼ ведра берут 2 *кг* мела и кипятят. В полученную смесь добавляется льняное масло и сикатив в количестве 50-100 г, и смесь снова подвергается кипячению.

Сухим мелом также можно натирать размечаемые поверхности, но такая покраска непрочная и ее можно применять при грубой разметке неответственных деталей.

Раствор медного купороса. На стакан воды берут три чайные ложки купороса и растворяют его. Очищенную от пыли, грязи и масла поверхность покрывают раствором купороса кистью. На поверхности заготовки осаждается тонкий слой меди, на который хорошо наносятся разметочные риски. Этим способом окрашивают только стальные и чугунные заготовки с предварительно обработанными под разметку поверхностями.

Спиртовой лак. В раствор шеллака в спирте добавляют фуксин. Этот способ окраски применяют только при точной разметке обработанных поверхностей небольших изделий.

Быстросохнущие ***лаки и краски*** применяют для покрытия поверхностей больших обработанных стальных и чугунных отливок. Цветные металлы, горячекатаный листовой и профильный стальной материал лаками и красками не окрашиваются.

При нанесении краски на небольшую заготовку, ее держат в левой руке в наклонном положении, рис. 3.39. Тонкий и равномерный слой краски наносят на плоскость перекрестными вертикальными и горизонтальными движениями кисти. Раствор следует набирать только концом кисти в малом количестве, чтобы избежать образования подтеков. После окончания окрашивания пластины ее следует просушить.

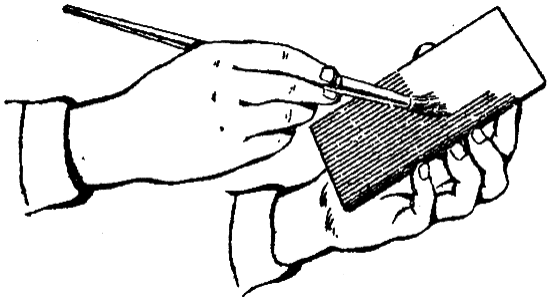


Рис. 3.39. Нанесение красителя на заготовку

В настоящее время для окрашивания поверхности металла, подготавливаемого под разметку, применяется быстросохнущая краска «Layout Dye», рис. 3.40. Наибольшее применение имеет краска голубого цвета, она хорошо контрастирует с обработанной поверхностью.

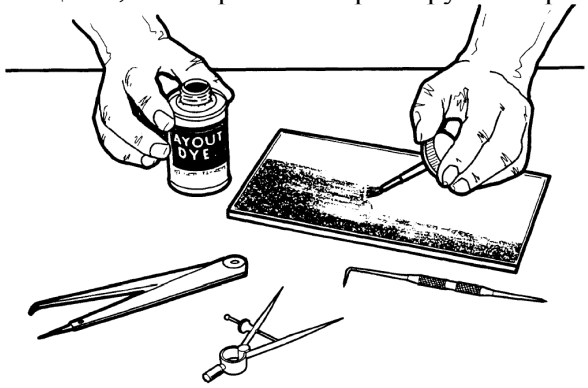


Рис. 3.40. Нанесение красителя «Layout Dye» на заготовку

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.2.4 Выполнение разметки

Детали машин и любые другие изделия изготавливают из заготовок в виде отливок, поковок и из сортового металла. В зависимости от назначения деталей одни заготовки остаются необработанными, другие обрабатываются частично или полностью. При обработке с поверхности заготовки удаляется определенный слой металла, в результате чего уменьшаются ее размеры. Разность между размерами заготовки до и после обработки есть припуск на обработку.

Припуск, т.е. подлежащий удалению слой металла, снимают с поверхности заготовки не сразу, а постепенно, применяя различные виды обработки за одну или несколько операций. Припуски, последовательно удаляемые в операциях, называются операционными припусками.

Таким образом, общий размер припуска складывается из размеров припусков под каждый вид обработки.

Предположим, нужно обработать стальную плоскую плитку, для которой заключительная операция – опиливание противоположных поверхностей. Толщина плитки по чертежу равна 40 мм. Размер заготовки по толщине равен 44 мм, следовательно, общий размер припуска на обработку плитки с двух сторон будет равен 4 мм. Этот припуск по операциям может складываться так: под обработку поверхности на станке (например, строгальном, фрезерном) с обеих сторон оставляется 2,5 мм, под опиливание драчевым напильником – 1 мм и под опиливание личным напильником – 0,5 мм.

Чтобы не сделать ошибки при обработке заготовки и не испортить ее, на поверхность заготовки наносят точно по чертежу контурные линии (риски), обозначающие границы, до которых разрешается снимать излишние слои металла. Перейти за эти границы нельзя, иначе деталь будет испорчена. Такая операция называется разметкой.

При выполнении разметочной работы необходимо знать, с какой точностью будет обрабатываться деталь, и в соответствии с этим производить разметку. Точность разметки колеблется от 0,25 до 0,5 мм. Степень точности разметки значительно влияет на точность дальнейшей обработки заготовки. Ошибки, допущенные при разметке, могут привести к тому, что окончательно обработанная деталь окажется браком. Но возможны и обратные случаи, когда заготовки, неточно отлитые и поэтому забракованные, можно исправить путем тщательной разметки, перераспределив припуск для каждой поверхности.

Разметка делится на плоскостную и пространственную.

Плоскостная разметка заключается в нанесении разметочных линий (рисок) на одной плоскости заготовки. Так размечают заготовки из полосового и листового материала, а также заготовки сложной формы, у которых разметке подлежит только одна плоскость.

Пространственная разметка состоит в нанесении рисок на нескольких плоскостях или поверхностях заготовки, пересекающихся между собой под различными углами. В этом случае размеры на одной плоскости должны быть увязаны с размерами на других плоскостях. На рис. 3.41 показаны оба вида разметки.

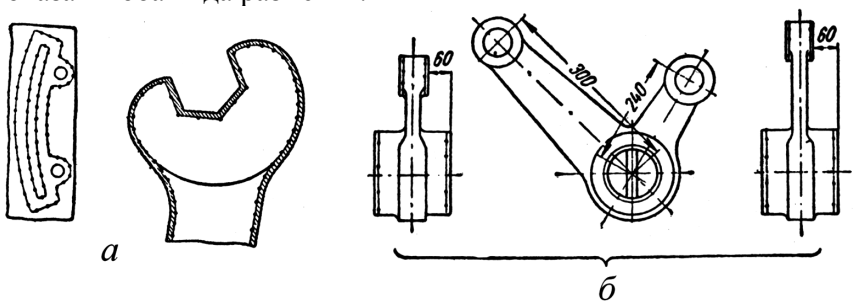


Рис. 3.41. Примеры разметки: *а* – плоскостной (слева – размеченная заготовка паровозной кулисы, справа – размеченная заготовка гаечного ключа); *б* – пространственной (размеченный угловой рычаг)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В специализированных ремонтных мастерских АПК и на ремонтных предприятиях изготовление однотипных деталей носят массовый характер, разметочные операции составляют сравнительно небольшую часть в общем объеме производства.

В мастерских же сельхозпредприятий, где обычно требуется изготовить одну единственную деталь или несколько одинаковых деталей, к разметке приходится прибегать гораздо чаще.

Слесарь очень часто начинает работу именно с разметки. Размечать ему приходится плоские детали, листовой и полосовой материалы, а также различные поковки, отливки и заготовки из сортового металла.

Разметка – работа сложная и ответственная, требующая очень внимательного выполнения. Производящий разметку должен хорошо читать чертежи, отлично знать разметочный и измерительный инструменты, уметь правильно пользоваться ими.

Существуют два способа разметки: по чертежу и по шаблону или образцу. Первый способ заключается в перенесении размеров с чертежа на заготовку. При этом надо помнить, что инструменты, о помощью которых переносятся размеры (к таким инструментам относятся, в частности, циркули), следует устанавливать по линейке или другому измерительному инструменту. Нельзя механически переносить размеры циркулем прямо с чертежа, так как это неминуемо приведет к грубым ошибкам. Разметка по чертежу, в сущности, не отличается от обыкновенного геометрического черчения.

Разметка по шаблону и особенно по образцу широко распространена в ремонтном производстве, так как чертежей такого большого количества разнообразных деталей, которое приходится изготавливать слесарю при ремонте машин, в мастерской, как правило, нет. Кроме того, этот способ весьма удобен и экономит много времени. Шаблоны для разметки часто встречающихся деталей изготовляют из листового материала толщиной 1,5-3 мм. В большинстве же случаев, когда требуется изготовить одну-единственную или несколько деталей, вместо шаблона применяют образец готовой детали. Если деталь находилась в работе, то при разметке надо учесть степень ее изношенности.

Основные этапы разметки. Перед нанесением разметочных рисок на окрашенную поверхность определяют базу, от которой будут наноситься риски. При плоскостной разметке базами могут служить наружные кромки плоских деталей, полосового и листового материала, а также различные линии, нанесенные на поверхность, например осевые, средние, горизонтальные, вертикальные или наклонные. Если базой является наружная кромка (нижняя, верхняя или боковая), то ее нужно предварительно выровнять.

Риски обычно, но не всегда, наносят в следующем порядке: сначала проводят все осевые линии, затем горизонтальные риски, потом вертикальные, после этого наклонные и в конце – окружности, дуги и закругления, рис. 3.42.

При пространственной разметке заготовок приходится наносить горизонтальные, вертикальные и наклонные риски. Эти наименования рисок сохраняются и при поворотах заготовки в процессе разметки. Если, например, риски при первоначальном положении заготовки были проведены горизонтально, то, хотя они при повороте заготовки на 90° стали вертикальными, чтобы не было путаницы, их продолжают называть горизонтальными.

Кроме основных разметочных рисок, параллельно им на расстоянии 5-7 мм проводят контрольные риски, которые служат для проверки установки заготовки при дальнейшей обработке, а также для возможности обработки в тех случаях, когда разметочная риска по какой-то причине исчезла.

При разметке на плите горизонтальные риски прочерчивают рейсмасом, установленным на соответствующий размер. Рейсмас перемещают параллельно плоскости разметочной плиты, слегка прижимая его основанием к плите. При этом игла рейсмаса должна быть направлена наклонно к размечаемой плоскости в сторону движения под углом 75-80°. Нажим иглы на заготовку должен быть равномерным.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

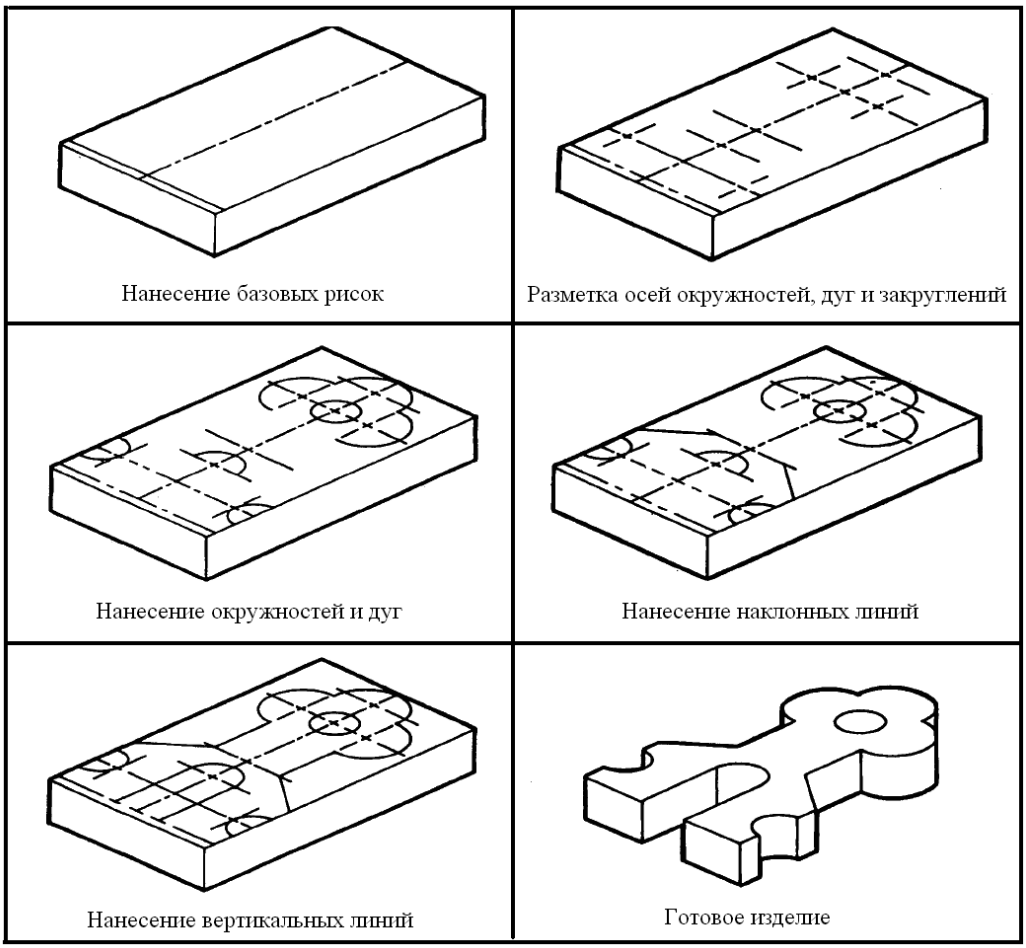


Рис. 3.42. Пример разметки заготовки

Разметка вертикальных рисок может выполняться тремя способами: разметочным угольником, рейсмасом с поворотом заготовки на 90°, рейсмасом от разметочных призм без поворота заготовки.

Наклонные линии наносят чертилкой путем поворота детали по угломеру, установленному на необходимый угол.

Так как риски во время работы легко затереть руками, и они тогда станут плохо заметны, по линиям рисок набивают в металле кернером небольшие углубления. Эти углубления – керны должны быть неглубокие и разделяться риской пополам.

Расстояние между кернами определяется на глаз. На длинных линиях простого очертания эти расстояния принимаются от 20 до100 мм, на коротких линиях, а также в углах, перегибах или закруглениях – от 5 до 10 мм,

На обрабатываемых поверхностях точных изделий разметочные линии не кернят.

Нанесение параллельных рисок. Нанесение параллельных рисок производится чертилкой с помощью угольника с пяткой в следующей последовательности.

1. Пластину кладут на разметочную плиту так, чтобы обработанная кромка, которую принимают за разметочную базу, была обращена к работающему. Для плотного прилегания угольника заготовку необходимо сдвинуть на край разметочной плиты, рис. 3.43, *а*.

2. Угольник с широким основанием прикладывают к базовой кромке и проводят чертилкой первую риску. При нанесении рисок острие чертилки плотно прижимают к ребру угольника (рис. 3.43, *б*), одновременно наклоняя чертилку в сторону направления движения.

Для получения четкой и прямой линии следует проводить риску с небольшим нажимом, не изменяя наклона чертилки относительно узкого ребра угольника. Нельзя по одной и той же риске проводить два раза, так как линия получится раздвоенной.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для нанесения рисок применяют два типа чертилок: круглые (рис. 3.44, *б*) или со вставной иглой из твердого сплава, рис. 3.44, *в*.

Параллельные риски на заданном расстоянии друг от друга наносят, используя измерительную линейку и чертилку.

Согласно эскизу (рис. 3.45) все размеры откладывают от нижней линии, которую принимают за базовую, и выполняют в следующей последовательности.

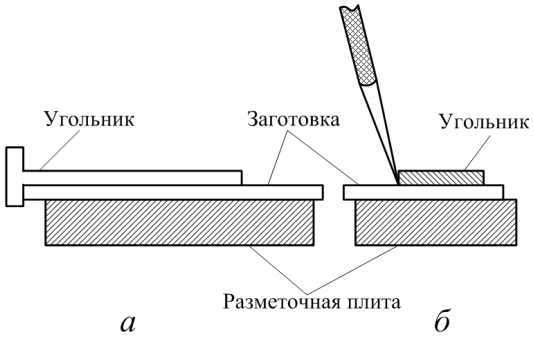


Рис. 3.43. Положение угольника с пяткой на пластине (*а*) и острия чертилки у кромки угольника (*б*)

1. С помощью измерительной линейки и чертилки на пластину наносят две отметки *а* на расстоянии 5 мм от базовой линии рис. 3.46, *а*.

2. На размечаемую плоскость накладывают линейку так, чтобы ее кромка совпала со штрихами отметок *а*. Широко расставленными пальцами левой руки прижимают линейку к пластине, а правой рукой наносят чертилкой риску, рис. 3.46, *б*.

Аналогичную разметку по нанесению отметок выполняют для остальных параллельных линий, расположенных на расстоянии 6, 13, 21, 29, 38, 47, 55 мм (рис. 3.45) от базовой линии, и проводят риски.

3. Точность нанесения рисок по заданным размерам проверяют измерительной линейкой.

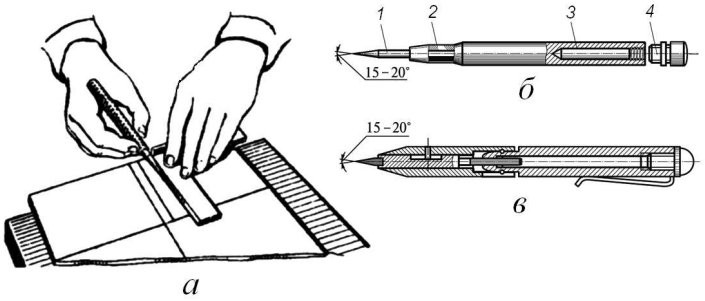


Рис. 3.44. Нанесение рисок с помощью чертилки: *а* – прием работы; *б* – круглая чертилка; *в* – чертилка со вставной иглой; *1* – игла, *2* – корпус, *3* – запасные иглы, пробка

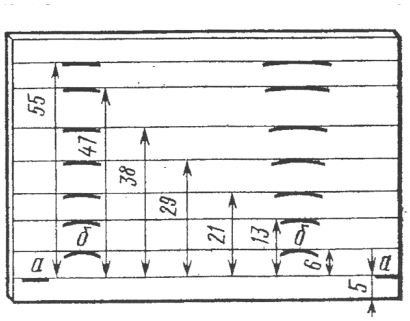


Рис. 3.45. Пример разметки параллельных рисок

Перпендикулярные риски (рис. 3.47) наносят разметочными инструментами – угольником, линейкой и чертилкой.

1. Параллельно нижней границе пластинки проводят риску *AB* длиной 75 мм, которую принимают за базовую линию, рис. 3.48.

2. От точки *A* по измерительной линейке откладывают расстояние 48 мм и чертилкой делают отметку (точка *O*).

3. На линию *AB* накладывают линейку, к ребру которой плотно приставляют ребро плоского угольника чтобы вершина угла совпала с точкой *O*, и проводят риску $O - O_1$ длиной 50 мм, рис. 3.48.

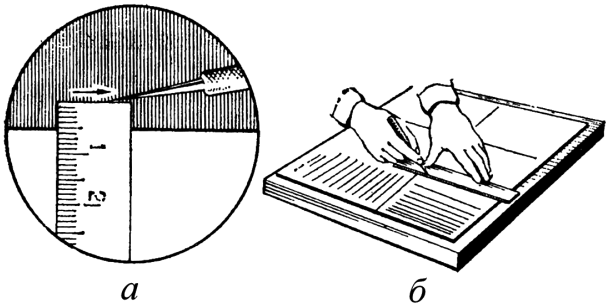


Рис. 3.46. Приемы откладывания размеров от кромки заготовки (*а*) и нанесение параллельных рисок

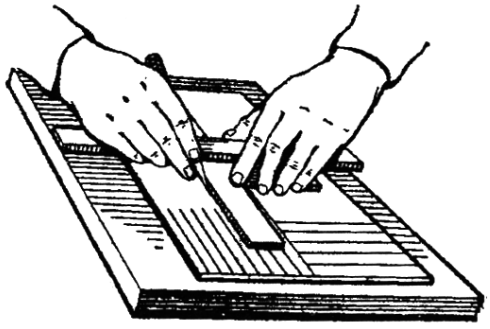


Рис. 3.47. Прием построения угла 90° с помощью плоского угольника, линейки и чертилки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таким же способом проводят линии $B - B_1$ и $A - A_1$ и получают три линии, перпендикулярные основанию AB.

Разметка параллельных линий от кромки материала и от центровых линий. Разметка параллельных линий на поверхности деталей может выполняться как геометрическим способом (рис. 3.49), так и с помощью разметочных инструментов – масштабной линейки, угольника и чертилки, циркуля и рейсмуса.

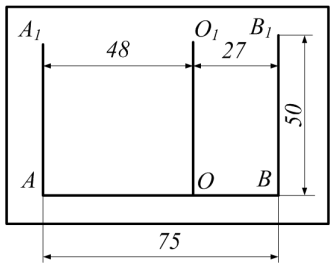


Рис. 3.48. Пример построения взаимно перпендикулярных рисок по заданным размерам

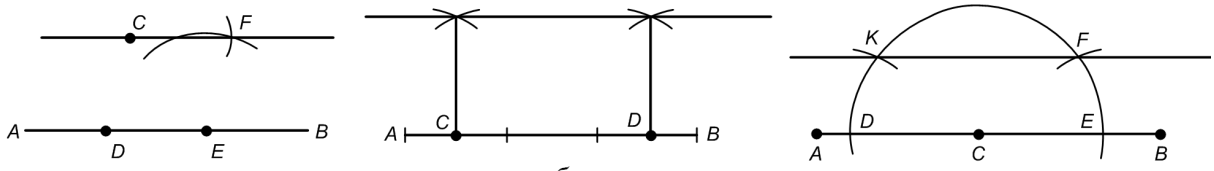


Рис. 3.49. Геометрический способ построения параллельных линий: *а* – по прямой и точке вне нее; *б* – на определенном расстоянии друг от друга; *в* – по данной прямой произвольно

Ниже приведены три примера разметки поверхностей деталей:

Пример 1. От стальной полосы (например, шириной 120 мм и толщиной 12 мм) необходимо отрезать кусок металла длиной 100 мм. Разметить линию отреза, рис. 3.50.

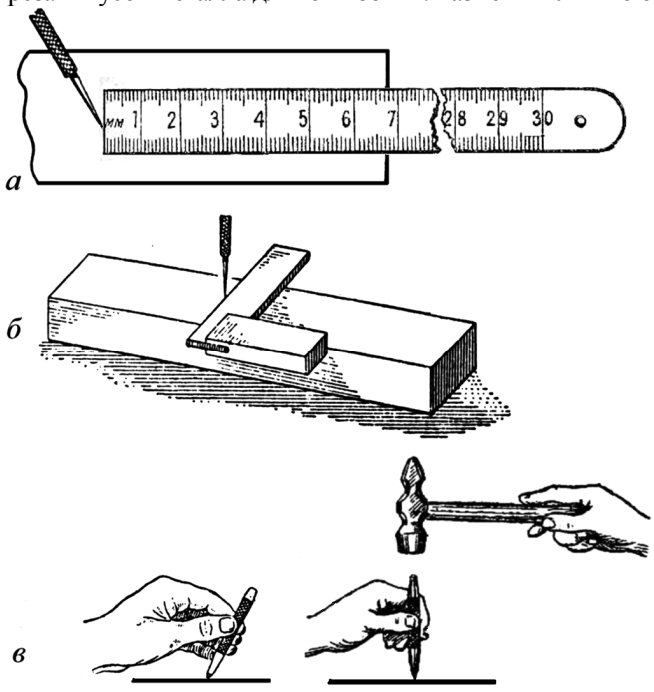


Рис. 3.50. Разметка линий от кромки деталей: *а* – засечка чертилкой метки по масштабной линейке; *б* – прочерчивание линии по угольнику; *в* – кернение

1. Примем за разметочную базу торцевую и боковую стороны полосы.

2. Окрасим размечаемую поверхность мелом или специальной разметочной краской.

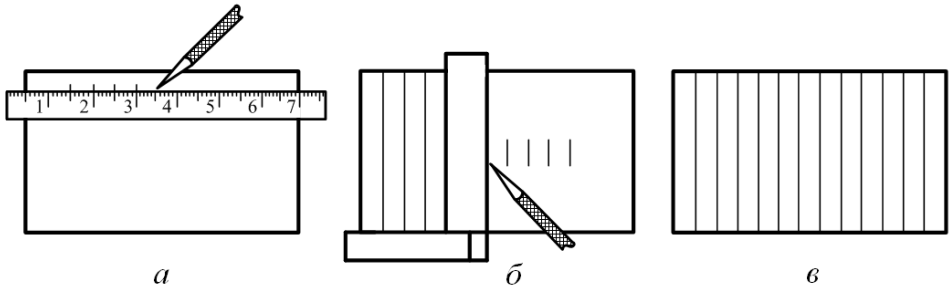
3. Отмерим на полосе длину отрезаемого куска металла. Для этого наложим на размечаемую поверхность масштабную линейку так, чтобы деление линейки 100 мм совпало с кромкой торца полосы. Затем, не сдвигая линейку, делаем у ее начала чертилкой метку.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4. Чтобы прочертить линию отреза на полосе, накладываем на нее угольник так, чтобы одна сторона его была плотно прижата к боковой стороне полосы, а другая сторона точно совпадала с меткой. По этой стороне угольника, не сдвигая его с места, чертилкой проводим поперечную риску.

5. После этого, чтобы заметнее стало место отреза, на прочерченной риске набиваем керны на расстоянии 8 мм один от другого.

Пример 2. Разметить на обработанной поверхности стальной детали параллельные прямые в 10 мм одна от другой с помощью масштабной линейки, чертилки и угольника, рис. 3.51.



а *б* *в*

Рис. 3.51. Разметка параллельных линий: *а* – нанесение меток; *б* – прочерчивание рисок по угольнику; *в* – размеченная деталь

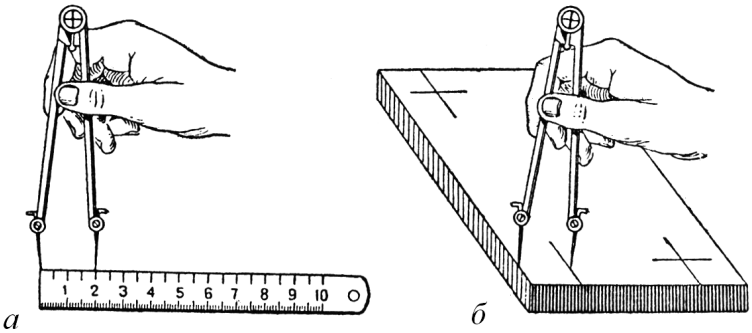
1. Принимаем за разметочную базу нижнюю и боковые стороны детали.

2. Окрашиваем раствором медного купороса (или специальной разметочной краской) размечаемую поверхность детали.

3. Накладываем на деталь масштабную линейку так, чтобы ее начало или какое-либо выбранное деление точно совпало с кромкой детали. Плотно прижимая линейку левой рукой к размечаемой поверхности, делаем на ней метки чертилкой через каждые 10 мм.

4. Через нанесенные метки по наложенному на деталь угольнику проводим чертилкой параллельные риски.

Пример 3. На обработанной латунной планке разметить циркулем по углам четыре точки для центров отверстий на расстоянии 20 мм от ребер планки, рис. 3.52.



а *б*

Рис. 3.52. Разметка циркулем: *а* – установка ножек циркуля на размер по масштабной линейке; *б* – перенесение размеров на деталь прочерчиванием рисок циркулем

1. Примем за базу боковые стороны планки.

2. Окраску поверхности не производим, так как на цветном металле и без окраски очень хорошо видны прочерченные риски.

3. Циркулем по масштабной линейке устанавливаем размер 20 мм.

4. Не сбивая циркуля, прочерчиваем от ребер по две пересекающиеся линии.

5. В точках пересечения линий керним углубления для центров отверстий.

Нанесение рисок под заданными углами. При разметке углов применяют циркуль, линейку и чертилку. Рассмотрим последовательность разметки угла 45°.

1. С помощью плоского угольника необходимо построить угол 90° *BAC*, рис. 3.53.

2. Циркуль раздвинуть на произвольный размер *R*, но меньше расстояния *AB*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3. Острие циркуля поставить в точку *A* (вершину угла) и установленным радиусом нанести дугу, пересекающую стороны угла в точках *1* и *2*.

4. Из точек *1* и *2* одним и тем же произвольным радиусом нанести перекрестные дуги *a* и *b* с точкой *D* в месте пересечения.

5. С помощью линейки и чертилки из вершины угла *A* через точку *D* провести риску, которая делит угол 90° на два равных угла по 45°

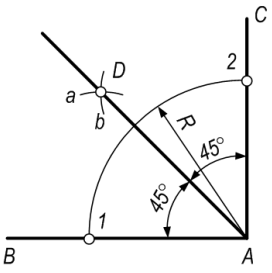


Рис. 3.53. Пример разметки угла 45°

Возможно совмещенное построение углов в 30, 60 и 120°.

1. На базовую риску *AB* нанести среднюю точку *O* делящую линию *АБ* пополам, рис. 3.54.

2. Циркуль раздвинуть на произвольный размер (не более отрезка *OB*).

3. Опорную ножку циркуля поставить в точку *O* (вершина угла) и установленным радиусом провести дугу, пересекающую базовую линию *AB* в точках *1*.

4. Из точки *1*, не изменяя величины радиуса, сделать циркулем на дуге метку (точка *C*), необходимую для построения угла 60°.

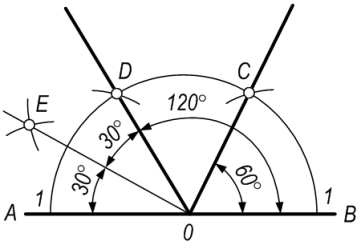


Рис. 3.54. Пример построения углов 30, 60 и 120°

5. Через точки *O* и *C* с помощью линейки чертилкой провести риску (угол *COB* равен 60°).

6. При построении угла 120° использовать разметку угла 60° и тем же радиусом сделать вторую засечку по дуге, образуя точку *D*, затем через точки *O* и *D* с помощью линейки чертилкой провести риску (угол *COD* равен 60°). Соответственно угол *BOD* равен 120°. Таким образом точка *D* будет исходной для построения угла 120°.

Разметку угла 30° можно выполнять на базе любого из углов *AOD*, *DOC* или *COB* равных 60° в следующем порядке (в качестве примера разделим угол *AOD*).

1. Из точек *O* и *D* одним и тем произвольным радиусом нанести перекрестные дуги, их пересечение образует точку *E*.

2. Через точки *O* и *E* провести прямую риску, которая делит угол *AOD* на два угла по 30°.

Разметка контуров заготовок с использованием их кромок и осевой линии. Приемы плоскостной разметки различных контуров деталей зависят от выбранной базы разметки, формы детали и последовательности ее обработки. После того как чертеж детали изучен, за разметочные базы в большинстве случаев принимают наружные кромки заготовок или центровые (осевые) линии.

В качестве примера рассмотрим разметку плоского угольника с отсчетом размеров от кромки заготовки.

Разметка производится с помощью линейки, циркуля и чертилки в следующей последовательности.

1. От боковой кромки пластины откладываем припуск (2 мм) на дальнейшую обработку и вдоль кромки наносим риску *а*, рис. 3.55.

2. От другой кромки откладываем такой же припуск и проводим риску *б*, перпендикулярную риске *а*.

3. Параллельно рискам *а* и *б* на расстоянии 20 мм проводим риски a_1 и $б_1$.

4. От вершины угла 90° на риске *а* откладываем размер 100 мм (точка *1*) и на риске *б* – размер 63 мм (точка *2*).

5. Из точки *1* перпендикулярно риске *а* наносим риску, пересекающую риску a_1. Аналогично проводим риску из точки *2*.

6. У вершины внутреннего угла 90° параллельно рискам a_1 и $б_1$ на расстоянии 2 мм от них проводим риски a_2 и $б_2$.

7. Из вершины внутреннего угла размечаем угловой паз шириной 2 мм, завершая разметку всего контура плоского угольника.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

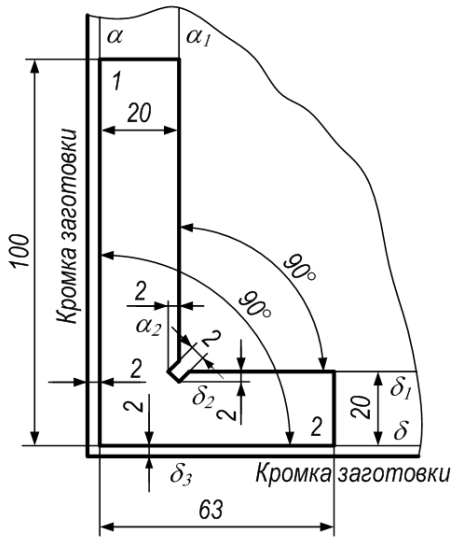


Рис. 3.55. Разметка угольника

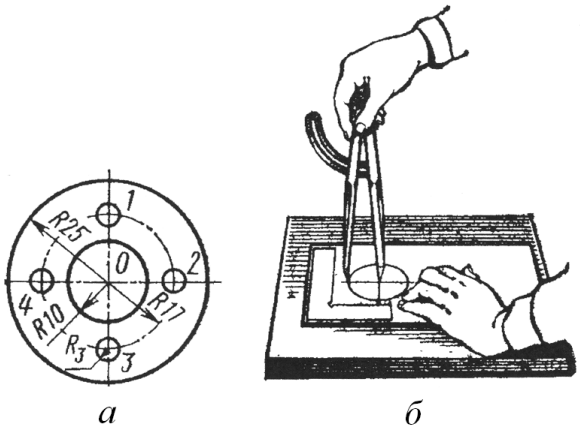


Рис. 3.56. Разметка фланца (*а*) и прием разметки детали от осевой линии (*б*)

Рассмотрим разметку торца фланца с отсчетом от осевой (центровой) линии.

1. Согласно чертежу (рис. 3.56, *а*) за базу разметки принимаем осевые линии.

2. Проводим две перпендикулярные риски пересекающиеся в точке *О*.

3. Из точки *О* проводим окружности R = 10, 17 и 25 мм, рис. 3.56, *б*. Точки 1-4 пересечения окружности *R* = 17 мм с осевыми линиями будут центрами окружностей *R* = 3 мм.

4. Построением окружностей *R* = 3 мм завершаем разметку детали по чертежу.

Разметка окружностей, центров и отверстий. Деление окружности на равные части и построение многоугольников. При разметке все построения производятся с помощью двух линий – прямой и окружности (на рис. 3.57 с целью повторения представлены элементы окружности).

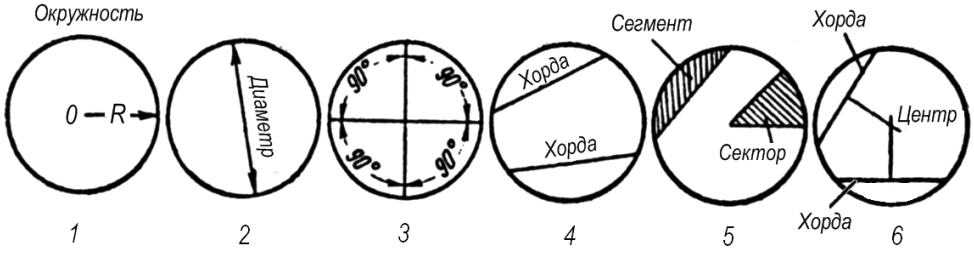


Рис. 3.57. Окружность и ее элементы

Нахождение центра окружности. На плоских деталях, где уже имеются готовые отверстия, центр которых неизвестен, его находят геометрическим способом. На торцах цилиндрических деталей нахождение центра производят при помощи циркуля, рейсмуса, угольника-цетроискателя и колокола.

Разметка центра по угольнику-центроискателю. Разметку выполняют в следующей последовательности.

1. Деталь устанавливают на разметочную плиту так, чтобы размечаемый торец был сверху.

2. На торец цилиндрической детали накладывают угольник-центроискатель так, чтобы две его стороны (планки) касались цилиндрической поверхности детали, рис. 3.58.

3. Левой рукой плотно прижимают линейку угольника к поверхности торца, а правой проводят чертилкой первую диаметральную риску.

4. Угольник-центроискатель поворачивают по цилиндрической поверхности детали примерно на 90° и проводят вторую риску. Точка пересечения двух рисок будет центром размечаемой окружности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Разметку центра детали с грубо обработанной цилиндрической поверхностью производят в такой же последовательности. В этом случае для более точного нахождения центра окружности необходимо нанести пять-семь рисок. Центром будет точка, в которой пересекается наибольшее число рисок.

Точность разметки центра окружности проверяют разметочным циркулем, рис. 3.59. Острие одной ножки циркуля устанавливают в размеченный центр, а другую ножку перемещают так, чтобы ее острие слегка касалось цилиндрической части детали. Если острие ножки циркуля касается по всей длине окружности, то центр размечен правильно.

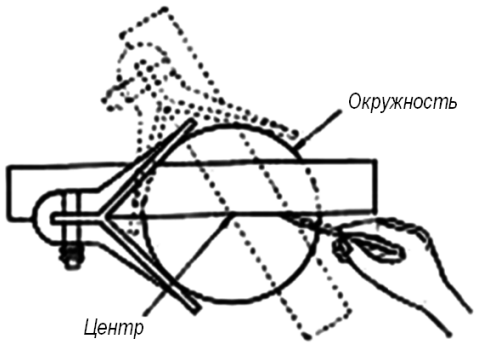


Рис. 3.58. Нахождение центра окружности с помощью угольника-центроискателя

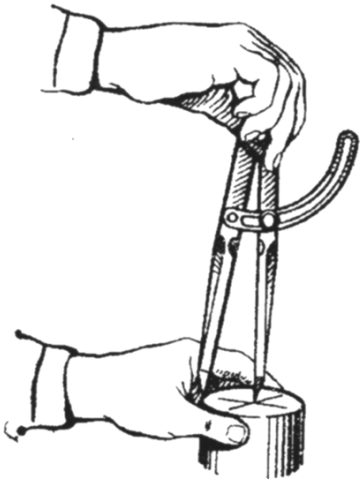


Рис. 3.59. Способ проверки точности разметки центра окружности разметочным циркулем

Разметка центра рейсмусом (рис. 3.60). Деталь кладут на призмы или параллельные подкладки, уложенные на разметочную плиту. Устанавливают острый конец иглы рейсмуса несколько выше или ниже центра размечаемой детали и, придерживая деталь левой рукой, правой рукой движением рейсмуса по плите прочерчивают его иглой на торце детали короткую риску. После этого поворачивают деталь на ¼ окружности и таким же способом проводят вторую риску. То же повторяют через каждую четверть оборота для проведения третьей и четвертой рисок. Внутри рисок (на пересечении диагоналей) и будет находиться центр. Его набивают кернером.

Геометрический способ нахождения центра заключается в следующем. Например, имеется металлическая плита с готовым отверстием, центр которого неизвестен. Перед тем как начать разметку, вставляют в отверстие широкий деревянный брусок и на него набивают пластинку из белой жести или из оцинкованного кровельного железа, рис.3.61, *а*.

Затем на краю отверстия слегка намечают произвольно три точки *A*, *B* и *C* и из каждой пары этих точек *AB* и *BC* описывают по обе стороны их пересекающиеся между собой дуги-засечки *1 – 2* и *3 – 4*. Через точки пересечения дуг проводят две прямые по направлению к центру до их пересечения в точке *O*. Точка пересечения этих прямых, и будет искомым центром отверстия.

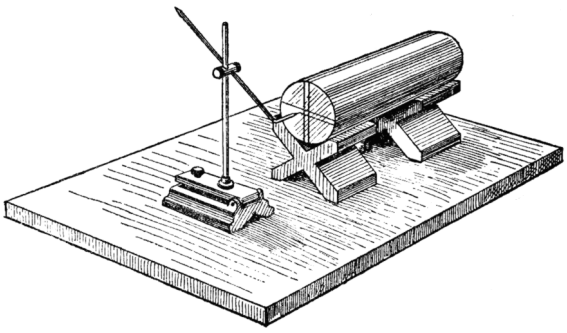


Рис. 3.60. Разметка центра рейсмусом

Разметка центра циркулем (*кронциркулем*). Зажав деталь в тиски, растворяют ножки циркуля на величину, немного большую или немного меньшую радиуса размечаемой детали, рис. 3.61, *в*. После этого, приложив к боковой поверхности детали одну ножку циркуля и придерживая ее большим пальцем, другой ножкой циркуля очерчивают дугу. Далее переместив циркуль на ¼ окружности (на глаз), таким же образом очерчивают вторую дугу. Затем через каждую четверть окружности очерчивают третью и четвертую дуги. Затем соединяют противоположные засечки диагоналями, рис. 3.61, *в*. Центр окружности будет находиться внутри очерченных дуг на пересечении диагоналей.

Можно разметить центр и способом, показанным на рис. 3.61, *б*. Методика разметки аналогична разметке рейсмусом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

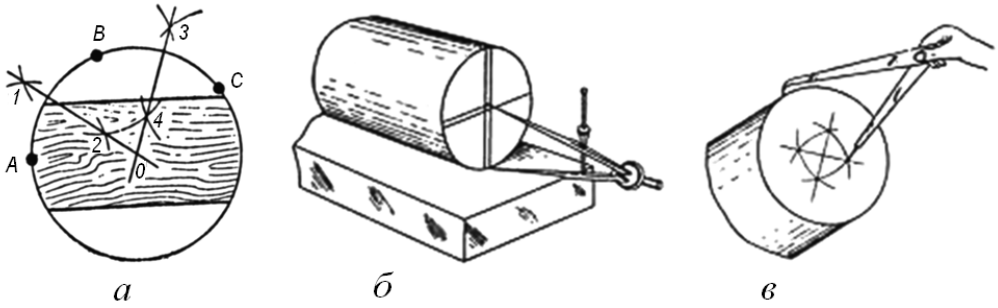


Рис. 3.61. Нахождение центра геометрическим способом (*а*); разметка центра циркулем (*б*) и кронциркулем (*в*)

Разметка центра кернером-центроискателем. Разметка заключается в том, что кернер устанавливается на торец цилиндрической детали. Придерживая колокол левой рукой в вертикальном положении, правой рукой наносят удар молотком по головке кернера, рис. 3.62.

Деление окружности на равные части. При разметке окружностей часто приходится их делить на несколько равных частей – 3, 4, 5, 6, и больше. Ниже приведены примеры деления окружности на равные части геометрическим способом и с помощью таблиц.

Рис. 3.62. Разметка центра кернером-центроискателем

Деление окружности на три равные части с построением вписанного треугольника (рис. 3.63).

1. В центре размечаемой плоскости с помощью циркуля проводим окружность требуемого радиуса, например *R*=26 мм.

2. Через центр окружности по линейке проводим прямую риску с пересечением окружности в точках *A* и *B*.

3. Опорную ножку циркуля устанавливаем в точку *A* и при растворе циркуля, равном радиусу проведенной окружности, делаем на окружности две метки-засечки (точки *C* и *D*), где длина дуги между ними будет равна одной трети длины окружности.

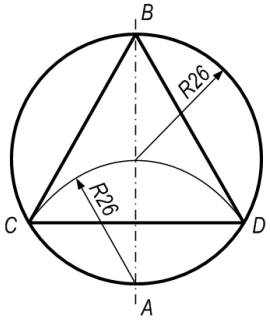


Рис. 3.63. Деление окружности на три части с построением вписанного треугольника

4. Соединив точки прямыми рисками *CD*, *CB* и *BD*, получим вписанный равносторонний треугольник.

5. Правильность построения проверяем циркулем, устанавливая раствор циркуля равным одной из сторон треугольника и этим же размером определяя равенство остальных сторон треугольника.

Деление окружности на четыре равные части с построением вписанного квадрата, рис. 3.64.

1. В центре размечаемой плоскости циркулем проводим окружность требуемого радиуса, например *R*=28 мм.

2. Через центр окружности по линейке проводим прямую риску что бы она пересекала окружности в двух точках *A* и *B* и разделяла ее на две равные части.

3.Опорную ножку циркуля устанавливаем в точку *A* и, раздвинув циркуль на расстояние несколько большее, чем половина отрезка *AB*, проводим дугу *в*.

4. Опорную ножку циркуля переносим в точку в точку *B* и, не изменяя раствора циркуля, проводим дугу *б* так, чтобы она пересекла первую выполненную дугу в точках *1* и *2*.

5. Через точки *1* и *2* проводим риску, которая образует на окружности точки *C* и *D*.

6. Соединив точки *AD*, *DB*, *BC* и *CA* прямыми рисками, получим квадрат, вписанный в окружность.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

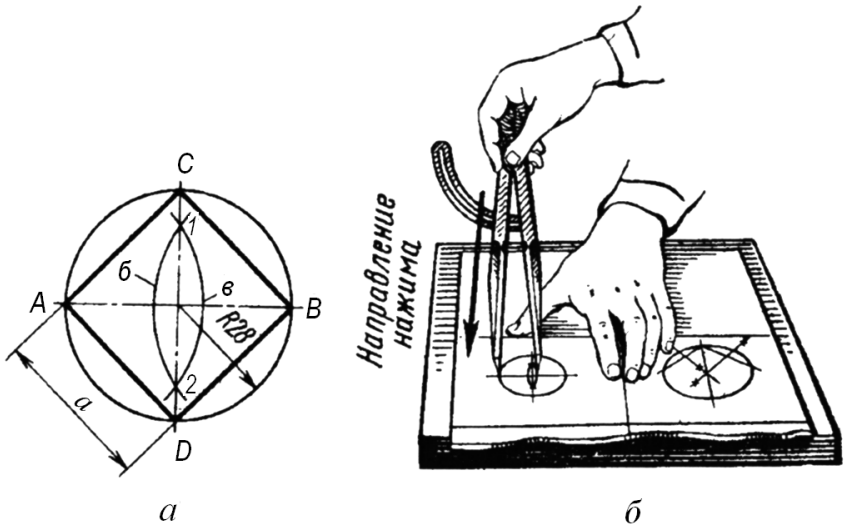


Рис. 3.64. Деление окружности на четыре части с построением вписанного квадрата (*а*) и прием разметки квадрата (*б*)

Деление окружности на пять равных частей (рис. 3.65). На данной окружности проводим два взаимно перпендикулярных диаметра, пересекающие окружность в точках *A* и *B*, *C* и *D*. Радиус *OA* делим пополам и из полученной точки *E* описываем дугу радиусом *EC* до пересечения в точке *F* на радиусе *OB*. После этого соединяем прямой линией точки *D* и *F*. Откладывая длину прямой *DF* по окружности, разделим ее на пять равных частей.

Деление окружности на шесть равных частей с построением вписанного шестиугольника, рис. 3.66.

1. В центре разметочной плоскости циркулем проводим окружность требуемого радиуса, например *R*=27 мм.

2. Через центр окружности по линейке проводим прямую риску с пересечением окружности в точках *A* и *B*.

3. Из точки *A*, как из центра, наносим дугу радиусом, равным радиусу проведенной окружности, и получаем точки *1* и *2*.

Аналогичное построение делаем из точки *B*, нанося точки *3* и *4*. Полученные точки пересечения и концевые точки диаметра будут искомыми точками деления окружности на шесть частей.

4. Соединив точки прямыми рисками *A* – 2, 2 – 4, 4 – *B*, *B* – 3, 3 – 1 и 1 – *A*, получим вписанный шестиугольник.

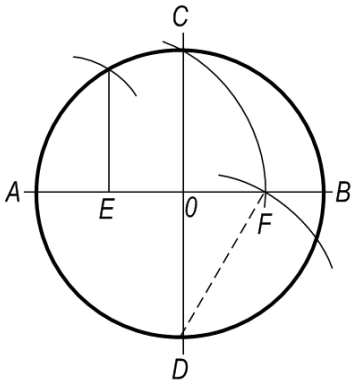


Рис. 3.65. Деление окружности на пять равных частей

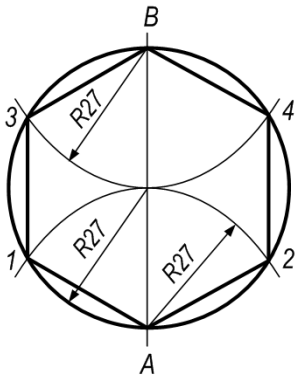


Рис. 3.66. Деление окружности на шесть частей с построением вписанного шестиугольника

При разметке граней шестиугольника под размер *h* зева гаечного ключа (рис. 3.67) радиус описываемой окружности определяется по формуле $R = 0{,}577h$.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Деление окружности на равные части с помощью таблицы. Эта таблица (табл. 3.5) имеет две графы: «Число делений окружности» и «Число, умножаемое на радиус окружности». Числа первой графы показывают, на сколько равных частей следует делить данную окружность. Во второй графе даны числа, на которые умножают радиус данной окружности. В результате умножения числа, взятого из второй графы, на радиус размечаемой окружности получаем величину хорды, т.е. расстояние по прямой между делениями окружности.

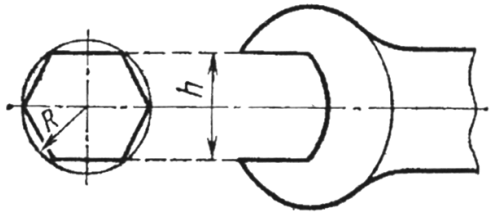


Рис. 3.67. Пример разметки шестиугольника под размер зева гаечного ключа

Таблица 3.6 **Деление окружности на равные части**

Число делений окружности	Число, умножаемое на радиус окружности	Число делений окружности	Число, умножаемое на радиус окружности
3	1,7321	32	0,1961
4	1,4142	33	0,1901
5	1,1756	34	0,1846
6	1,0000	35	0,1793
7	0,8678	36	0,1743
8	0,7654	37	0,1697
9	0,6840	38	0,1652
10	0,6180	39	0,1609
11	0,3535	40	0,1569
12	0,5176	41	0,1531
13	0,4786	42	0,1494
14	0,4450	43	0,1459
15	0,4158	44	0,1426
16	0,3902	45	0,1395
17	0,3676	46	0,1365
18	0,3473	47	0,1336
19	0,3292	48	0,1308
20	0,3129	49	0,1282
21	0,2980	50	0,1250
22	0,2845	51	0,1231
23	0,2723	52	0,1207
24	0,2611	53	0,1184
25	0,2507	54	0,1164
26	0,2411	55	0,1143
27	0,2321	56	0,1122
28	0,2240	57	0,1103
29	0,2162	58	0,1084
30	0,2091	59	0,1064
31	0,2023	60	0,1047

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.6

Число делений окружности	Число, умножаемое на радиус окружности	Число делений окружности	Число, умножаемое на радиус окружности
61	0,1030	76	0,0827
62	0,1014	77	0,0816
63	0,0996	78	0,0806
64	0,0982	79	0,0795
65	0,0967	80	0,0785
66	0,0950	81	0,0775
67	0,0937	82	0,0766
68	0,0923	83	0,0757
69	0,0911	84	0,0748
70	0,0897	85	0,0740
71	0,0884	86	0,0731
72	0,0872	87	0,0722
73	0,0860	88	0,0714
74	0,0848	89	0,0705
75	0,0837	90	0,0698

Пример 1. Требуется разделить на 15 равных частей окружность, радиус которой равен 280 мм. Сначала определяем величину хорды, т.е. расстояние между двумя соседними делениями. Для этого из второй графы табл. 2.31 берем число, стоящее против цифры 15 первой графы (в данном случае это будет 0,4158), и умножаем на это число радиус окружности.

Получается:

$$0{,}4158 \times 280 = 116{,}4 \text{ мм}.$$

Это расстояние берем циркулем по масштабной линейке и откладываем его на размечаемой окружности. Последняя разделится на 15 равных частей.

Пример 2. Требуется разделить на 13 равных частей окружность, диаметр которой равен 500 мм.

По таблице число, соответствующее 13 делениям, составляет 0,4786. Следовательно,

$$0{,}4786 \times \frac{500}{2} = 119{,}65 \text{мм}.$$

Отложив циркулем полученное расстояние размечаемой окружности, разделим ее на 13 равных частей.

Разметка отверстий на деталях. Разметка отверстий под болты и шпильки в плоских деталях, кольцах и фланцах для труб и цилиндров машин требует особого внимания. Центры отверстий болтов и шпилек должны быть точно расположены (размечены) по окружности – так, чтобы при наложении двух сопрягаемых деталей соответствующие отверстия приходились строго одно под другим.

При разметке пустотелых деталей в них забивают деревянную центровую планку (рис. 3.69, *а*), а затем на нее набивают металлическую планку из латуни или свинца для опоры ножки циркуля. Если планка из дерева твердой породы, то можно металлическую планку не набивать. Разметку ведут обычным способом.

После того как размеченная окружность (рис. 3.68, *б*) разделена на части и в надлежащих местах по этой окружности накернены центры отверстий (рис. 3.68, *в*), приступают к разметке отверстий. При кернении центров сначала накернивают углубление лишь слегка и затем проверяют циркулем равенство расстояния между центрами. Только убедившись в правильности разметки, накернивают центры окончательно.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

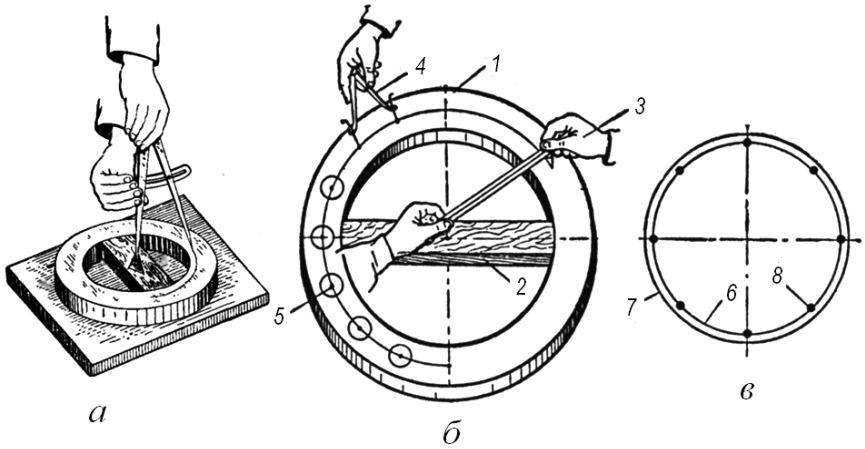


Рис. 3.68. Разметка отверстий: *1* – размечаемое кольцо; *2* – деревянная планка, забитая в отверстие; *3* – проведение окружности; *4* – разбивка отверстий; *5* – размеченные отверстия; *6* – окружность центров отверстий; *7* – контрольная окружность; *8* – керны

Отверстия размечают двумя окружностями из одного центра. Первую окружность проводят радиусом по размеру отверстия, а вторую окружность, как контрольную – радиусом на 1,5-2,0 мм большим, чем первый. Это необходимо для того, чтобы при сверлении можно было видеть, не сместился ли центр и правильно ли идет сверление. Первую окружность накернивают – для малых отверстий делают 4 керна, для больших – 6-8 и больше.

На рис. 3.69 приведен пример разметки фланца задвижки.

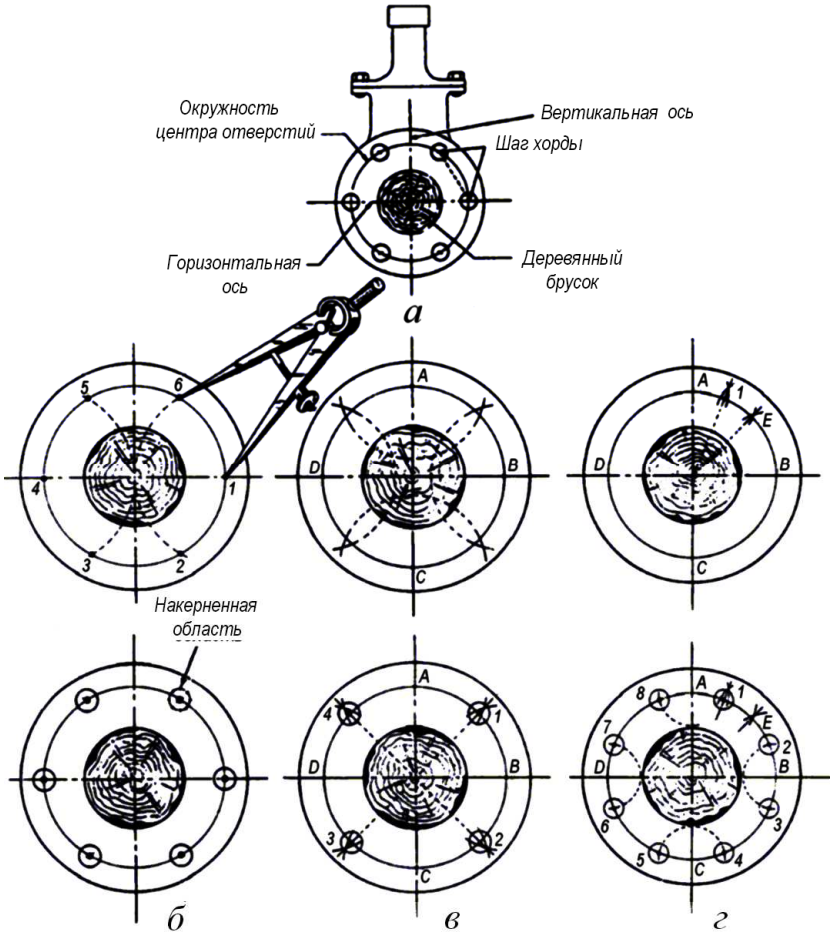


Рис. 3.69. Пример разметки отверстий на фланце задвижки: *а* – задвижка и элементы разметки; *б* – разметка фланца на шесть отверстий; *в* – разметка под четыре отверстия; *г* – под восемь отверстий

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Разметка контуров заготовок по шаблонам и по изделию. В серийном производстве для повышения производительности труда при выполнении разметочных работ применяют разметочные шаблоны.

Шаблоном называется простейшее приспособление, по которому изготовляют (или проверяют) однородные детали или изделия при серийном и массовом выпуске. Разметочные шаблоны применяют для разметки таких деталей, которые часто повторяются в изготовлении и формы которых не подлежат изменению. Шаблоны делают из листовой стали толщиной от 1,5 до 4 мм. В зависимости от количества, точности и величины размечаемых деталей шаблоны могут быть закаленными и незакаленными.

Разметка по шаблону заключается в том, что на плоскую поверхность детали накладывают шаблон и по его контурам проводят чертилкой риски, по которым и должна производиться обработка. Разметка по шаблону имеет большое преимущество перед разметкой разметочными инструментами: она значительно упрощает и ускоряет работу. На рис. 3.70 изображены разметочные шаблоны и показана разметка по шаблону выемок.

Разметка по изделию применяется в тех случаях, когда не целесообразно изготовлять шаблон. Вместо шаблона на размечаемую поверхность кладут изделие и по его контурам проводят риски.

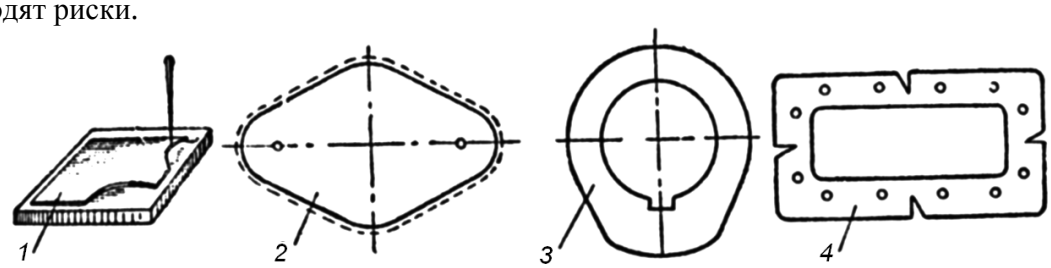
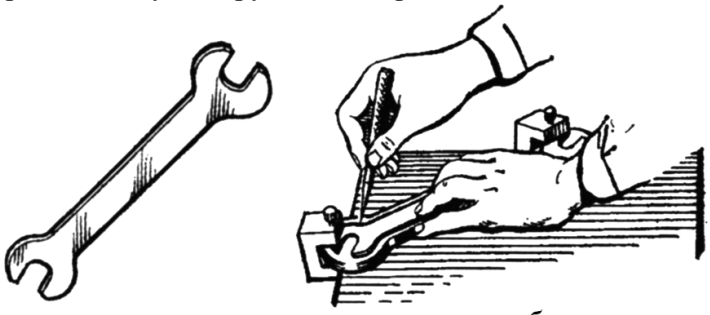


Рис. 3.70. Шаблоны: *1* – для разметки выемок; *2* – для разметки фланца; *3* – для разметки шпоночного паза кулачковой шайбы; *4* – для разметки отверстий

В качестве примера рассмотрим разметку гаечного ключа по шаблону.

1. На заготовку накладываем разметочный шаблон (рис. 3.71, *а*) таким образом, чтобы он плотно прилегал к плоскости заготовки по всему контуру. Для предотвращения смещения шаблона его укрепляем двумя струбцинами, рис. 3.71, *б*.



а *б*

Рис. 3.71. Шаблон гаечного ключа (*а*) и прием разметки гаечного ключа по шаблону (*б*)

2. Заготовку кладем на разметочную плиту и острием чертилки обводим по ребру шаблона весь размечаемый контур.

Особое внимание следует обращать на правильное положение чертилки относительно боковой грани шаблона. Для обеспечения точности разметки острие чертилки должно находиться в вершине угла, образованного гранью шаблона и плоскостью заготовки.

Разметка углов и уклонов. При разметке часто приходится строить различные углы, чаще всего в 30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 135° и т.п.

Для измерения и построения углов применяют транспортир и угломер.

Транспортир (рис. 3.72) имеет форму полукруга и разделен на 180 равных частей. Центр полукруга обозначен маленькой вырезкой *О*. При измерении угла транспортиром его накла-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

дывают на угол так, чтобы вершина угла совпала с центром транспортира и одна из сторон угла – с линией основания внутреннего полукруга. Затем по шкале транспортира отсчитывают от этой стороны угла градусы, заключенные между нею и второй стороной угла.

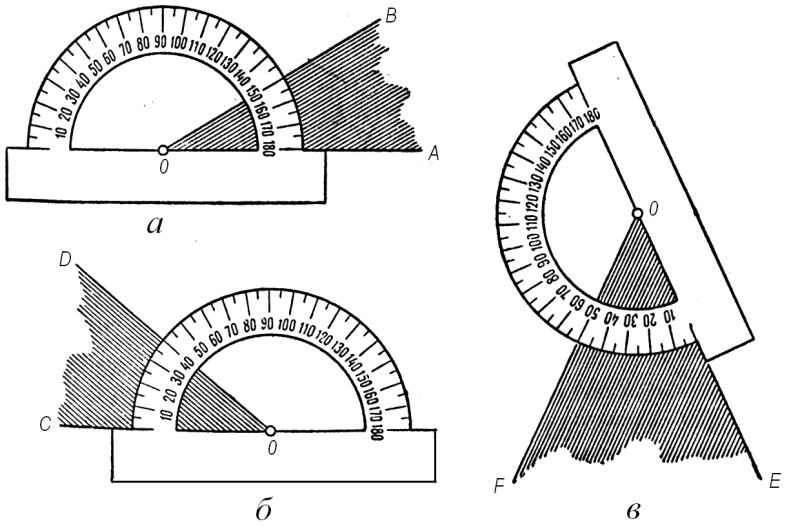


Рис. 3.72. Транспортир и измерение им углов: *а* – угол *AOB* = 30°; *б* – *COD* = 40°; *в* – *EOF* = 50°

Разметка углов сводится к построению на деталях перпендикулярных и наклонных линий. На рис. 3.73 – рис. 3.75 приведены примеры построений перпендикулярных и наклонных линий с помощью циркуля.

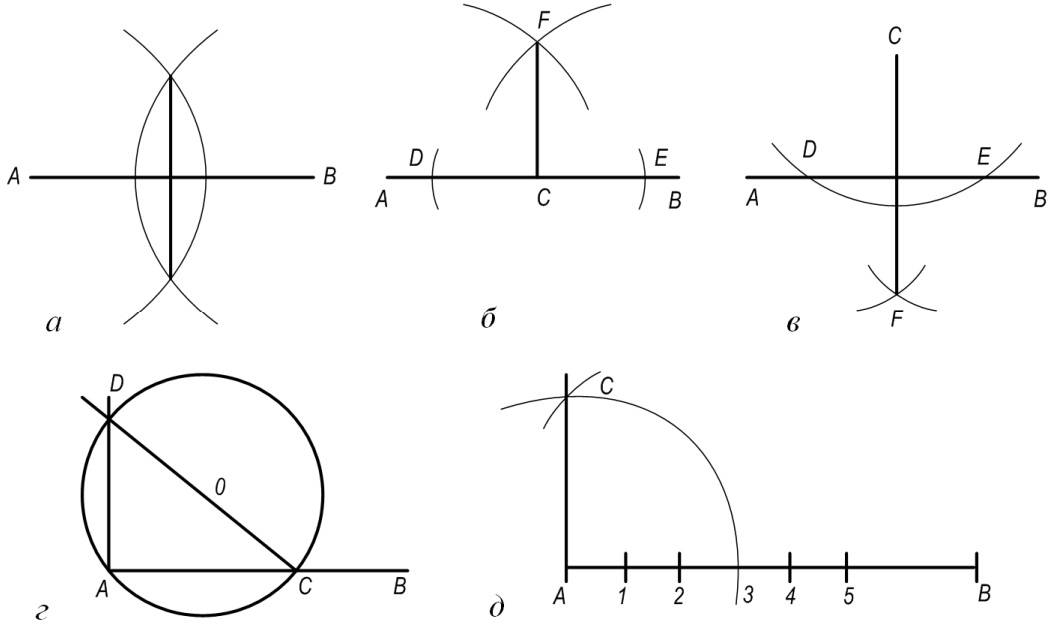
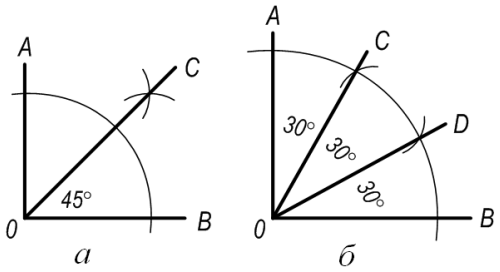


Рис. 3.73. Построение перпендикулярных линий: *а* – линии, пересекающие прямую *AB* посредине; *б* – перпендикуляра к прямой *AB* в точке *C* на прямой; *в* – перпендикуляра к прямой *AB* из точки *C* вне прямой; *г* и *д* – перпендикуляра в конце прямой *AB*

Разметка разверток куба, цилиндра и конуса. Иногда слесарю приходится изготовлять изделие в форме куба, цилиндра и конуса из листового металла. При изготовлении изделий подобной формы первой операцией будет построение разверток поверхностей по основным заданным размерам фигур.

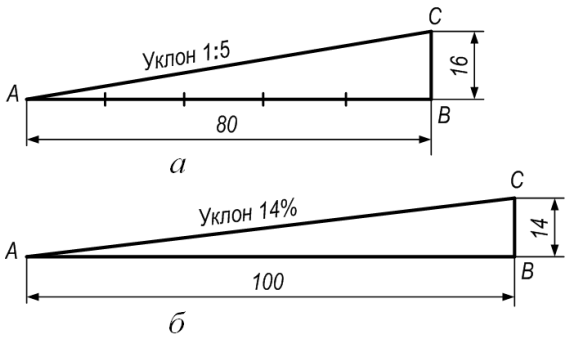
Построение развертки кубического сосуда из листовой стали. Развертку поверхности кубического сосуда можно получить, если боковые грани 1-4 из вертикального положения развернуть в горизонтальное, рис. 3.76, *а*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б*

Рис. 3.74. Построение наклонных линий: *а* – прямых, делящих любой угол пополам; *б* – прямых, делящих прямой угол на три равные части



а *б*

Рис. 3.75. Построение уклонов: *а* – с получением размера уклона в виде дроби; *б* – в процентах

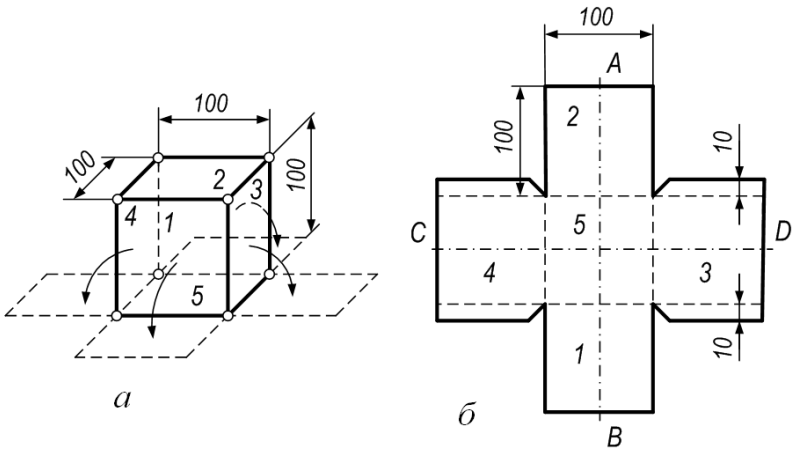
Последовательность выполнения работы заключается в следующем.

1. На металлический лист наносят взаимно перпендикулярные линии *AB* и *CD*, рис. 3.76, *б*.

2. Начиная от базовой линии строят квадрат *5* со стороной, например, 100 мм.

3. Строят квадраты *1-4*.

4. Для соединения плоскостей у двух сторон квадратов *3* и *4* размечаем припуск для заклепочного шва шириной 10 мм.

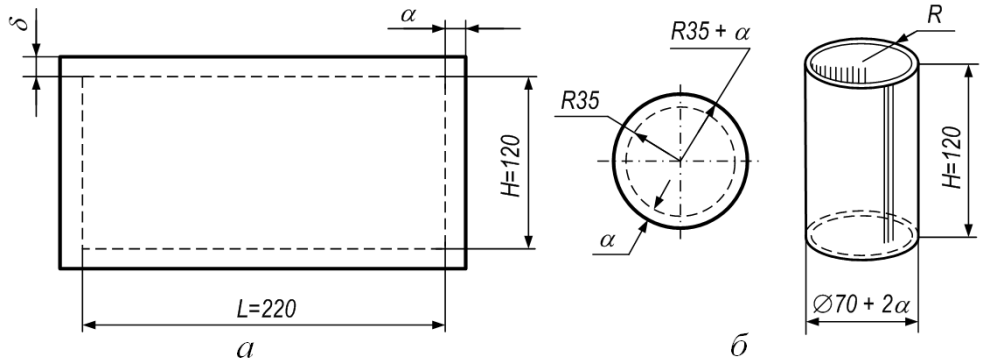


а *б*

Рис. 3.76. Развертка кубического сосуда (*а*) и пример построения развертки кубического сосуда (*б*)

Построение развертки цилиндрического сосуда из листовой стали. Разверткой поверхности цилиндра будет прямоугольник с высотой, равной высоте цилиндра, и длиной, равной окружности цилиндра. Последовательность выполнения работы заключается в следующем.

1. Определяют длину развертки цилиндра диаметром, например 70 мм в следующем порядке: $L = \pi D = 3{,}14 \times 70 = 219{,}8 мм$ (округляют до 220 мм), рис. 3.77.



а *б*

Рис. 3.77. Цилиндрический сосуд: *а* – развертка цилиндрической поверхности; *б* – основание

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

2. Строят развертку цилиндрической поверхности сосуда высотой H = 120 мм и длиной L = 220 мм, рис. 3.78, *а*.

3. Развертку цилиндрической поверхности дополняют припуском *а* на швы. Для отбортовки верхнего края цилиндра с закаткой проволоки берут припуск δ.

4. Размечают основание цилиндра. Для этого из произвольной точки наносят окружности R = 35 мм и R = 35 мм + *а* на шов и тем самым завершаем разметку второй детали цилиндра, рис. 3.78, *б*.

Построение развертки поверхности конуса. Конус (рис. 3.78, *д*) состоит из двух частей: круга диаметром r и кругового сектора (развертка боковой поверхности конуса) радиусом R, равным длине образующей. Развертку поверхности конуса можно разметить двумя способами. При первом способе за базу развертки берут угол A кругового сектора, рис. 3.78. Зная радиус основания конуса, например r = 30 мм, и длину образующей конуса, например R = 90 мм, разметку выполняют в следующей последовательности.

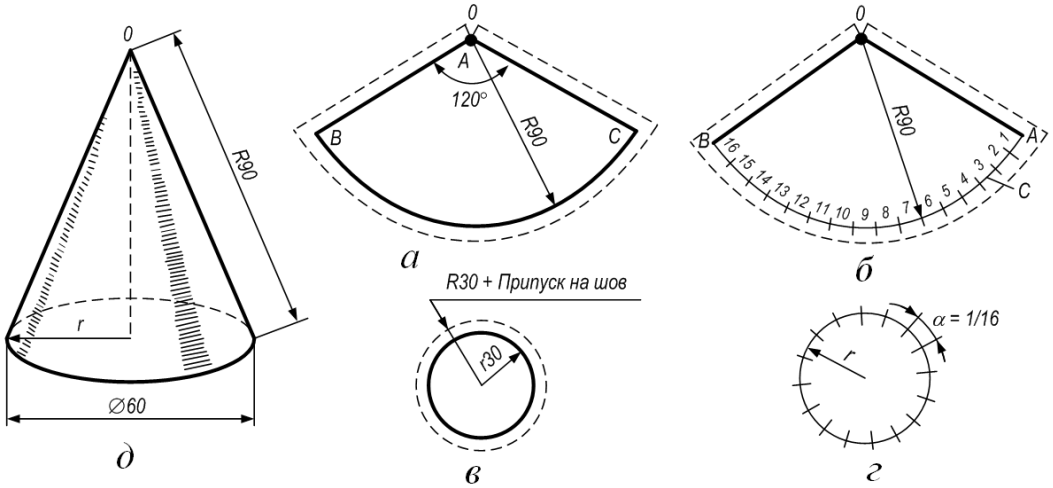


Рис. 3.78. Примеры построения развертки конуса: *а* – первый способ разметки (базой является угол *А*); *б* и *г* – второй способ разметки (базой является дуга *В*); *в* – разметка основания конуса; *д* – эскиз конуса

1. Угол ВАС рассчитывают по формуле $BAC = 360 \times \frac{r}{R} = 360 \times \frac{30}{90} = 120°$.

2. Из произвольной точки O наносят две риски OB и OC под углом 120° друг к другу, рис. 2.200, *а*.

3. Раствор циркуля устанавливают на размер R = 90 мм и из точки O Наносят дугу до пересечения с угловыми рисками, образуя точки B и C.

4. Для получения полной развертки конуса к круговому сектору добавляют припуск на шов (штриховой контур на рис. 3.78, *а*).

При втором способе за базу разметки принимают длину дуги кругового сектора. Последовательность выполнения работы заключается в следующем.

1. Из точки O радиусом R = 90 мм наносят часть окружности – дугу B, рис. 3.79, *б* и рис. 3.78, *г*.

2. Окружность основания конуса делят на произвольное число равных частей, например на 16 равных дуг, где *а* = 1/16.

3. На дуге C из произвольной точки A 16 раз откладывают дугу *а* и получают точку B.

4. Прочерчиваем прямые риски A–O и O–B и получают развертку боковой поверхности.

5. Для получения полной развертки конуса устанавливают припуск на швы (штриховая линия на рис. 3.78, *б*).

6. Размечают основание конуса. Для этого из произвольной точки наносят окружности r = 30 мм и r = 30 мм + припуск на шов и тем самым завершаем разметку второй детали конуса, рис. 3.78, *в*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Развертка боковой поверхности усеченного цилиндра. Для построения развертки боковой поверхности усеченного цилиндра сначала вычерчивают его боковой вид и план (окружность основания цилиндра). Затем откладывают длину развертки цилиндра *АБ*, которая равна 3,14*D*, рис. 3.79. После этого разбиваем окружность основания цилиндра и развертки на одинаковое число равных частей, в данном случае на 12. Затем через точки деления проводят вертикальные вспомогательные прямые, параллельные осям цилиндра и развертки.

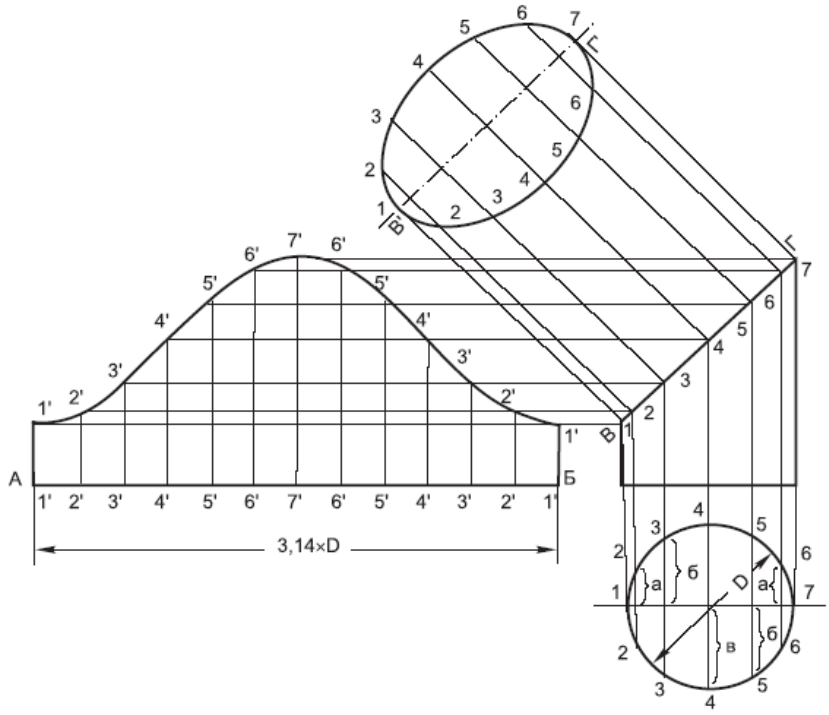


Рис. 3.79. Развертка боковой поверхности усеченного цилиндра

Для удобства построения полуокружности основания цилиндра прямые нумеруют цифрами 1-7, а полуразвертки – цифрами 1′-7′. Из конца вспомогательных прямых 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 косого среза *ВГ* проводят горизонтальные перпендикуляры до их пересечения с соответствующими вспомогательными прямыми развертки 1′, 2′, 3′, 4′, 5′, 6′ и 7′ .Проводя через точки пересечения вспомогательных линий плавную кривую, получают контур развертки усеченного цилиндра.

Чтобы построить фигуру косого среза, нужно провести вспомогательные перпендикуляры к *ВГ* и продолжить их до пересечения с осью *В′Г′*, параллельной *ВГ*. В этом случае нумерация останется та же. Чтобы определить точки контура фигуры, нужно отрезок *а* (из окружности основания цилиндра) отложить на перпендикулярах 2-2 и 6-6 влево и вправо относительно оси *В′Г′*. Затем отрезок *б* отложить на перпендикулярах 3-3 и 5-5, а отрезок *в* отложить на перпендикуляре 4-4. Полученные точки соединить плавной кривой, и будет получена фигура косого среза (эллипс).

Добавить припуск на шов, тем самым закончить разметку.

Развертка боковой поверхности усеченного конуса. Для построения развертки боковой поверхности усеченного конуса сначала вычерчивают в натуральную величину боковой вид усеченного конуса и его вертикальную ось (рис. 3.80). Затем образующие *АБ* и *ВГ* продолжают до их пересечения в точке *S*, которая должна лежать точно на оси.

Затем строим развертку конуса выше описанным способом. Нанесение на развертку линии, определяющей косой срез, выполняют с помощью образующих. Основание конуса и дугу πd делят на одинаковое число равных частей и через точки деления, например 1′, 2′, 3′, и т.д. проводим образующие, на которых находятся точки 1, 2, 3, и т.д. сечения. Точки кривой сечения на развертке определяются с помощью засечек радиусами, равных действительным величинам соответствующих образующих, например l_1 и l_4 для точек *1* и *4*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

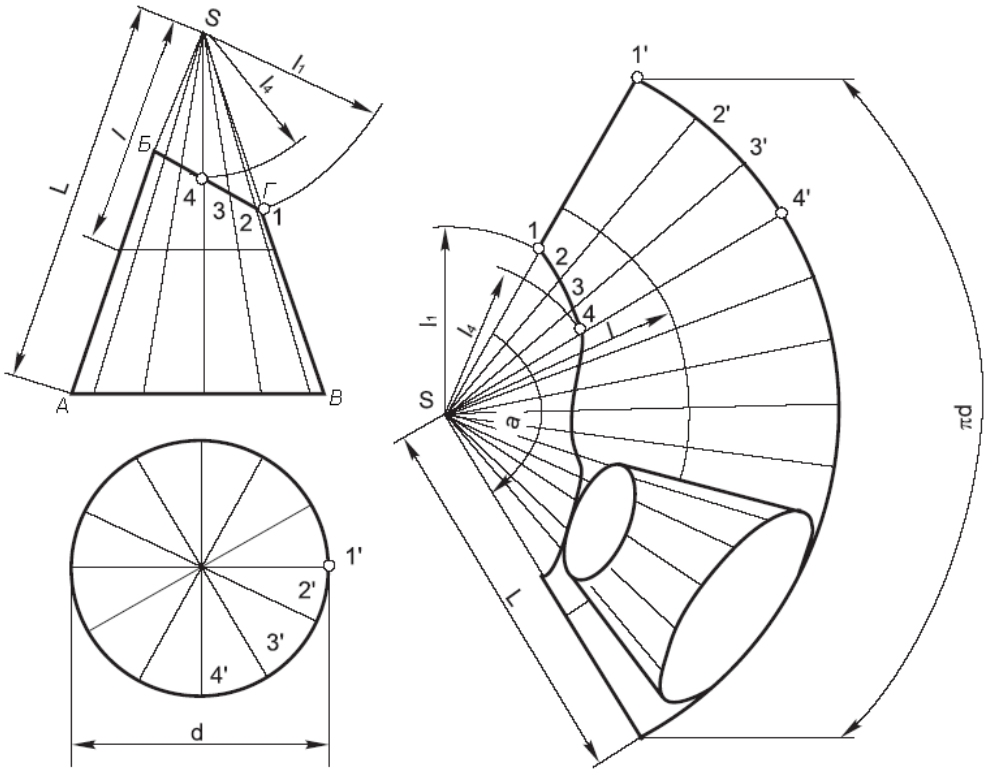


Рис. 3.80. Развертка боковой поверхности усеченного конуса

При разметке нужно правильно делить диаметр основания и точно откладывать на дуге требуемое количество отрезков.

Развертка перехода прямоугольного сечения в круглое сечение. Рассмотрим построение развертки перехода прямоугольного сечения размерами *a* x *b* в круглое сечение диаметром *d*. Данный переход включает следующие поверхности, рис. 3.81:

- *I* – плоскость, форма которой представляет собой равнобедренный треугольник с длиной основания *b*;
- *II* и *VIII* – куски поверхностей наклонных конусов с вершинами в *A* и *B*;
- *III* и *VII* – плоскости, формы которых представляют собой неправильные треугольники с основанием длиной *a*;
- *IV* и *VI* – куски поверхностей наклонных конусов с вершинами в *C* и *D*;
- *V* – плоскость, форма которой представляет собой равнобедренный треугольник с длиной основания *b* и высотой *h*.

Развертка поверхностей *II* (*VIII*) и *IV* (*VI*) выполняется приближенно методом триангуляции. Например, участок поверхности *II* заменяем четырьмя треугольными гранями A-*1-2*, *A-2-3*, *A-3-4*, *A-4-5*, для которых горизонтальные проекции *1-2*, *2-3*, *3-4* и *4-5* – натуральные величины оснований. Длины остальных сторон треугольников найдем с помощью прямоугольных треугольников с общим вертикальным катетом $A'_2A'_1=h$ и горизонтальными катетами $A'_15'=A_15$, $A'_14'=A_14$, …, $A'_1=A_11$. Тогда гипотенузы A'_25', …, A'_21' – натуральные величины сторон вспомогательных треугольников. На развертку треугольники наносим посредством засечек из точки *A* и последовательно из точек *1*, *2*, *3*, *4*.

Практическая развертка отвода круглого сечения. Отвод характеризуется диаметром *d*, радиусом закругления осевой линии $R\geq 2d$ и числом звеньев, из которых составляется отвод, приближенно заменяющий кольцо. Крайнюю часть отвода (*I*), равную половине среднего звена (*II*), называют стаканом. К стакану прибавляется припуск e для соединения отвода с воздуховодом. В зависимости от диаметра воздуховода принимают 5-8 средних звеньев в отводе. Порядок построения развертки заключается в следующем, рис. 3.82:

- выбираем число средних звеньев, например n=5;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- вычерчиваем боковой вид (рис. 3.83. *а*), исходя из радиуса *R=OA* и угла 90° при центре *О*. Так как крайние стаканы отвода составляют половину среднего звена, то осевую дугу разбиваем на 2*n*+2, т.е. 2x5+2=12 частей;
- разделяем окружность основания цилиндрического стакана, например, на 12 равных частей и строим проекции образующих, соответствующие точкам деления 1,2, 3, … полуокружности;
- выполняем развертку стакана *I* как прямого кругового цилиндра с нормальным сечением x-x, как показано на рис. 3.83, *б*, дополнив ее припуском *е* и припуском f на поперечный фальц для соединения с соседним звеном. Криволинейный контур развертки стакана определяют точки 1′, 2′, …, 7′.

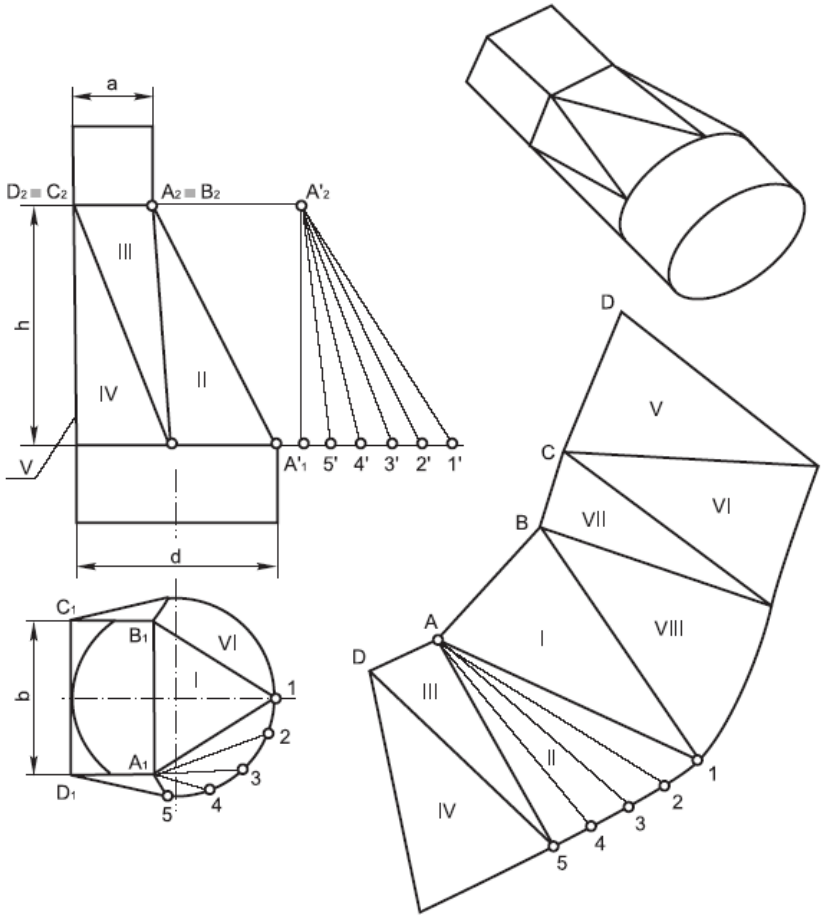


Рис. 3.81. Развертка перехода прямоугольного сечения в круглое сечение

Эти и симметричные им точки относительно прямой *x-x* точки *1*", *2*", …, *7*", … определяют криволинейные контуры развертки среднего звена *II*. Практически припуски на поперечный фальц прибавляют не к контурам развертки звена, а к середине ее (см. размер 2f). В целях экономии раскроя материала, развертки звена располагают, как показано на рис. 3.82, *б*, чередуя по краю затылок и шейку звена.

Пространственная разметка. Когда требуется разметить изделие, имеющее несколько пересекающихся плоскостей или поверхностей, приемы плоскостной разметки применить нельзя. Это значит, что нельзя размечать каждую плоскость самостоятельно, так как может быть нарушено взаимное расположение отдельных элементов изделия. Разметку всех плоскостей и поверхностей изделия нужно вести от одной базы.

В качестве базы рекомендуется принимать:

- обработанную плоскость или поверхность;
- плоскость или поверхность, которая совсем не будет обрабатываться (если все изделие не обработано);
- бобышки, приливы, отверстия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

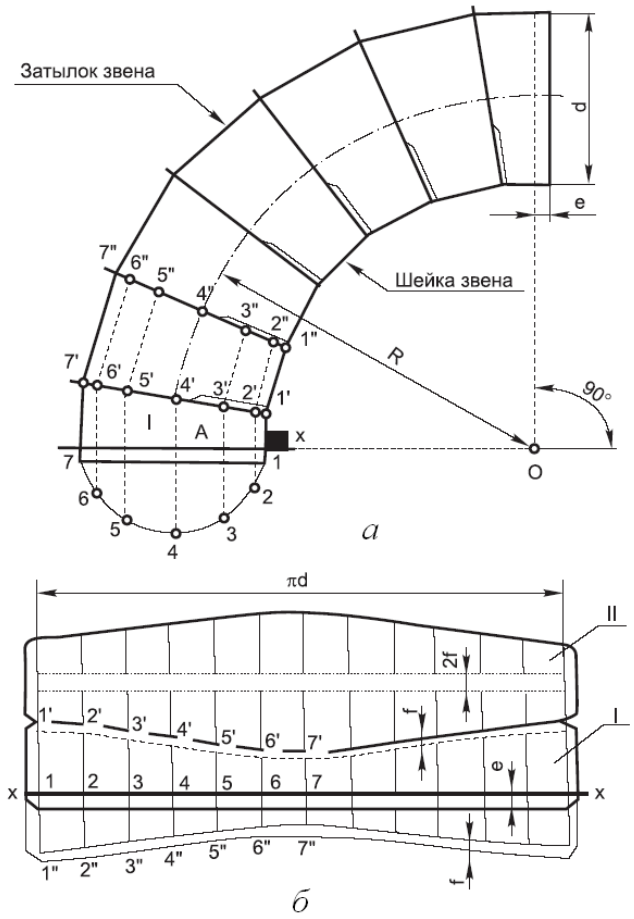


Рис. 3.82. Развертка отвода круглого сечения

При выборе базы необработанным наружным поверхностям отдается предпочтение перед внутренними, кроме того, при выборе базы необходимо учитывать перекосы, смещения, а у некоторых деталей – толщину стенок. Выбрав базу, отмеряют от нее оси симметрии, центры отверстий и другие основные риски, от которых ведут дальнейшую разметку.

Рассмотрим несколько примеров. У куба (рис. 3.83, *а*) за базу можно принять любую его поверхность. Поставив куб на подкладки так, чтобы эта поверхность была параллельна плоскости разметочной плиты, отсчитывают от нее расстояния до осевых линий и контуров детали и проводят риски.

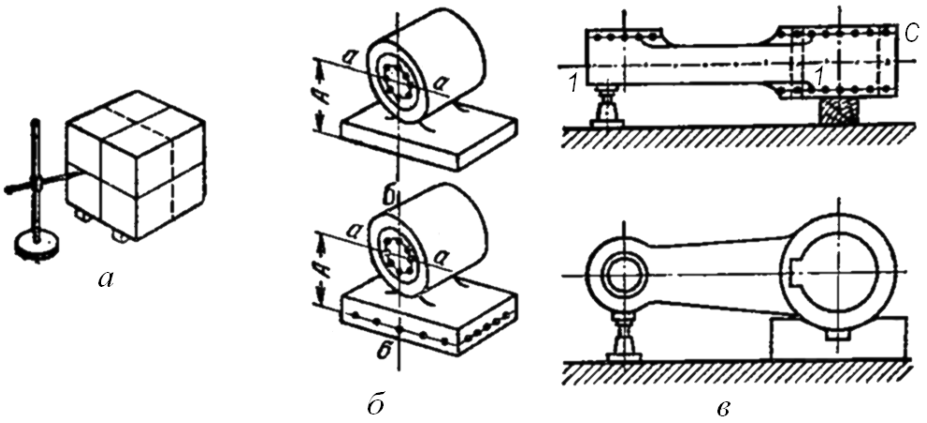


Рис. 3.83. Примеры разметки изделий: *а* – куба; *б* – корпуса подшипника; *в* – кривошипа

При разметке корпуса подшипника (рис. 3.83, *б*), имеющего обработанную плоскость основания, за базу принимают эту плоскость. От нее откладывают размер *А* до центра отверстия и проводят центровую риску *а-а*, от которой ведут разметку контура отверстия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Если плоскость основания подшипника не обработана, то за базу целесообразно принять наружную цилиндрическую поверхность подшипника. Определяют приблизительно центр отверстия, проводят центровые риски *а-а* и *б-б*, откладывают от горизонтальной риски вниз размер *А* и намечают границы обработки основания. Если же разметку вести; как в первом случае, от основания, то трудно добиться равномерной толщины стенок корпуса подшипника.

При разметке кривошипа (рис. 3.83, *в*), у которого требуется обработать большую головку *С* обоих торцов и малую головку с одного торца, за базу принимают плоскость *1-1*. Установив кривошип так, чтобы эта плоскость была параллельна разметочной плите, проводят ось симметрии и от нее ведут разметку границ обработки торцов. После этого кривошип переставляют на плите для разметки отверстий. При установке кривошипа нужно проследить за тем, чтобы базовая плоскость *1-1* заняла вертикальное положение. За исходную поверхность на этом этапе разметки принимают наружную поверхность большой головки.

Перед установкой заготовки на разметочной плите те места заготовки, где будут наноситься разметочные риски, окрашивают мелом, краской, лаком или медным купоросом. При установке только первое положение заготовки на плите является независимым, а все остальные положения зависят от первого. Поэтому первое положение заготовки необходимо выбирать так, чтобы было удобно начать разметку от поверхности или центровой линии, принятой за базу. Заготовку устанавливают на плите не в произвольном положении, а таким образом, чтобы одна из главных ее осей была параллельна плоскости разметочной плиты.

Таких осей на заготовке обычно бывает три: по длине, ширине и высоте.

Установка и выверка заготовки на домкратиках. В качестве примера рассмотрим установку и выверку корпуса подшипника. За базу, в данном случае, примем ось цилиндрической части подшипника. Последовательность установки и выверки состоит в следующем:

1. Вырезают и подгоняют два деревянных бруска по отверстиям детали.

2. В центральной части каждого бруска прибивают металлические пластинки для нанесения на них центровых точек.

3. Деревянные бруски забивают в отверстия (спереди и сзади) так, чтобы они не выступали за торцевую плоскость.

4. Угольником-центроискателем находят центы окружностей (с обеих сторон заготовки) и накернивают центровые точки.

5. Заготовку устанавливают на плоскость разметочной плиты на трех или четырех домкратиках.

6. Выверяют положение заготовки на плите, вращая винты домкратиков добиваются равенства расстояния от плоскости плиты до центровых точек отверстий и равенства расстояния от плоскости плиты до плоского основания подшипника, выверяя расстояние *Б* по периметру основания, рис. 3.84, *а*. Точность установки по центру проверяют рейсмусом по размеру *А* с двух сторон заготовки и положению основания подшипника от плиты по размеру *Б* с четырех сторон.

Установка и выверка заготовки с помощью подкладок и клиньев, рис. 3.84, *б*. За базу, как и в предыдущем случае, принимают ось цилиндрической части подшипника. Последовательность установки и выверки состоит в следующем:

1. Подшипник устанавливают плоским основанием на металлическую подкладку, чтобы не повредить поверхность разметочной плиты. Подкладка должна иметь две параллельные плоскости – опорную и установочную.

2. Рейсмусом проверяют расстояние *А* до центровых точек и расстояние *Б* до плиты. Если имеется перекос, положение подшипника выверяют тонкими подкладками или клиньями, установленными между основанием подшипника и толстой подкладкой.

Установка и выверка заготовки с помощью призм. Призмы применяют для установки и выверки заготовок, имеющих цилиндрическую форму. Последовательность установки и выверки состоит в следующем:

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

1. Центроискателем на торцевые плоскости валика наносят центровые точки, которые принимают за базу.

2. На разметочную плиту, в зависимости от длины валика, устанавливают одну или две одинаковые призмы, в выемки которых укладывают валик, рис. 3.84, *в*.

3. Рейсмусом проверяют горизонтальность положения оси валика относительно плоскости плиты по размеру *Б*.

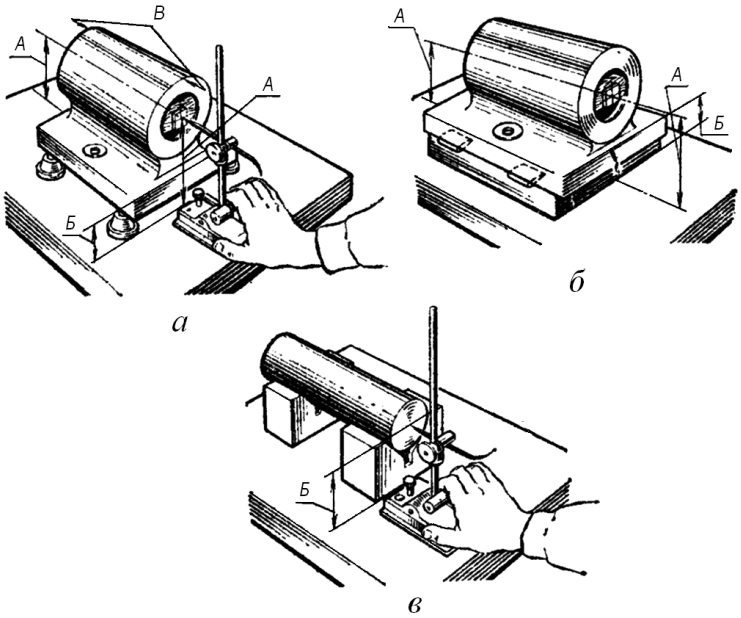


Рис. 3.84. Примеры установки и выверки заготовок на плите: *а* – на домкратиках; *б* – с применением подкладок и клиньев; *в* – с применением призм

В том случае, если расстояние между центровыми точками и плитой будет неодинаковым, положение призмы регулируют подкладками из тонких полосок стали, укладываемых между призмой и валиком. Для выверки лучше пользоваться призматическими домкратиками.

Детали больших размеров, которые нельзя переворачивать, размечают при помощи рейсмасов и разметочных угольников.

Острие чертилки рейсмуса устанавливают на требуемую высоту при помощи микрометрического винта, при его наличии. Рейсмусы, не имеющие микрометрических винтов, устанавливают от руки сначала примерно на заданный размер, а затем уточняют установку легкими ударами молотка по чертилке. Эти удары наносятся по возможности ближе к месту закрепления чертилки, так как при ударе по закаленному концу чертилки можно его поломать. Надо следить за тем, чтобы при ударах острие чертилки, во избежание поломки, не касалось заготовки или масштабной измерительной линейки.

Настройка рейсмуса на заданный размер ударами молотка занимает много времени и требует большого опыта, поэтому в настоящее время усовершенствованные рейсмусы имеют микрометрический винт, благодаря которому возможно без ударов быстро и точно устанавливать острие чертилки на заданный размер.

Установив острие чертилки рейсмуса на заданный размер, надо надежно затянуть винт, закрепляющий чертилку, и снова проверить правильность установки чертилки по размеру. Это совершенно необходимо, так как, часто при затяжке закрепляющего винта чертилка может сместиться.

Запрещается проверять настройку рейсмуса путем прочерчивания проверочной риски на линейке. Этим линейка портится и становится негодной для работы.

При установке острия чертилки по вертикальной измерительной линейке необходимо, чтобы глаз разметчика и острие чертилки рейсмуса находились в одной горизонтальной плоскости, проходящей также через нужный размер на измерительной вертикальной линейке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Установка чертилки зависит от положения размечаемых поверхностей, так как острие чертилки всегда должно быть направлено нормально (или близко к нормали) к размечаемой поверхности. Если размечают наклонную поверхность детали, то чертилку склоняют так, чтобы ее острие было приблизительно перпендикулярно к этой поверхности, в противном случае чертилку будет при ее движении отжимать книзу, рис. 3.85, *а*.

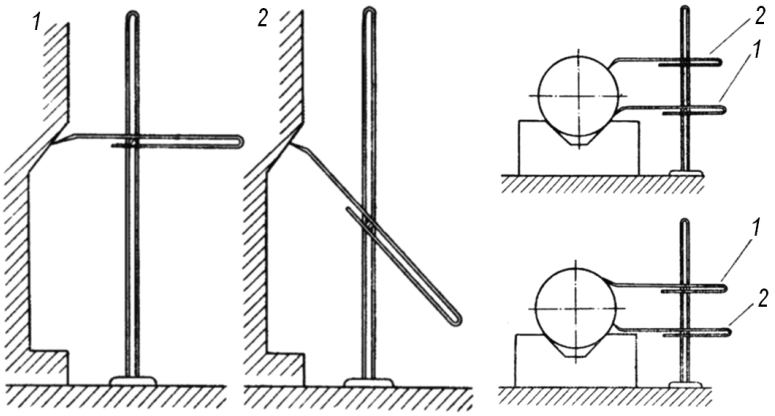


Рис.3.85. Установка чертилок рейсмаса при нанесении рисок на наклонной поверхности (*а*) и на цилиндре (*б*) : *1* – неправильное положение; *2* – правильное

При нанесении рисок на цилиндрической поверхности выше или ниже диаметральной плоскости соответственно меняется и положение чертилки, рис. 3.85, *б*.

При прочерчивании рисок рейсмусом само изделие остается неподвижным, а вокруг него перемещается рейсмус, скользя своим основанием по поверхности разметочной плиты. Во время прочерчивания рисок на изделии слесарь-разметчик плотно прижимает рукой основание рейсмуса к разметочной плите. При перемещении по плите рейсмус не должен качаться. Не допускается загрязнение плиты или ее замасливание, так как в этом случае рейсмус при движении дрожит и точность наносимых рисок нарушается. Во избежание этого рекомендуется не только плиту, но и основание рейсмуса, скользящее по плите, натирать графитовым порошком.

При прочерчивании рисок чертилка должна быть неподвижно закреплена в штативе корпуса рейсмуса, а конец чертилки должен все время касаться изделия.

Кроме того, нельзя допускать соскакивания чертилки с изделия. Для этого чертилки всегда должны иметь определенное положение к направлению их движения и должны находиться под углом 75-80° к направлению движения.

Риски на изделии надо прочерчивать четко с одного раза. Многократное прочерчивание рисок, т.е., когда прочерчивают риску по одному месту несколько раз, приводит к расширению риски и точность разметки от таких широких (разваленных) рисок страдает.

При пространственной разметке деталей приходится прочерчивать горизонтальные, вертикальные и наклонные риски. Горизонтальные риски при разметке на плите прочерчиваются при помощи рейсмасов различных конструкций.

На рис. 3.86 видно, что, например, на всех четырех сторонах кубика, которые перпендикулярны разметочной плите, можно проводить горизонтальные, параллельные плите, линии, на любом расстоянии от последней, причем не требуется менять положение кубика. На кубике риски еще отмечены и точками, которые обозначают знаки кернения. Как на четырех сторонах кубика, так и на всяких других обрабатываемых предметах любой формы, легко можно проводить горизонтальные линии острием чертилки, закрепленной в штативе (рейсмас), установленном на разметочной плите.

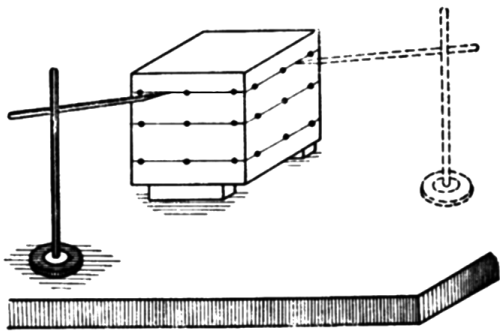


Рис. 3.86. Разметка горизонтальных линий

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таким образом, при помощи рейсмуса можно проводить горизонтальные риски, которые будут строго параллельными плоскости разметочной плиты.

Проведение вертикальных разметочных рисок на тех же поверхностях кубика или на других предметах любой формы более сложно. Здесь возможны три способа.

Первый способ. На разметочную плиту устанавливается угольник с подставкой (рис. 3.87) и его вертикальная полка приставляется плоской стороной к кубику. Тогда можно вдоль этой полки проводить вертикальную риску разметочной чертилкой, не меняя положения кубика.

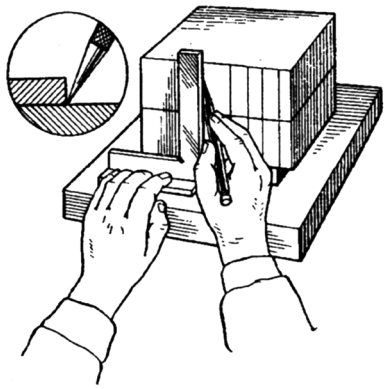


Рис. 3.87. Нанесение вертикальных рисок чертилкой и угольником с пяткой

Повторяя этот прием, наносят риски на других поверхностях. Во время работы нужно следить за устойчивым положением заготовки, угольника на плите и острия чертилки у ребра угольника.

Второй способ. Можно проводить вертикальные риски, если перекантовывать кубик на 90°, прочерчивая после каждого поворота горизонтальные риски. На рис. 3.89, *а* показан кубик в его первоначальном положении с горизонтальной средней риской на всех четырех гранях. Для нанесения вертикальной средней риски поворачивают сторону (грань) *1* кубика на 90° так, чтобы грань *2* заняла положение, указанное на рис. 3.88, *б*. Чертилка рейсмуса между тем сохраняет положение, указанное на рис. 3.88, *а*. Если теперь этим прежним положением иглы провести горизонтальную риску на всех четырех сторонах кубика, то получится, как это видно на стороне *1*, перекрещивание линий, которое дает средину грани *1*. Если еще раз перекантовать кубик, то все шесть его граней получат перекрестные линии.

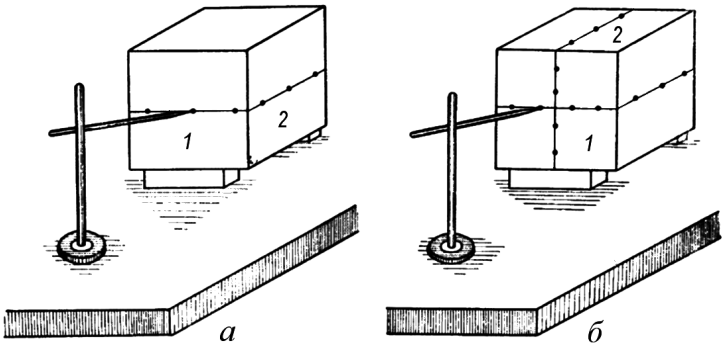


Рис. 3.88. Кубик в первом положении (*а*) и сторона кубика, перекантованная на 90° (*б*)

После перевертывания (перекантовывания) многих деталей на 90°, каждый раз требуется их новая выверка для дальнейшей разметки. Горизонтальные риски, намеченные в первом положении детали, должны тогда занять вертикальное положение. Проверка производится с помощью прикладывания к риске вертикальной полки угольника. Здесь большую пользу приносит контрольная риска. При нанесении горизонтальных линий в первом положении детали эта риска прочерчивается параллельно одной из этих разметочных линий.

Большею частью контрольная риска проводится на гладкой кромке основания обрабатываемого предмета, где можно получить наиболее плотное прилегание полки угольника.

На рис. 3.89 показано, как производится выверка стойки для подшипников с помощью угольника с подошвой и контрольной риски. Стойка перевернута на 90°.

Третий способ. При этом способе прочерчивание вертикальных рисок производится при помощи специальных призм (ящиков) квадратного или прямоугольного сечения и высотой обычно от 600 до 1000 мм. Призмы образуют всюду между поверхностями прямые углы. Их поверхности пришабрены, поэтому основание рейсмаса легко скользит по ним. Отверстия, оставляемые в призмах, служат для их облегчения и для поворачивания и передвижения их по плите.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При разметке одной рукой прижимают призму к плите, а другой передвигают рейсмус вдоль вертикальной плоскости вверх и вниз, прочерчивая вертикальные риски. Рейсмус своим основанием скользит по вертикальной поверхности призмы так же, как и по разметочной плите. Разметчик держит рейсмус легко, без особого нажима.

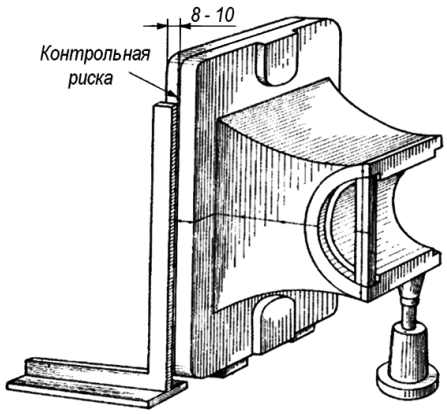


Рис. 3.89. Контрольная риска

На рис. 3.90 схематически показан способ вертикальной разметки без переворачивания размечаемой детали.

Призма *1* позволяет проводить все вертикальные риски на длине *L*, призма *2* – все вертикальные риски на ширине *B* и призма *3* – все риски на высоте *H*. Если величины *L*, *B* и *H* недостаточны для разметки всей плоскости, призмы *1* и *2* переставляют на другие риски плиты, а призму *3* заменяют более высокой.

Величина разметочных призм зависит от размеров размечаемых деталей. Обычные размеры призм с квадратным основанием 250 мм и высотой от 600 до 800 мм.

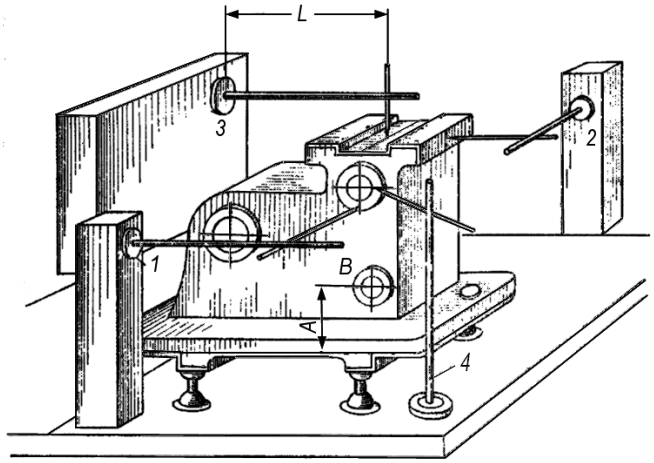


Рис. 3.90. Разметка стойки под подшипник с помощью разметочных ящиков

Рейсмус *4* служит для проведения всех горизонтальных линий, рейсмас *2* – для перекрестных центровых линий на выступающих фланцах и вертикальных линий для границы обработки вертикальных плоскостей, а рейсмас *3* – верхних поперечных средних линий и линий обработки.

Предположим, что отверстие во фланце отлито с таким малым припуском, который не позволяет передвинуть размер *A* несколько вниз для сохранения толщины подошвы по чертежу. Общая конструкция машины не позволяет ни увеличить размера *A*, ни изменять толщины подошвы. В этом случае необходима переделка модели и новая отливка.

Если после проверки изделия слесарь-разметчик убедится, что изделие пригодно для обработки, то намечаются рисками и кернятся те места, которые подлежат обработке в первую очередь.

При проведении вертикальных рисок на изделии любой формы часто возникают трудности. Поэтому перед началом разметки надо тщательно выбрать один из трех выше описанных способов. Слесарь-разметчик должен, прежде всего, прикинуть, что в данном случае будет целесообразнее применять из имеющегося в его распоряжении разметочного инструмента. Большую роль в выборе способа разметки играют масса и размеры размечаемой детали, от этого также зависит и величина разметочной плиты.

При применении первого способа форма обрабатываемого предмета, например углубленные поверхности для отверстий или выступающие плоскости для ступиц, мешают плотному прилеганию угольника и делают проведение вертикальных рисок совершенно невозможным. Если угольник нельзя приложить плотно к плоскости, то надо перейти ко второму способу, который позволяет проводить вертикальные линии без угольника. Изделие переворачивается на 90° после того, как на нем уже размечены все горизонтальные риски.

При втором способе большая масса предмета затрудняет его перекантовывание на 90°. Перевертывание (перекантовывание) тяжелых деталей сложно и требует много времени, так как снова приходится производить выверку установки изделия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для избежания этих операций применяется третий способ, который позволяет обойтись без поворачивания изделия.

Установка призм (ящиков) по рискам разметочной плиты позволяет наносить все горизонтальные и вертикальные риски без перевертывания и без новой выверки размечаемого изделия.

Контрольная риска. Для того чтобы облегчить строгальщику или фрезеровщику, а впоследствии и токарю установку, выверку и контроль размеченной детали на станке, проводится вторая риска (обычно на подошве детали, предварительно обработанной), параллельная риске, намеченной по чертежу, и отстоящей нее на расстоянии 8-10 мм, как это показано на рис. 3.89.

Эту риску называют контрольной риской. Если строгальный резец установлен сразу на полную глубину обработки, что имеет место при небольших припусках, то уже при первом проходе резца риска, срезаясь, теряется, и остаются лишь половинки керновых кружков, которые становятся плохо видимы. Для проверки возможных изменений в обрабатываемом предмете строгальщик или фрезеровщик ориентируется по контрольной риске, по которой можно тщательно устанавливать деталь на станке. Контрольная риска не должна быть накернена, чтобы при обработке детали не смешивать ее с рабочей риской.

В качестве примера пространственной разметки рассмотрим разметку резцедержателя токарного станка. Работа выполняется в следующем порядке.

1. Изучают чертеж, рис. 3.91. Базой для разметки служит основание разметочной плиты.

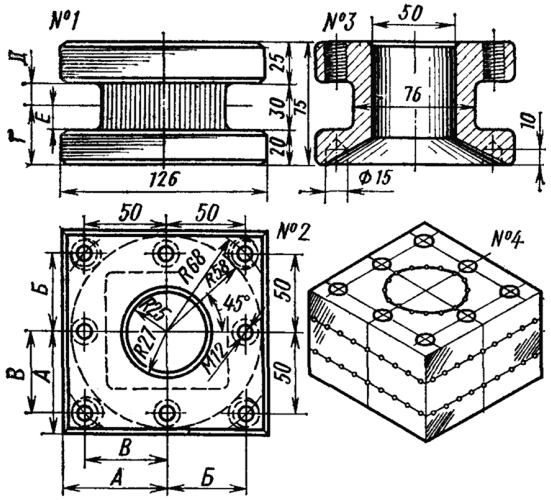


Рис. 3.91. Разметка резцедержателя токарного станка

2. Проверяют годность заготовки по размерам и точность обработки поверхностей под угольник и линейку.

3. Заготовку окрашивают раствором медного купороса или разметочным лаком.

4. На разметочную плиту устанавливают заготовку и проверяют положение ее плоскостей относительно плоскости плиты (горизонтальное положение рейсмусом, вертикальное – угольником).

5. Подготавливают к работе рейсмус. Иглу рейсмуса устанавливают на заданный размер в два приема:

- предварительно устанавливают чертилку на размер по вертикальной линейке, перемещая хомутик по стойке рейсмуса и закрепляя его стяжным винтом (для вибрации чертилку выдвигают на наименьшее расстояние с учетом конфигурации размечаемой заготовки);
- окончательно устанавливают иглу, вращая установочный винт, расположенный на основании рейсмуса, до тех пор, пока острие иглы точно не совпадет с делением требуемого размера по вертикальной линейке, при этом игла рейсмуса должна находиться примерно в горизонтальном положении.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

6. Наносят центровые линии, для чего устанавливают иглу рейсмуса по вертикальной линейке точно на размер *А*, равный половине высоты заготовки, рис. 3.93, *а*. Равномерным движением перемещают рейсмус вдоль размечаемой плоскости, прочерчивая острием иглы со всех сторон заготовки горизонтальную риску *а*. При прочерчивании рисок игла рейсмуса должна располагаться наклонно к направлению риски. Заготовку поворачивают на угол 90° так, чтобы размеченная риска *а* приняла вертикальное положение. Затем иглой рейсмуса, установленной на размер *А*, прочерчивают со всех сторон заготовки риску *б*, рис. 3.92, *б*.

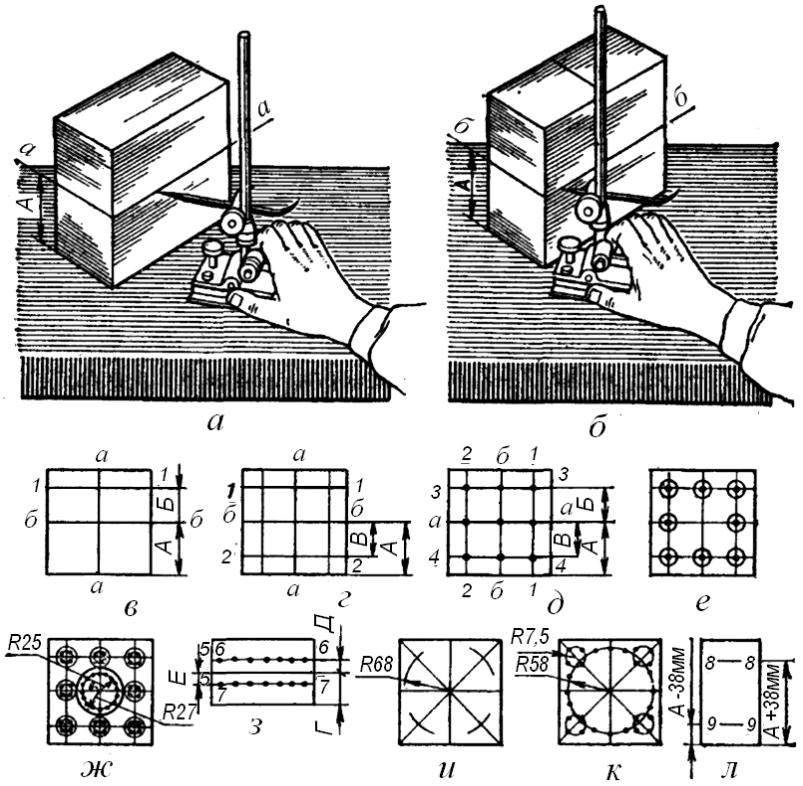


Рис. 3.92. Последовательность разметки резцедержателя токарного станка

7. Не изменяя положения детали, выполняют следующую разметку:

- иглу рейсмуса устанавливают на размер *А+Б* и наносят вокруг детали риску *1-1*, рис. 3.92, *в*;
- переворачивают заготовку относительно центровой линии на угол 90° и снова наносят риску;
- поворачивают деталь в исходное положение, вычитают из размера *А* размер *В*, устанавливают иглу рейсмуса на полученный размер и проводят вокруг детали вторую риску *2-2*;
- снова переворачивают заготовку относительно центровой линии на угол 90° и наносят риску, рис. 3.92, *г*.

8. Нанесенные риски при перекрещивании образуют центры отверстий под резьбу М12. Устанавливают заготовку размеченной плоскостью вверх, накернивают все центровые точки, рис. 3.92, *д*.

9. Выбирают по таблице диаметр отверстия под резьбу М12 и циркулем проводят контрольные окружности диаметром больше выбранного на 2 мм, рис. 3.92, *е*.

10. Из центра *О* проводят окружность *R*=25 мм и контрольную окружность *R*=27 мм с накернриванием основной риски окружности, рис. 3.92, *ж*.

11. Последовательно наносят иглой рейсмуса горизонтальные риски по размерам чертежа на четырех боковых плоскостях заготовки: осевые риски *5-5*, риски *6-6* от плоскости плиты на размер *Г+Д*, риски *7-7* от плоскости плиты на размер *Г* минус *Е*, рис. 3.92, *з*.

12. Накернивают риски по всему контуру.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

13. Устанавливают заготовку второй широкой плоскостью вверх и выполняют разметку центров глухих отверстий диаметром 15 мм, для чего наносят две диагональные риски с угла на угол, а затем радиусом *R*=68 мм из точки *O* делают на них засечки. Места пересечения будут центровыми точками отверстий, рис. 3.92, *и*. Затем из размеченных центров наносят окружности радиусом *R*=7,5 мм и из центра *O* – радиусом *R*=58 мм, рис. 3.92, *к*.

14. Накернивают основные риски окружностей.

15. Размечают глубину выемки для установки резцов. Для этого устанавливают заготовку в первое положение, последовательно наносят риски *8-8* на размер *A*+38 мм и риску *9-9* на размер *A* минус 38 мм со всех сторон заготовки, рис. 3.92, *л*.

Разметка штангенрейсмусом производится аналогично, просто он является более точным и совершенным разметочным инструментом.

Кернение разметочных линий. Операция кернения заключается в выполнении кернером небольших углублений по линиям – рискам. Рабочая часть разметочных кернеров имеет угол заточки конусной части 45 или 60°.

При кернении надо следить за тем, чтобы керн стоял вертикально по отношению к рабочей плоскости и сильно прижимался к риске. При этом кружок, намечаемый керном, должен делиться риской пополам, как это показано на рис. 3.93 слева. Косое положение керна (на рис. 3.94 справа) сдвигает накерненный кружок от риски и создает неуверенность при обработке, так как при обработке деталей привыкли к тому, что риска проходит всегда через средину керненного кружка.

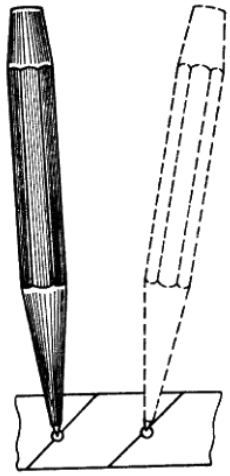


Рис. 3.93. Кернение рисок

Кернение необходимо главным образом для контроля правильности произведенной обработки. Расстояние между керновыми углублениями выбирают на глаз в зависимости от длины и вида прямых линий: на прямых линиях – на расстоянии 15-20 мм, на окружностях и дугах – на расстоянии 5-10 мм. Точки сопряжения и пересечения кернят обязательно. На обработанных поверхностях точных изделий разметочные риски не кернят.

Кернение рисок при пространственной разметке производится только после того, когда все риски на изделии проведены. Это делается для того, чтобы во время разметки не получилось сдвига размечаемого изделия от ударов при кернении.

Рассмотрим последовательность кернения рисок обыкновенным керном, рис. 3.94.

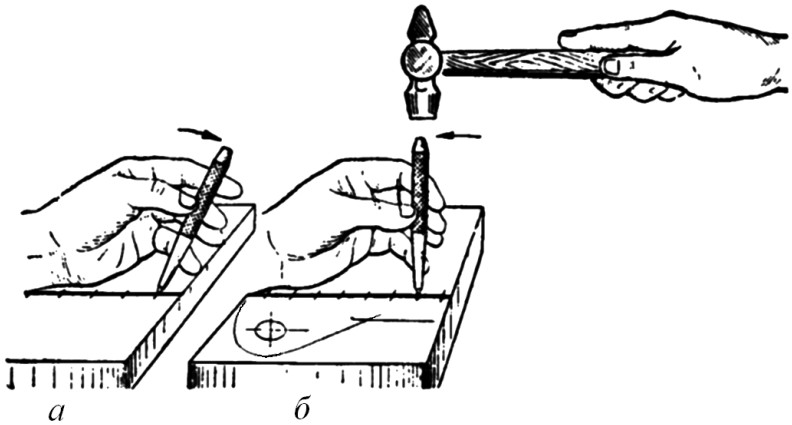


Рис. 3.94. Установка кернера: *а* – наклонно (первое положение); *б* – вертикально (второе положение) и нанесение удара молотком при кернении

1. Размечаемую заготовку укладывают на плиту таким образом, чтобы риска, подлежащая кернению, была направлена прямо к работающему. Молоток нужно держать правой рукой, а кернер – левой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

2. Установку кернера на риску и кернение выполняют в два приема. Сначала при установке кернера на риску (рис. 3.94, *а*) работающий наклоняет его немного от себя, устанавливая острие точно на середину риски или же в точку пересечения. Затем, не сдвигая кернера с риски, работающий ставит его перпендикулярно разметочной плоскости (рис. 3.94, *б*) и наносит по кернеру легкий кистевой удар молотком.

Перемещая кернер для последующего кернового углубления, следует вторично установить острие в углубление риски и почти без усилия переместить его по риске на необходимое расстояние. Острие кернера в этом случае, не сбиваясь с направления, хорошо скользит по риске.

Подобный прием при перемещении может быть применен и к перекрещивающимся рискам, где при перемещении острие кернера найдет точку углубления двух пересекающихся рисок.

Кроме обычных кернеров при кернении рисок применяются пружинные и электрические кернеры, рис. 3.95. Эти кернеры по сравнению с обыкновенными обеспечивают повышенную точность кернения и получения мелких углублений одинакового размера, повышают производительность труда, облегчают труд работающего.

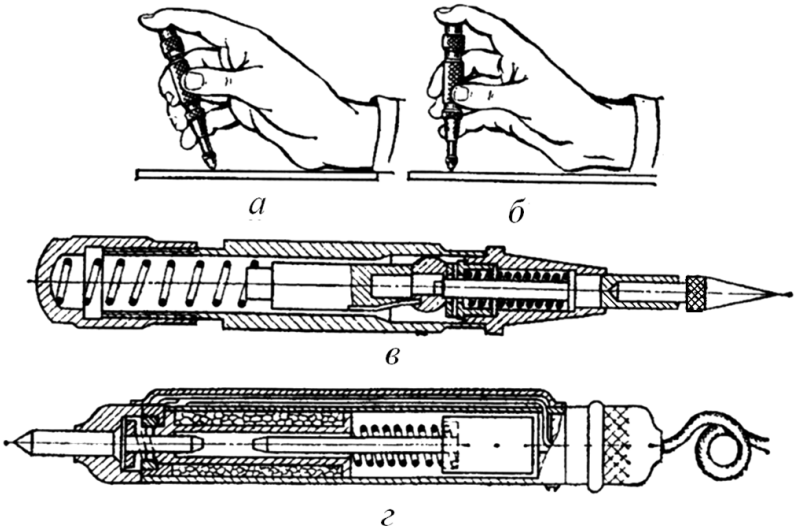


Рис. 3.95. Прием работы пружинным или электрическим кернером: *а* – установка кернера на риску; *б* – кернение риски; *в* – устройство пружинного кернера; *г* – устройство электрического кернера

Кернение рисок пружинным кернером производится в следующей последовательности.

1. Острие ударника пружинного кернера устанавливают точно на середину углубления риски или в точку пересечения рисок, немного наклоняя кернер на себя, рис. 3.95, *а*.

2. Пружинный кернер устанавливают перпендикулярно размечаемой плоскости, не перемещая острие кернера с риски, рис. 3.95, *б*.

3. Пальцами левой руки нажимают на колпачок. Под действием сжатой пружины произойдет удар по стержню ударника, острие которого сделает керновое углубление. Силу удара бойка кернера регулируют поворотом колпачка (сжимая или ослабляя пружину). Все конусные углубления имеют одинаковый размер, так как сила удара при одной регулировке всегда одинакова.

4. Кернер отводят от поверхности размечаемой детали и возвращают его в исходное (рабочее) положение.

5. Кернер перемещают по риске и повторяют приемы установки и нанесения керновых углублений последовательно по длине линий разметки.

Последовательность работы электрическим кернером аналогична рассмотренной выше (для выполнения кернения необходимо нажать на корпус кернера вниз).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.2.5 Заточка разметочного инструмента

Качество разметки во многом зависит от исправности и правильности заточки разметочного инструмента.

Прежде чем приступить к работе, необходимо изучить требования безопасности при работе на заточных станках.

Кернеры (рис. 3.96) затачивают в следующей последовательности.

1. Включают электродвигатель заточного станка.

2. Кернер берут левой рукой за середину, а правой рукой – за конец, противоположный затачиваемому.

3. Выдерживая угол наклона относительно шлифовального круга, с легким нажимом прикладывают кернер конусом к вращающемуся кругу, пальцами правой руки равномерно вращают кернер вокруг его оси. Положение оси кернера относительно круга не должно изменяться до образования правильного конуса с острой вершиной. Острие кернера периодически охлаждают в воде, чтобы избежать отпуска его рабочей части.

4. Проверку правильности заточки осуществляют по шаблону, рис. 3.97.

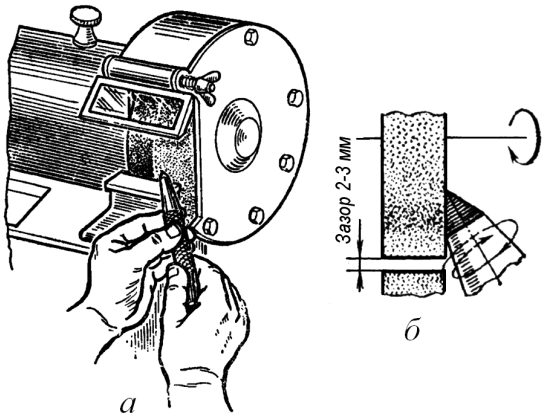


Рис. 3.96. Заточка кернера: *а* – положение рук; *б* – размещение конусной части на плоскости абразивного круга

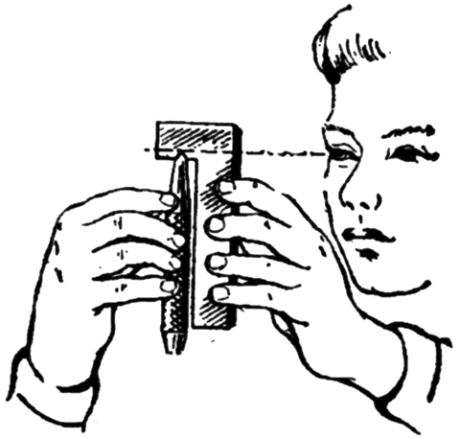


Рис. 3.97. Проверка заточки кернера по шаблону

Чертилку (рис. 3.98) затачивают в той же последовательности, что и кернер.

Ножки циркуля затачивают в следующей последовательности, рис. 3.99.

1. Циркуль берут левой рукой за середину, ниже дуги со стопорным винтом, а правой рукой – за шарнирное соединение двух ножек (ножки должны находиться в плотном соприкосновении).

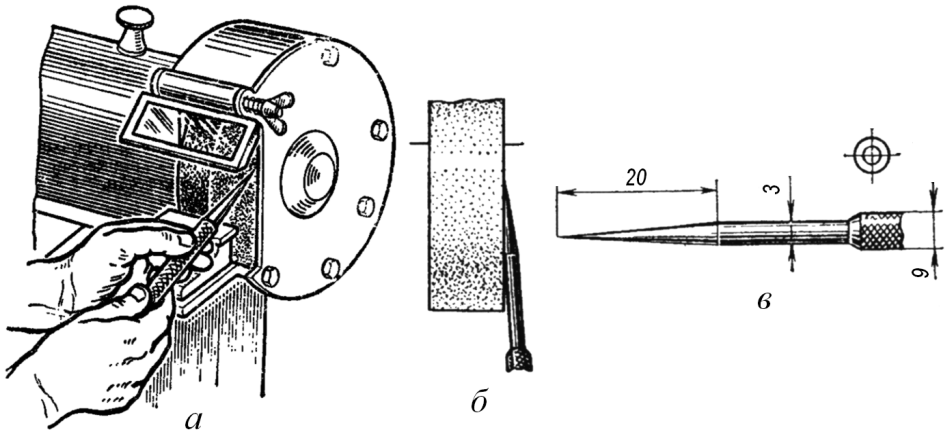
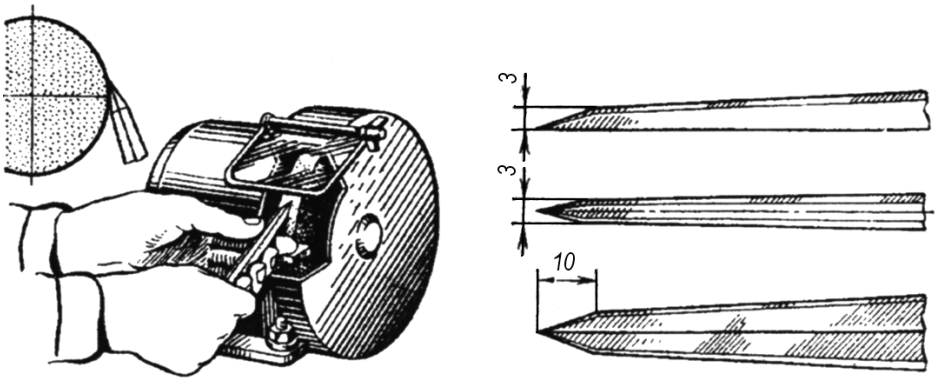


Рис. 3.98. Заточка чертилки: *а* – положение рук; *б* – положение острия чертилки на поверхности абразивного круга; *в* – образец заточки чертилки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

2. С легким нажимом циркуль подводят к шлифовальному кругу таким образом, чтобы ножка циркуля находилась по отношению к кругу под определенным углом, и затачивают конец первой ножки. Затем положение ножек меняют и затачивают конец второй ножки.



а *б*

Рис. 3.99. Заточка ножек циркуля: *а* – прием работы; *б* – образец заточки ножек циркуля

После заточки на шлифовальном круге острые концы ножек циркуля доводят на бруске, одновременно снимая заусенцы на внутренних плоскостях ножек и на боковых гранях конусной части.

При правильной заточке оба конца должны иметь одинаковую длину и конусность с вершиной угла у смежной плоскости соприкосновения ножек, рис. 3.99, *б*.

3.2.6 Брак при плоскостной разметке и меры его предупреждения

Бывают случаи, когда обработанные по разметке детали оказываются браком. Точность разметки никто не проверяет (кроме самого слесаря-разметчика), между тем сделанной разметкой часто руководствуются при контроле правильности механической обработки. Поэтому к точности разметки предъявляются особенно высокие требования, и брак из-за разметки – явление совершенно недопустимое.

Этот вид брака может возникнуть как по причинам, не зависящим от слесаря-разметчика, так и по его вине. Причины, не зависящие от слесаря-разметчика – это работа по неверным чертежам, разметка на неправильной разметочной плите и неточных приспособлениях – призмах, кубиках, подкладках, пользование неточным или изношенным контрольно-измерительным инструментом (если эти недостатки инструмента не были известны разметчику).

Причины брака по вине разметчика.

Ошибка в размерах. Такая ошибка является результатом невнимательного чтения чертежа разметчиком, не разобравшимся в проставленных на чертеже размерах. Разметчик, если он сам не в состоянии разобраться в чертеже, обязан обратиться за разъяснением к мастеру.

Неточность установки размеров по масштабной линейке. Здесь виной может быть либо небрежность разметчика, либо отсутствие у него достаточных навыков в пользовании разметочными и измерительными инструментами.

Неверное откладывание размеров, т.е. использование в качестве баз не тех поверхностей, от которых следовало вести разметку. В таких случаях на поверхности детали после ее обработки часто остаются черновины, т.е. места, которых обработка не коснулась, и деталь идет в брак. Разметчик должен помнить, что разметка ведется не от случайно взятых поверхностей, а от заранее намеченных базовых поверхностей и линий.

Небрежная установка детали на разметочной плите – неточная ее выверка при новых установках. Смещение детали в процессе разметки неизбежно дает перекосы. Размеченная деталь в таком положении после обработки идет в брак.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Все перечисленные ошибки разметки сводятся к одной основной причине. Она заключается в невнимательности и неподготовленности слесаря-разметчика.

Таким образом, главное условие качественной разметки – это добросовестное отношение разметчика к своей работе. Разметчик обязан пользоваться только исправным и точным инструментом, вполне годными приспособлениями. После окончания разметки необходимо проверить правильность выполненной работы.

Контрольные вопросы

1. Для чего применяется разметка?
2. Для чего и как подготавливают поверхности размечаемых заготовок?
3. Что называется плоскостной разметкой?
4. В каком порядке производится разметка?
5. Почему разметочные риски нужно проводить за один раз?
6. Что называется базой при разметке, и по каким условиям ее выбирают?
7. Какими инструментами прочерчиваются риски при разметке? Какие требования предъявляются к этим инструментам?
8. Для чего окрашивают поверхности до разметки?
9. Какие краски применяют при разметке?
10. С какой целью накерняют риски?
11. Каким кернером накерняют риски разметки, в каких местах и на каком расстоянии делают керновые углубления?
12. Для чего в отверстия деталей при разметке вставляют деревянные планки?
13. Как производится разметка по шаблонам?
14. Как найти центр окружности?
15. Как построить развертку куба?
16. Как построить развертку конуса?
17. Какие требования безопасности надо соблюдать при заточке разметочного инструмента на заточном станке?

3.3 Резка металла

3.3.1 Безопасность труда при резке металла

Приступая к работе, слесарь должен внимательно осмотреть весь инструмент и приспособления.

Ручные слесарные ножовки не должны быть погнуты, полотно в ножовочном станке должно находиться в одной плоскости и иметь достаточное натяжение. Штифты для крепления полотна не должны иметь острых и выступающих частей.

Деревянные ручки следует изготовлять из древесины твердых пород, они не должны иметь трещин и сколов. Поверхность ручки должна быть чистой и гладкой. Для предупреждения раскалывания на ручку должно быть насажено металлическое кольцо. Ручку следует плотно и надежно насаживать на хвостовую часть слесарной ножовки. Хвостовая часть должна входить в ручку на $^{2}/_{3}$-$^{3}/_{4}$ своей длины.

Ручные ножницы для резки металла следует подбирать по характеру выполняемой работы (прямые, кривые, правые, левые). Ножницы должны быть хорошо заточены и резать без заусенцев, т.е. не мять разрезаемый металл.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Необходимо обращать внимание на установку круглых и тяжелых деталей в тисках, так как плохо закрепленные детали легко могут вырваться из тисков и вызвать ушибы. При резке ножовкой полотно должно быть туго натянуто и прочно закреплено. Слабо натянутые и плохо закрепленные полотна во время работы могут сломаться и нанести ранение работающему.

При резке металла ножницами следует оберегать руки от ранения о режущие кромки ножниц и заусенцы на металле и следить за положением пальцев левой руки, поддерживающих лист снизу.

При работе с ручным электроинструментом слесарь обязан соблюдать «Типовую инструкцию по охране труда при работе с ручным электроинструментом» (РД 153-34.0-03.299/ 4-2001).

При выполнении работ на гильотиновых ножницах должен осуществляться регулярный контроль за надежностью крепления ножей и прижимов.

При наличии вмятин, выщербин в любой части ножей, затуплении режущей кромки, а также при величине зазоров между режущими кромками ножей выше допустимой, указанной в технологической документации, работа на ножницах не допускается.

В процессе работы на гильотинных ножницах не допускается:

- передвижение материала на столе ножниц после нажатия на педаль;
- резка материала, не прижатого прижимными устройствами, в т.ч. узких полос;
- нахождение подручного рабочего во время работы ножниц в опасной зоне (со стороны выхода отрезанных заготовок).

При резке материала малого размера на гильотинных ножницах необходимо подавать материал при помощи специальных накладок, предусмотренных в технической документации.

Около оборудования для резки листового материала должны предусматриваться приспособления для укладки разрезаемых листов (столы, рольганги и т.п.), установленные на уровне неподвижного ножа, а также направляющие и упор для ограничения подачи разрезаемых листов.

При раскрое тонколистового материала с применением заднего упора в необходимых случаях должны быть предусмотрены поддерживающие устройства.

Ручная приемка, поддержка отрезанного конца заготовки, а также сбрасывание заготовок на пол не допускаются.

При резке на ножницах зазор между ножами не должен превышать установленных технической документацией величин.

Работа на ленточных пилах, не оборудованных ловителями, не допускается.

При подаче малогабаритных заготовок сложной конфигурации необходимо использовать специальные поддержки.

Не допускается заварка изломанных зубьев дисковых пил и засверловка трещин дисков пил.

Резка деталей на маятниковой пиле (труб, профилей) абразивным кругом должна производиться при включенной вентиляции. Не допускается стоять против абразивного отрезного круга. Работа должна осуществляться в защитных очках.

3.3.2 Оборудование и инструменты применяемые для резки металла

В общем случае механическая резка металла представляет собой процесс резания материала с помощью физического или механического воздействия. На сегодняшний день данный вид обработки считается самым популярным в ремонтном деле. Это связано с тем, что механическая резка является самым дешевым способом резки металлов.

Стоит отметить, что наиболее востребованным оборудованием, применяемым сегодня для механической резки являются: отрезные ножовочные станки, гильотиновые ножницы, ленточнопильные станки и дисковые отрезные станки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Под операцией «резка» понимается разрезание (разделение) металла на части. Резка может производиться ручной ножовкой, а также ножницами – ручными и механическими, рычажными, параллельными, дисковыми (круглыми). В зависимости от применяемого инструмента разрезание может осуществляться со снятием стружки или без снятия.

Для резки крупного сортового металла (круглого, полосового, углового, двутаврового, коробчатого и т.п.) применяют приводные ножовки и резку абразивными кругами. Этот материал также подвергается газокислородной резке. Сортовой металл разрезают только в поперечном направлении – перпендикулярно или под углом к продольной оси (косой срез).

Листовой металл разрезают ножницами – ручными и приводными в любом направлении: вдоль листа, поперек листа и наискось.

Резка труб вручную производится ножовкой и труборезом. Механическая резка труб осуществляется на специальных станках.

Для резки незакаленной твердой и закаленной стали применяются тонкие армированные абразивные круги.

Ручные слесарные ножовки предназначены в основном для разрезания сортового и профильного проката вручную, а также для разрезания толстых листов и полос, прорезания пазов и шлицев в головках винтов, обрезания заготовок по контуру и других работ. Разрезание выполняется при помощи ножовочных полотен.

Полотна для ручных ножовок изготовляют длиной от 150 до 400 мм, шириной от 10 до 25 мм и толщиной от 0,6 до 1,25 мм. В качестве материала для полотен применяют:

- цементированную низкоуглеродистую сталь в виде холоднокатаной ленты;
- углеродистую инструментальную сталь У10А;
- легированные стали Х6ВФ (увеличенный срок службы полотна);
- быстрорежущую сталь – зубья обладают самой высокой режущей способностью и стойкостью, но их существенный недостаток – хрупкость.

Ножовочные полотна подвергают термической обработке – закалке на высокую твердость. Кроме обычных стальных полотен выпускаются:

- биметаллические полотна имеющие углеродистую основу, на которую наварена полоса из быстрорежущей стали сформированными на ней зубьями; такие полотна прочнее быстрорежущих и превосходят их по стойкости;
- полотна с покрытием из карбида вольфрама которые применяют для резания стекла, керамики, фарфора и других твердых материалов, включая закаленную углеродистую и легированную стали.

Полотна с покрытием из карбида вольфрама бывают двух типов:

- плоские – вместо зубьев на металлическую основу наносят (в виде полоски) покрытие из карбида вольфрама;
- в виде «канатиков» – на стальной тросик с ушками для крепления наносят такое же покрытие, как на плоские полотна.

Для осуществления резания полотно устанавливают в специальном ножовочном станке. Крепление полотна в зависимости от конструкции ножовочного станка может быть одно- или двухсторонним.

Ножовки с односторонним креплением полотна (рис. 3.100) предназначены для работы в труднодоступных местах и имеют две разновидности: станок с прямой рукояткой; станок с пистолетной рукояткой. Полотно в таких ножовках можно установить:

- зубьями от себя – пилить удобнее, так как прикладывается толкающее усилие, но сломать полотно легче;

Рис. 3.100. Ножовки с односторонним креплением полотна: *а*, *б* – с прямой рукояткой; *в* – с пистолетной рукояткой

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- зубьями к себе – пилить труднее, скорость резания снижается, так как ручку нужно тянуть на себя, но вероятность поломки полотна уменьшается.

Ножовки с двухсторонним креплением полотна (рис. 3.101) обеспечивают не только его фиксацию, но и натяжение. Это позволяет резать материал эффективнее при условии, что полотно установлено только зубьями «от себя». Ошибочное крепление полотна приводит его в негодность.

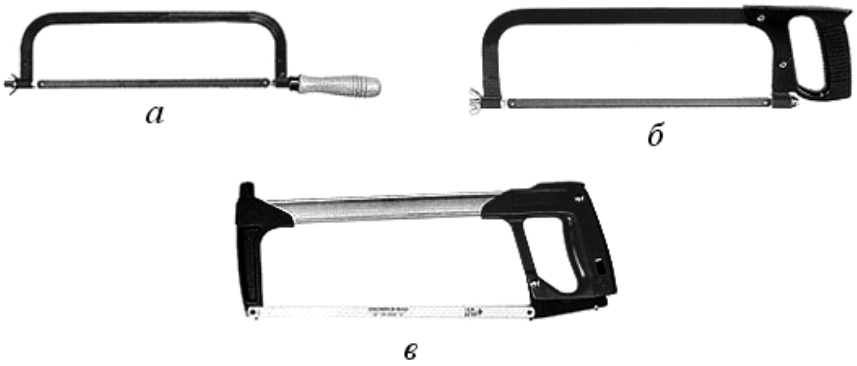


Рис. 3.101. Ножовки с двухсторонним креплением полотна: *а* – с горизонтальной рукояткой; *б* – с закрытой рукояткой; *в* – позволяющие хранить запасные полотна

Основные виды ножовок с двухсторонним креплением полотна:

- с горизонтальной рукояткой – устаревшая и неудобная конструкция; полотно натягивают с помощью гайки «барашка» или ручки, вращающейся вокруг продольной оси;
- с закрытой ручкой из легкого сплава или пластмассы.

Ножовки с закрытой рукояткой наиболее распространены, так как ими удобно работать. Механизм натяжения полотна аналогичен ножовке с горизонтальной рукояткой или расположен на самой ручке. Если рама изготовлена из прямоугольного полого профиля, то ее можно использовать для хранения запасных полотен.

Большая часть современных ножовок позволяет устанавливать полотно в одном из нескольких положений: строго вертикально; под углом 90, 45 или 55°.

Ручная ножовка состоит из двух главных частей – ножовочного полотна и специальной оправы (державки), в которой помещается ножовочное полотно и которое носит название рамки или станка.

Ножовочные станки бывают двух типов: цельные и раздвижные. Более удобны раздвижные рамки, так как они позволяют устанавливать ножовочное полотно различной длины.

Цельный ножовочный станок (рис. 3.102) состоит из станка *1*, головки *4*, натяжного винта с барашковой гайкой *7* и рукоятки *6*. Ножовочное полотно *3* устанавливают в прорези головок *4* и *5* и фиксируют его при помощи штифтов.

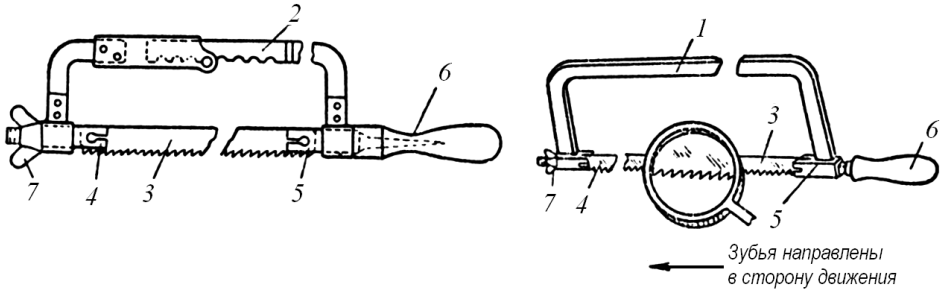


Рис. 3.102. Ручная ножовка (слева с раздвижной рамкой, справа – с цельной рамкой): *1* – станок; *2* – станок раздвижной; *3* – ножовочное полотно; *4* – головка с натяжным винтом; *5* – неподвижная головка с хвостовиком; *6* – ручка; *7* – барашек для натяжного винта. На рисунке справа часть зубьев показана в увеличенном виде

Раздвижной ножовочный станок *2* отличается тем, что состоит из двух частей, соединенных при помощи обоймы. Обойма жестко крепится на одной половине станка, а другая

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

половина может изменять свое положение по длине за счет установки впрессованного в нее штифта, который фиксируется в специальных пазах обоймы.

Ножовочное полотно вставляют в рамку следующим образом. Концы его закладывают в прорези головки так, чтобы зубья полотна были направлены от ручки и чтобы отверстия, которые имеются на концах полотна, и отверстия в головках совпали. Затем в отверстия вводят штифты и натягивают полотно, завинчивая барашковую гайку.

При установке полотен в ножовочном станке необходимо следить за правильным выбором направления зуба. Острие режущего клина должно быть всегда направлено в сторону рабочего движения полотна – вперед, в направлении от рукоятки к барашку натяжного винта. Вторым обязательным условием нормальной работы при разрезании является натяжение ножовочного полотна. Натяжение должно быть таким, чтобы полотно не испытывало упругих деформаций при разрезании и в то же время не должно быть слишком сильным, так как это может привести к поломке полотна в процессе работы даже при незначительном его перекосе или движения вбок. Слабо натянутое полотно при работе изгибается, следовательно, оно также может сломаться.

На одной из сторон ножовочного полотна по всей длине нарезаны зубья, рис. 3.103, *а*. Каждому зубу ножовочного полотна придается форма режущего клина, которая характеризуется определенными геометрическими параметрами: задним углом α, углом заострения β, передним углом γ и углом резания δ. Между углами, характеризующими геометрию режущего клина зубьев ножовочного полотна, существуют зависимости: $\alpha+\beta+\gamma=90^{\circ}$ и $\alpha+\beta=\delta$.

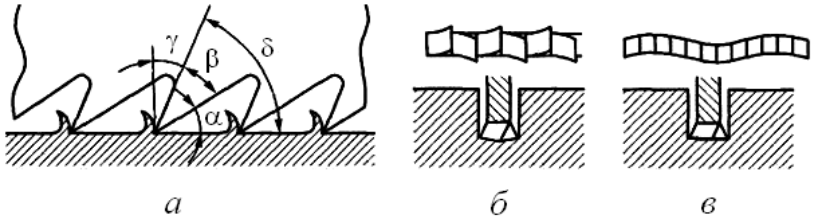


Рис. 3.103. Ножовочное полотно: *а* – геометрические параметры ножовочного полотна; *б* – разводка по зубу; *в* – разводка по полотну; γ – передний угол; α – задний угол; β – угол заострения; δ – угол резания

У ножовочных полотен для резки металлов различной твердости и вязкости углы зубьев разные: передний угол колеблется в пределах 0-12° (рис. 3.104),а задний угол – в пределах 30-35°. Шаг зубьев: для мягких и вязких металлов (медь, латунь) *t*=1 мм, для твердых металлов (сталь чугун) *t*=1,5 мм, для низкоуглеродистой стали *t*=2 мм. Для слесарных работ пользуются преимущественно ножовочным полотном с шагом в 1,5 мм, при котором на длине 25 мм насчитывается около 17 зубьев.

Поскольку работа (движения) ножовочного полотна, осуществляется в ограниченном пространстве, то для предупреждения его заклинивания в процессе работы зубья ножовочного полотна должны быть разведены. В зависимости от величины шага зубьев, т.е. от расстояния между двумя соседними зубьями, различают разводку по зубу (рис. 3.103, *б*) и разводку по полотну, рис. 3.103, *в*.

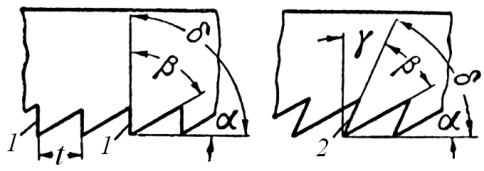


Рис. 3.104. Углы зубьев ножовочного полотна: *1* – передний угол равен нулю; *2* – передний угол положительный; *t* – шаг зуба ножовочного полотна

Разводка по зубу производится на полотнах с большим шагом, в этом случае поочередно отгибают каждый зуб ножовочного полотна то в одну сторону, то в другую. При разводке по полотну и при малом шаге сначала отгибают два-три зуба в одну сторону, а затем два-три зуба в другую. При среднем шаге отводят один зуб влево, второй вправо, третий не разводится. Гофры при волнистом разводе образуются от того, что вместе с отгибаемыми зубьями захватывают немного металла под их основанием.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При резке ножовкой надо следить за тем, чтобы в работе участвовало (одновременно соприкасалось с металлом) не менее 2,5 зубьев.

Ручные ножницы по ГОСТ 7210-75 изготовляются трех типов (рис. 3.105):

- тип 1 – пряморежущие;
- тип 2 – для резки отверстий;
- тип 3 – для фигурной резки.

Ручными ножницами можно резать листовую сталь толщиной до 0,7 мм, кровельное железо толщиной до 1,0 мм, листы меди и латуни толщиной до 1,5 мм.

Ножницы всех типов изготовляются в леворежущем исполнении (нижнее лезвие расположено слева), а по заказу потребителей и в праворежущем исполнении (нижнее лезвие расположено справа). В табл. 3.7 приведены основные размеры ножниц.

Соединение рычагов ножниц в шарнире не должно иметь перекосов, должно обеспечивать плотное прилегание соприкасающихся поверхностей. При этом ножницы должны открываться и закрываться плавно, без заеданий, при усилии, прилагаемом в зоне охвата рукояток, не более 2 Н для ножниц длиной 200 и 250 мм и 3 Н для ножниц длиной 320 и 400 мм.

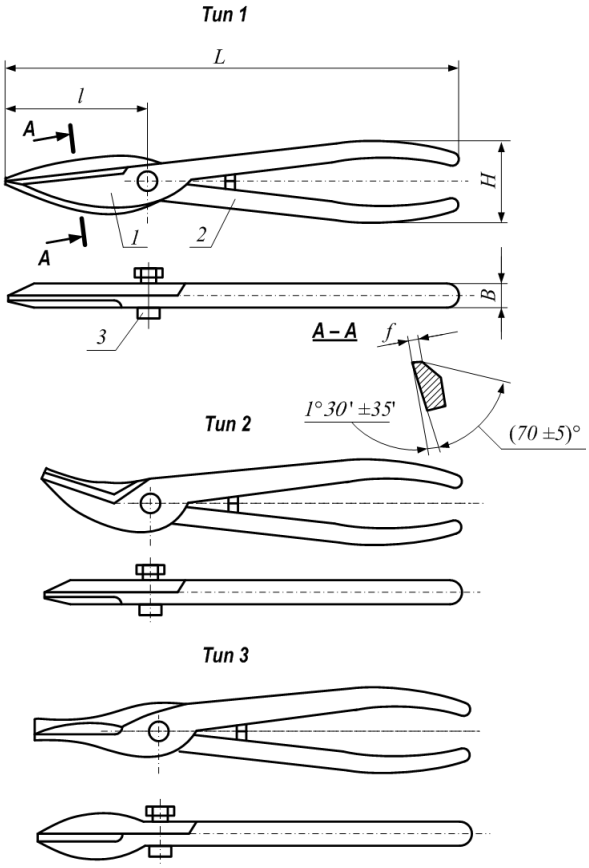


Рис. 3.105. Ручные ножницы

По мере смыкания ножниц должен обеспечиваться контакт режущих кромок в зоне резки при ее перемещении по всей длине режущей части, для чего внутренние поверхности лезвий имеют изогнутость относительно плоскости резки: левого лезвия – вправо, а правого лезвия – влево.

Таблица 3.7 **Размеры ручных ножниц по ГОСТ 7210**

Тип ножниц	L, мм	l, мм	H, мм	B, мм	f, мм
1	200	63	40	10	1,5-2,5
	250	71		11	
	320	90	50	13	2,0-3,0
	400	110		16	
2	250	63	40	11	1,5-2,5
	320	71	50	13	2,0-3,0
3	250	71	40	11	1,5-2,5
	320	80	50	13	2,0-3,0

В закрытых до упора ножницах лезвия должны взаимно перекрываться, причем перекрытие на концах лезвий должно быть:

- 1,0-2,5 мм у ножниц длиной 200 и 250 мм;
- 1,0-3,0 мм у ножниц длиной 320 мм;
- 2,0-4,0 мм у ножниц длиной 400 мм.

В слесарном деле наиболее часто применяются ножницы, имеющие длину 250-300 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Все ножницы, независимо от их конструкции, в своей основе имеют (как и другие режущие инструменты) режущий клин. Форма режущего клина ножниц характеризуется следующими геометрическими параметрами (рис. 3.106): углом заострения β; задним углом α, обеспечивающим уменьшение трения при работе ножницами и составляющим 2-3°. С целью уменьшения усилий, прикладываемых при резании, режущие ножи устанавливают под углом φ (чем больше этот угол, тем меньше усилие резания). При увеличении этого угла создаются усилия, выталкивающие лист из-под ножей, в связи с этим величину угла φ выбирают в пределах 7-12°, что создает оптимальные условия для резания. Угол заострения β выбирают в зависимости от обрабатываемого материала (чем тверже материал, тем большим должен быть этот угол). Для мягких металлов и сплавов (например, меди, латуни) он составляет 65°; для металлов средней твердости – 70-75°, а для твердых материалов – 80°.

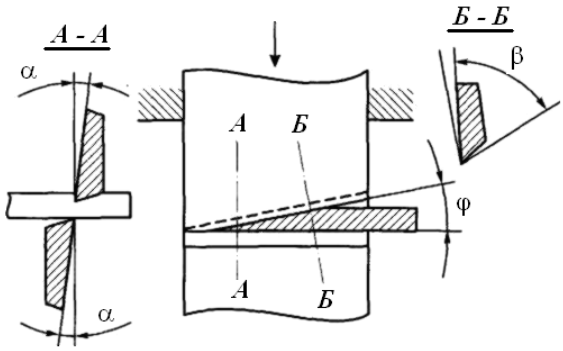


Рис. 3.106. Геометрические параметры лезвий ножниц: α – задний угол; β – угол заострения; φ – угол между лезвиями

Ножи ножниц изготовляются из углеродистой стали У7 и У7А по ГОСТ 1435-99 или из стали марки 8ХФ по ГОСТ 5950-73, ось – из стали марки 35 по ГОСТ 1050, режущая часть ножниц закаливается.

Если требуется разрезать листы большой толщины (до 2,0 мм), применяют стуловые ножницы, рис. 3.107. У этих ножниц одна рукоятка имеет отогнутый вниз конец; этим заостренным концом ножницы закрепляют в деревянной колоде или тисках. Вторая рукоятка служит для нажатия и собственно резания.

Стуловые ножницы малопроизводительны, при работе требуют значительных усилий, поэтому для резания больших партий листового металла, рекомендуется применять механические ножницы.

Хорошего эффекта при резании листовой стали толщиной до 2,5 мм можно добиться при использовании силовых ножниц, рис. 3.108. При работе рукоятку *4* с насечкой закрепляют в тисках, а рукоятку *5* с пластмассовым наконечником захватывают правой рукой. Рабочая рукоятка *5* представляет собой систему двух последовательно соединенных рычагов. Первый рычаг *7* заканчивается ножом *1* и соединен винтом *2* через шайбу *8* с рукояткой *4*. Рукоятка *5* через ось *6* и шарнирное звено *3* также соединена с рукояткой *4*. Эта система рычагов обеспечивает увеличение силы резания приблизительно в два раза по сравнению с обычными ножницами таких же габаритов.

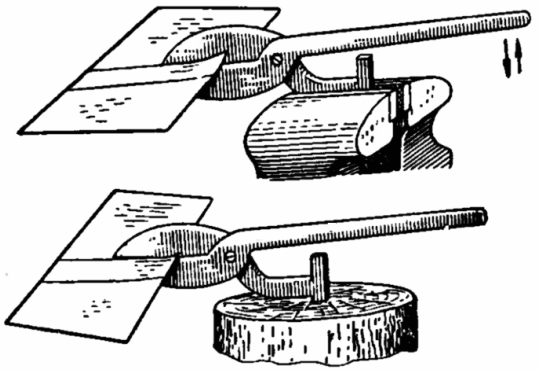


Рис. 3.107. Стуловые ножницы

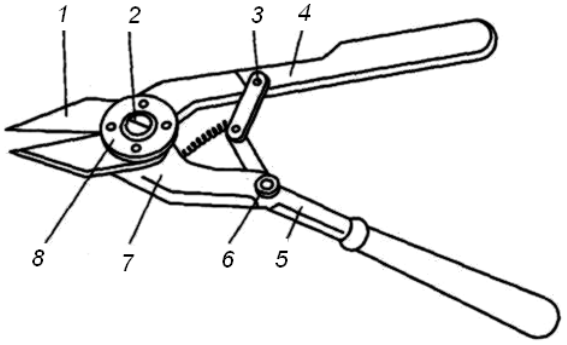


Рис. 3.108. Силовые ножницы: *1* – нож; *2* – винт; *3* – шарнирное звено; *4* – рукоятка с насечкой; *5* – рукоятка с пластмассовым наконечником; *6* – ось; *7* – рычаг; *8* – шайба

Настольные ручные рычажные ножницы (рис. 3.109) применяют для разрезания листовой стали толщиной до 4 мм, алюминия и латуни – до 6 мм. Основание *1* ножниц закрепляют на верстаке болтами. Рукоятка *2* обеспечивает возвратно-поступательное движение

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ножа *3*. Второй нож закреплен в корпусе основания *1*. Разрезаемый лист *4* укладывают на полку неподвижного ножа и, перемещая подвижный нож *3* рукояткой *2*, выполняют разрезание листа по разметочной риске *5*. Рычажные ножницы могут несколько отличаться друг от друга по конструкции, но принцип действия их во всех случаях одинаков.

Труборезы (рис. 3.110) применяют для разрезания труб различного диаметра вместо слесарной ножовки, а также для более качественного разрезания труб. Труборез представляет собой специальное приспособление, у которого режущим инструментом служат стальные дисковые резцы-ролики. Наиболее распространены роликовые, хомутиковые и цепные труборезы.

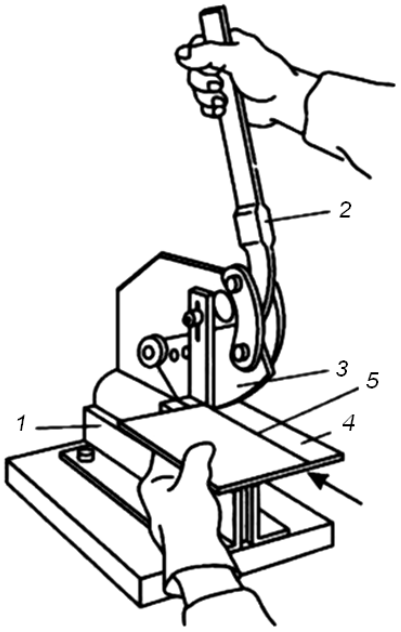


Рис. 3.109. Настольные ручные рычажные ножницы: *1* – основание; *2* – рукоятка; *3* – нож; *4* – разрезаемый лист; *5* – риска

Труборез состоит из скобы *1* (рис. 3.111), по прямоугольным направляющим которой перемещается каретка *2* с двумя направляющими роликами *3*, установленными на осях *4* с возможностью свободного вращения. Оси 4 зафиксированы планкой *5*. В «кармане» выступа скобы на оси *6* установлен со свободой вращения дисковый нож *7*. Ось *6* зафиксирована на скобе планкой *8*. Каретка *2* перемещается по направляющим скобы *1* при вращении винтовой ручки *9*.

Труборез с тремя режущими роликами режет одновременно в трех местах, поэтому при работе его слегка раскачивают при помощи рычага (примерно на одну треть оборота вперед-назад). Для повышения качества разрезания место реза смазывают маслом.

При резке труб труборезом применяется специальные трубные тиски (рис. 3.112, *а*).

Тиски трубные настольные предназначены для зажима труб при обработке их в цеховых условиях. Тиски выполнены из закаленной конструкционной стали. Диаметр зажимаемой трубы – 12-90 мм. Ход прижима – 85 мм. Усилие зажима трубы при крутящем моменте на рукоятке винта 1,5 кГм – 750 Н.

Рис. 3.110. Труборез

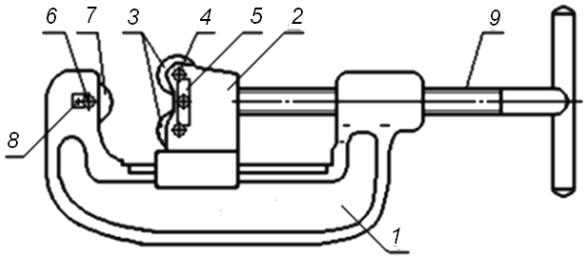


Рис. 3.111. Труборез: *1* – скоба; *2* – каретка; *3* – направляющие ролики; *4*, *6* – ось; *5*, *8* – фиксирующая планка; *7* – дисковый нож; *9* – винтовая рукоятка

Тиски трубные состоят из основания *1* (рис. 3.112, *б*), по бокам которого предусмотрены лапки *2* с пазами для крепления основания двумя болтами к рабочему столу.

Для установки обрабатываемой трубы в основание *1* закреплены губки *3* под углом 120° друг к другу. В верхней части тисков имеются два выступа *4* с пазами, в которые входит скоба *5*. Концы скобы *5* соединены с основанием *1* неподвижной осью *6* и вставной осью *7*, на конце которой имеется штырь *8*, предназначенный для удобства извлечения оси *7* из основания *1*. Вставная ось *7* соединена с основанием тросиком, что предохраняет ее от потери при транспортировке.

В верхней части скобы *5* имеется резьбовое отверстие, в котором перемещается винт *9*. Нижняя часть винта соединена с прижимом *10*, который по бокам имеет пазы, охватываю-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

щие направляющие выступы скобы *5*. В нижней части прижима *10* закреплена призматическая губка *11*. Верхняя часть винта *9* снабжена ручкой *12* для его вращения.

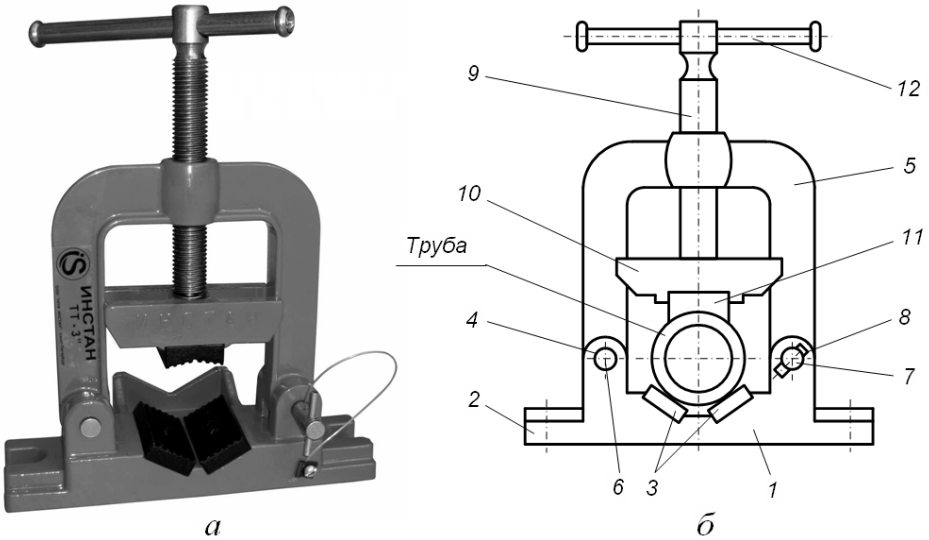


Рис. 3.112. Тиски трубные ТТ-3 (*а*) и их устройство (*б*): *1* – основание; *2* – лапки; *3* – губки; *4* – выступы с пазами; *5* – скоба; *6* – неподвижная ось; *7* – вставная ось; *8* – штырь; *9* – винт; *10* – прижим; *11* – призматическая губка; *12* – ручка

Механическая ножовка (рис. 3.113) эффективна при разрезании материалов на рабочем месте слесаря. Она состоит из корпуса *2*, в котором размещен электрический двигатель. На вал двигателя установлен барабан *1*, в спиральный паз которого входит палец *3*, соединенный с ползуном *4*. На ползуне укреплено ножовочное полотно *6*. При вращении барабана ножовочное полотно получает возвратно-поступательное движение и выполняет разрезание металла. Во время работы ножовка упирается скобой *5* и поддерживается за рукоятку.

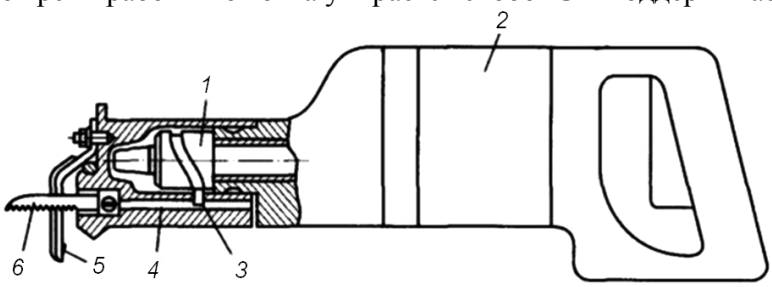


Рис. 3.113. Механическая ножовка: *1* – барабан; *2* – корпус; *3* – палец; *4* – ползун; *5* – скоба; *6* – ножовочное полотно

Электроножницы являются ручным переносным электроинструментом и предназначены для резки листового материала по прямолинейному или криволинейному контуру с толщиной разрезаемого стального листа до 2,7 мм. Электроножницы бывают трех типов: ножевые, вырубные и шлицевые.

Листовые ножницы (рис. 3.114, *а*) применимы в технологии раскроя листовых материалов, где недопустимо образование отхода материала в виде стружки, но допускается незначительная деформация отрезаемой от детали части заготовки. Это ручной мобильный и маневренный инструмент, который оптимально подходит для работ по монтажу металлоконструкций, когда необходимо отрезание с края листа, изготовление внутренних вырезов на плоском листе, подрезка труб больших диаметров. К недостаткам листовых ножниц относится ограничение при криволинейном (фигурном) резе, так как минимальный радиус поворота у них привязан к мощности двигателя, размерам ножей (чем мощнее техника, тем крупнее лезвия и тем больше минимальный радиус) и составляет 30-50 мм.

Конструкция листовых ножниц представляет собой корпус с двигателем и корпус с ножевой головкой, а принцип их работы аналогичен обычным слесарным ножницам. В каче-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

стве режущих элементов используются два однолезвийных ножа, один из которых – нижний, неподвижно закреплен на опорной подошве (скобе), а другой – верхний, приводится в действие механизмом и совершает возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости. При резке металла различной толщины зазор между ножами регулируется за счет переустановки опорной скобы.

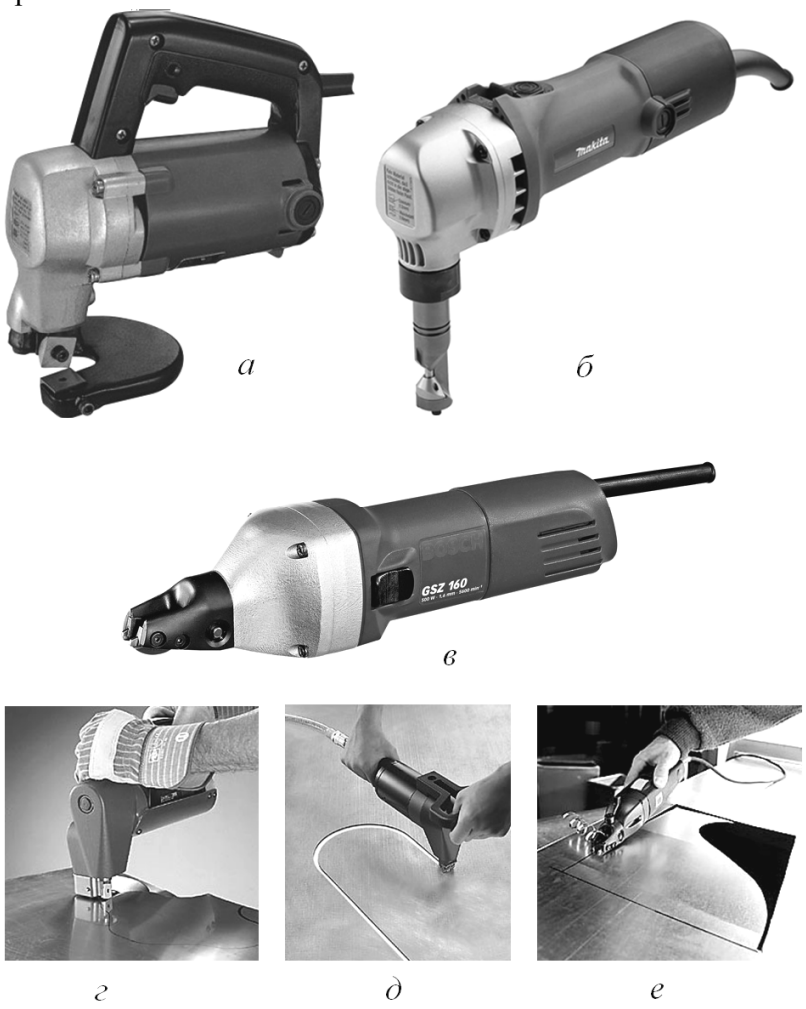


Рис. 3.114. Ножницы листовые (*а*, *г*), вырубные (*б*, *д*) и шлицевые (*в*, *е*)

Вырубные и высечные ножницы, рис. 3.114, *б*. В основе принципа действия этих ножниц лежит возвратно-поступательное движение пуансона, который на $^{2}/_{3}$ толщины вырубает лист, а на $^{1}/_{3}$ обрывает его об матрицу – ответный режущий инструмент. Вырубные (высечные) ножницы не режут, в прямом смысле этого слова, а выдалбливают материал. Такой способ работы позволяет начинать резку с любого места на заготовке, будь то край или центр, и подходит для обработки профильных металлов (гофрированных, волнистых листов), сдвоенных листов, труб и вентиляционных коробок.

Принцип действия вырубных ножниц имеет сходство с работой обычного дырокола. В его основе лежит возвратно-поступательное движение пуансона – «режущего» элемента конструкции, закрепленного в ползуне, работающего от двигателя и приводимого в движение при помощи двухступенчатого редуктора и кривошипного вала. Двигаясь вверх-вниз, он высекает частицы металла из заготовки и выталкивает их в образовавшуюся прорезь. Результатом этого процесса является вырубленная дорожка в несколько миллиметров шириной (в зависимости от технических характеристик модели) и металлическая стружка. Пробойник может различаться по форме: круглый (для тонколистового металла) и квадратный либо прямоугольный (для листов большей толщины). К преимуществам высечных ножниц, в первую очередь, относится их способность выполнять повороты до 360° даже в узких местах и удобство работы в положении снизу вверх.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Электрические вырубные ножницы (рис. 3.115) состоят из корпуса-рукоятки, электродвигателя, редуктора и режущей головки. Вращение от электродвигателя *7* через двухступенчатый цилиндрический редуктор передается кривошипному валу *6*, который через шатун *5* сообщает ползуну *4* возвратно-поступательное движение. В ползуне закреплен пуансон *3*, а в матрицедержателе *1* – матрица *2*. Разрезаемый материал закладывается в зазор между матрицей и пуансоном и при движении последнего вниз надрезается. После этого материал подвигается. Последовательные надрезы образуют сплошную линию, по которой и отделяется отрезанная заготовка.

Основное применение вырубных ножниц – криволинейный раскрой металлических листов и резание по шаблону деталей со сложным внешним и внутренним контуром.

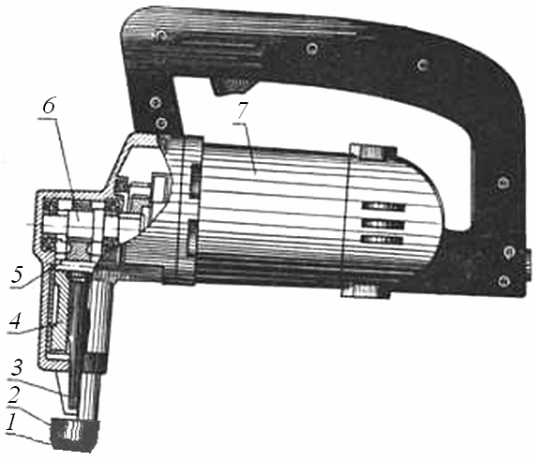


Рис. 3.115. Вырубные ножницы: *1* – матрицедержатель; *2* – матрица; *3* – пуансон; *4* – ползун; *5* – шатун; *6* – вал; *7* – электродвигатель

Шлицевые электрические ножницы – это маленький и легкий ручной инструмент индустриального класса, который режет листы из нержавеющей стали, меди, алюминия, листовые кровельные материалы и пластики. Оригинальная инструментальная система шлицевых ножниц сконструирована таким образом, что стружка выделяется над поверхностью листа непрерывной лентой, свитой в спираль. Такая конструкция дает электроножницам два основных преимущества – раскрой листов без деформации заготовки и не допускается попадание стружки внутрь полых конструкций. Кроме того позволяет начать и остановить работу на любом участке материала.

К функциональным возможностям шлицевых ножниц относится как прямолинейный, так и фигурный рез листового металла. К сожалению, они также как и листовые ножницы не слишком поворотливы и имеют большой радиус реза, но зато они оптимальны для работы с замкнутыми конструкциями, например, вырезание отверстий в коробе.

Устройство шлицевых ножниц отличается от листовых наличием открытой режущей головки и иным принципом действия. В их конструкции неподвижным является верхний нож, выполненный в виде шлица (что и дало название данному инструменту). Подвижным же является нижнее лезвие, которое и вырезает металл по ширине паза верхнего ножа.

Отрезной ножовочный станок (рис. 3.116, *а*) – это механическая пила, используемая для резки машинным ножовочным полотном различного типа изделий (круглого проката, труб, уголков, швеллеров и т.д.) из всех основных материалов. Обработка изделий может осуществляться несколькими способами: резка материала перпендикулярно к оси детали; резка материала под углом. Последний тип обработки выполняется посредством дополнительных комбинированных тисков. Резка может осуществляться под углом не более 45°.

Отрезные ножовочные станки относятся к типу раскройно-заготовительного оборудования.

Отрезной ножовочный станок (рис. 3.116, *б*) представляет собой металлорежущий станок, который состоит из станины *1* и стола *2*. На столе устанавливают тиски *3*, которые можно передвигать вдоль стола и поворачивать вокруг их оси. Возможность поворота тисков обеспечивает разрезание металла под различными углами в пределах 45°. Ножовочное полотно укрепляют в раме *4*. Рама с ножовкой перемещается вдоль качающегося хобота *5*. Ножовка приводится в действие от электродвигателя. Станки оснащаются гидравлическим устройством.

В зависимости от особенностей структуры обрабатываемого изделие устанавливается определенная скорость резания. Настройка диапазонов скоростей выполняется бесступенчато. При этом величина подачи оборудования также характеризуется бесступенчатым регулированием.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

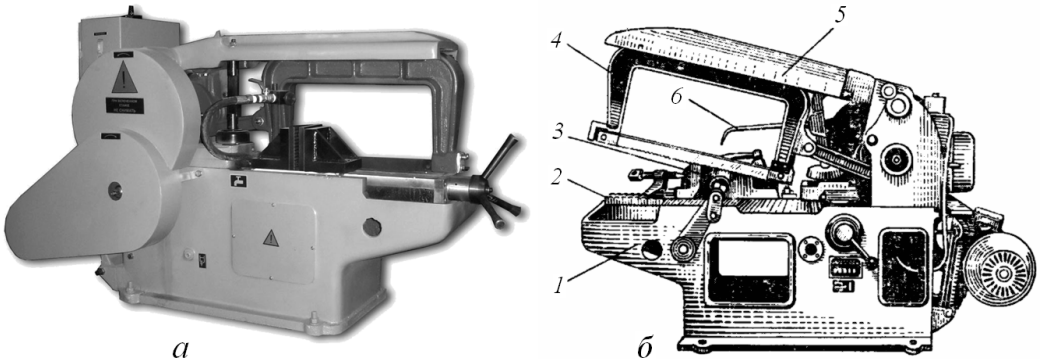


Рис. 3.116. Отрезной ножовочный станок модель 8725 (*а*) и модель 872А (*б*): *1* – станина; *2* – стол; *3* – зажимные тиски; *4* – рама с ножовкой; *5* – хобот; *6* – трубка для охлаждающей жидкости

В процессе работы отрезных ножовочных станков применяют такой способ обработки материалов, при котором рабочий инструмент совершает возвратно поступательные движения. Для работы на станке используют специальные режущие инструменты – машинные ножовочные полотна. Одной из основных характеристик оборудования выступает то, что обработка выполняется холодным способом, без предварительного термического воздействия.

Ручные циркулярные пилы по металлу, (рис. 3.117) – относительно новый вид инструмента для раскроя листа, резки труб и профиля. Получившие распространение в США, а затем в Европе, эти машины теперь завоевывают отечественный рынок электроинструмента.

Рис. 3.117. Циркульная пилы по металлу evolution 180 xtreme (*а*); evolution rage (*в*) и универсальная торцовочная пила rage 3 (*б*)

По многим показателям циркулярные пилы по металлу превосходят ставшие традиционными углошлифовальные машины (УГШ) и газовую резку. По сравнению с УШМ пила в 6-7 раз быстрее справляется с работой. Так для разрезания стального листа толщиной 10 мм и шириной 2 м необходимо всего 2,5 минуты.

Ресурс пильного диска с впаянными твердосплавными зубьями равен ресурсу примерно 100 абразивных дисков того же диаметра. При работе $^{2}/_{3}$ массы абразивных дисков выбрасывается в воздух, что не лучшим образом сказывается на здоровье окружающих и на работе расположенных рядом механизмов и электронных приборов. Кроме того, изнашиваясь, абразивный диск уменьшается в диаметре, что снижает скорость резания и производительность труда в целом.

Циркулярная пила по металлу дает очень гладкий край реза, практически зеркальный на вид, не идущий ни в какое сравнение с оплавленным краем после газореза. Края металла не нагреваются, заготовку можно сразу брать руками – это еще больше экономит время. Кроме этого, лист и профиль можно резать под углом к поверхности – на скос, придавая наклон до 45°.

При работе циркульной пилой шум и вибрация ниже, а столик пилы в процессе резания опирается на заготовку, тем самым разгружая оператора.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

По цене реза и производительности циркулярные пилы при раскрое листа уступают только гильотинным ножницам, а при резке профиля и труб – ленточным пилам, но упомянутое оборудование является стационарным, а циркулярные пилы ручным инструментом.

Работая циркулярной пилой не нужно прикладывать значительных усилий в направлении подачи, однако разрезаемая заготовка, если она не тяжелее 50-60 кг должна быть надежно закреплена. Материал не должен вибрировать в процессе работы, чтобы не повредить пильный диск. При резке тонколистового металла необходимо закрепить его с обеих сторон от линии разреза, чтобы материал не «сыграл».

Рис. 3.118. Ручной круглопильный отрезной станок

Циркулярные станки по металлу. Ручной круглопильный отрезной станок вертикально-скользящего типа (рис. 3.118), применяется для резки стальных профилей и цельных заготовок. Модели станка с инверторным преобразователем частоты могут резать более широкий спектр материалов, т.е. от нержавеющей стали до мягких металлов, латуни и меди. Головка станка поворачивается на угол от 45° вправо до 60° влево и скользит по регулируемым направляющим типа «ласточкин хвост». Главный зубчатый редуктор – бронзовая шестерня большого диаметра вращающаяся в масле, а конечная трансмиссия оборудована зубчатым ремнем.

Рис. 3.119. Полуавтоматический круглопильный отрезной станок вертикального скользящего типа

Полуавтоматический круглопильный отрезной станок вертикального скользящего типа (рис. 3.119), применяется для резки стальных профилей и цельных заготовок. Станок оснащен электропневматическим регулированием с гидравлическим управлением скоростью режущей головки.

Модели станка с инверторным преобразователем частоты могут резать более широкий спектр материалов, т.е. от нержавеющей стали до мягких металлов, латуни и меди. Головка станка поворачивается на угол от 45° вправо до 60° влево и скользит по регулируемым направляющим типа «ласточкин хвост».

Электронное управление рабочих функций станка (в том числе – движения рамы: быстрый подвод, начало резки, конец резки) программируются с панели управления. Устройство безопасности позволяет круглопильному диску вращаться в обратную сторону, чтобы облегчить его выход из заготовки. Дисплей панели управления отображает время работы круглопильного диска, скорость вращения его вращения, общее число резок, номер режущего цикла, демпфирование двигателя, автодиагностику.

На станке установлены пневматические регулируемые передние тиски, скользящие поперек рабочей поверхности, с быстрой блокировкой, регулируемым приспособлением против заусенец, быстрым позиционированием под углами 0 и 45° влево. В комплект станка входит ножная педаль, напольная стойка со съемной емкостью для стружки, насосом для охлаждающей жидкости, распылителем моющей жидкости.

Ленточные пилы. В условиях ремонтных мастерских, когда нет возможности установить стационарный станок, ленточная пила является оптимальным решением. Портативная, ручная ленточная электропила является легким, малогабаритным устройством с электро-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

приводом, рис. 3.120. Электродвигатель через редуктор вращает ножовочное полотно (ленточную пилу) вокруг двух шкивов. Шкивы и ленточная пила закрыты защитным кожухом, за исключением той части, которой производится распиловка.

Ленточная пила обладает рабочими характеристиками, позволяющими быстро и качественно резать габаритные заготовки сечением до 120х120 мм. Ленточная пила отличается высокой производительностью, надежностью и долговечностью. Полотно ленточной пилы длиной 2400 мм может иметь от 6 до 24 зубьев на дюйм, тем самым, обеспечивая большое разнообразие в материалах доступных для распиловки. Плавность движения пильной ленты с усиленными зубьями обеспечивается двумя парами опорных подшипников.

Рис. 3.120. Ленточная пила Milwaukee HBS 120 E

Односкоростные модели ленточной пилы предназначены для распиловки мягких материалов – медь, алюминий, низкоуглеродистая сталь. Двухскоростные модели (1-я – 60 м/мин, 2-я – 80 м/мин) и модели с переменной скоростью, могут быть переключены на низкую скорость, что позволяет резать твердые материалы, например, нержавеющую сталь или вольфрам.

Ленточнопильные станки по металлу (рис. 3.121.) предназначены для высокопроизводительной резки труб, уголков, круглого проката, швеллеров на мерные заготовки. Ленточнопильные станки по металлу способны обрабатывать заготовки из любых металлов, начиная от алюминия и его сплавов и заканчивая высокотвердыми сталями.

Рис. 3.121. Ленточнопильный станок

Режущим инструментом на ленточнопильных станках является ленточная пила, которая имеет вид замкнутой стальной ленты. Ленточная пила представляет собой многорезцовый станочный инструмент для распиливания металла, древесины и иных материалов, при помощи гибкой стальной ленты с зубьями. По краю одной из кромок пилы расположены зубья из твердосплавных материалов либо быстрорежущей стали на кобальтовой основе. Устанавливается ленточная пила на пильных шкивах, к которым прижимается боковой поверхностью.

Непрерывную резку заготовок на ленточнопильных станках по металлу можно выполнять как перпендикулярно к оси заготовки, так и под углом к ней. Это возможно благодаря

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

тому, что большинство моделей ленточнопильных станков оснащено поворотной пильной рамой, которая может устанавливаться под различными углами (от 0 до 60°). Также ленточнопильные станки по металлу могут использоваться для резки пакетом заготовок с мелким сечением.

Классифицируют ленточнопильные станки следующим образом:

- консольные ленточнопильные станки;
- колонные ленточнопильные станки (отличаются от консольных тем, что имеют большую жесткость);
- ленточнопильные станки с поворотной рамой (позволяют резать заготовки под различными углами);
- автоматические ленточнопильные станки (в основном используются при серийном и массовом производстве);
- вертикальные ленточнопильные станки (позволяют разрезать листовой материал толщиной 150-1500 мм).

Большинство ленточнопильных станков работает в автоматическом режиме, что позволяет использовать их как в мелкосерийном и единичном, так и в массовом производстве.

В настоящее время обработка заготовок на ленточнопильных станках признается одним из самых эффективных и высокопроизводительных способов металлообработки заготовительного производства, так как производительность такого способа обработки металла значительно выше, чем резка механической ножовкой, отрезка на токарных станках и дисковая резка. Что касается таких параметров как толщина среза, расход материала и неперпендикулярность, то при обработке на ленточнопильных станках они значительно меньше, чем при других способах резки.

Портативные ленточнопильные станки используются при небольших объемах заготовительного производства в механических и ремонтных цехах мелких и крупных предприятий, а также ремонтных и монтажных мастерских. В этих моделях зажим заготовки, приведение пильной рамы в исходное верхнее положение, а также процесс пиления производится в ручном режиме. На рис. 3.122 приведен маленький портативный ленточнопильный станок модели ARG 100 Mobil предназначенный для работ на стройках, ремонтных и слесарных мастерских.

Гильотинные ножницы – самый распространенный тип оборудования, применяемый для раскроя металла. Они применяется для рубки металла на заготовки определенной длины из гладкого металлического листа – стали, цинка, пластмассы, алюминия и меди. Существуют ручные и механические станки. Последние принято разделять на гидравлические, пневматические и электромеханические. Иногда электромеханические выводят в особый подкласс, иногда их называют электрическими.

Рис. 3.122. Ленточнопильный станок ARG 100 Mobil

Работа всех типов гильотин, за исключением ручных, может быть автоматизирована. На станках этого типа режут металл толщиной от нескольких десятых миллиметра до 12 мм и более, в зависимости от типа исходного материала. Гильотины хорошо зарекомендовали себя при резке простых деталей.

Промышленная гильотина делает идеально гладкий срез, не оставляя рваных зазубрин. Технически исправные ножницы, при максимально высокой точности реза, способны производить заготовки гладкого листа для последующих технологических операций серийно с высокой производительностью (стандартный цикл резки – от 1 до 2 с).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В гильотинных ножницах ходит вверх и вниз ползун с наклонно укрепленным на нем верхним ножом, рис 3.123. Нижний нож закреплен неподвижно в станине. Подъем и опускание верхнего ножа осуществляется кривошипно-шатунным механизмом, получающим движение от рабочего вала, который приводится во вращение электродвигателем через передачу от приводного шкива.

При разрезании листового металла ножницами с наклонными ножами на разрезаемый лист, полосу или ленту действуют силы, стремящиеся сдвинуть их относительно упоров; такой сдвиг может привести к искажению формы и размеров отрезаемых заготовок деталей. Для предотвращения сдвига разрезаемого материала применяется прижимное устройство *4*, рис 3.123. Его работа связана с движением верхнего режущего ножа *5*. Кроме механического прижима также выпускаются гильотиновые ножницы с гидравлическим или пневматическим прижимами. Эти прижимы действуют автоматически в течение выполнения операции разрезания.

Пуск ножниц производится посредством нажимной педали *8*, при помощи которой приводится в действие специальная клиновая и пластинчатая муфта. Конструкция муфты обеспечивает остановку кривошипного вала в верхнем наивысшем положении после произведенного разреза листа.

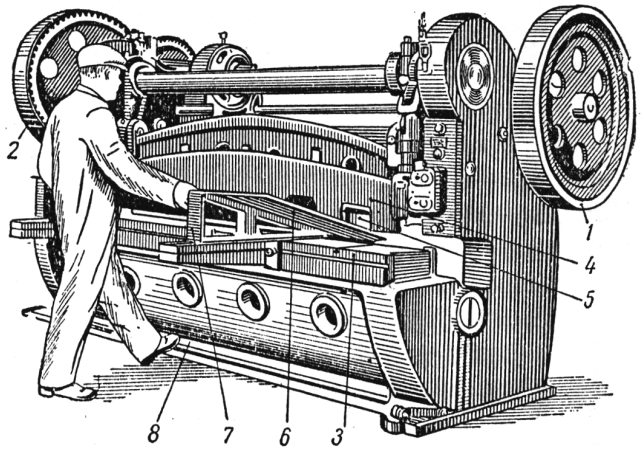


Рис. 3.123. Гильотинные ножницы: *1* – маховик; *2* – привод; *3* – стол; *4* – прижим; *5* – верхний нож; *6* – обрезаемый лист; *7* – наклонный мостик – подкладка для среза кромки листа под углом; *8* – педаль для пуска ножниц

При отрезке на гильотиновых ножницах с наклонным ножом может происходить изгиб (закручивание) полосы вокруг своей оси. Чем больше угол наклона верхнего ножа и меньше ширина полосы, тем изгиб больше. В связи с этим узкие полосы, ширина которых меньше 50-60 мм, отрезать на ножницах с наклонным ножом нецелесообразно. Если требуется получить узкую полосу, то резку выполняют на гильотиновых ножницах с параллельным расположением ножей.

Некоторые виды гильотин способны производить резку круглого, квадратного или углового металлопроката. Принцип действия гильотины для резки металла заключается в следующем: обрабатываемый металлический лист размещается между ножами гильотины, резка металла осуществляется за счет опускания верхнего ножа. В состав конструкции гильотины входят градуированный упор, с помощью которого производятся серийные резы, а также выдвижной подающий стол. Точность резания посредством гильотинных ножниц обеспечивается за счет прижимного механизма листа. Некоторые модели гильотин оснащаются также возвратным поддоном, куда собирается отрезанный металл.

Основными технологическими параметрами ручных гильотин по металлу (рис. 3.124) являются длина ножа или наибольшая ширина разрезаемого листа, максимальная толщина разрезаемого листа или диаметр разрезаемого прутка и усилие реза.

Станина ручных гильотинных ножниц сварная из стальных листов, двухстоечная. Между стойками закреплены стол и стяжки. Регулировка зазора между ножами производится путем перемещения стола.

Механический привод ножниц осуществляется через эксцентрик физическим усилием рабочего вручную рукояткой, рычажным или ножным механизмом. Механизм реза ручных листовых гильотин по металлу состоит из прижимной и ножевой балок. Ножевая балка – жесткой сварной конструкции, перемещается в направляющих станины. Зазор в направляющих регулируется сменными прокладками. Уравновешиватели ножевой балки – механические, пружинные. Прижим листа на рабочем столе ручных гильотинных ножниц для

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

резки металла осуществляется за счет силы сжатия пружин и собственной массы балки. Задний упор – ручной, реечного действия.

К недостаткам гильотин относят необходимость периодической замены и заточки режущего инструмента, который затупившись, может образовывать неровную кромку. Гильотины нашли широкое применение при резке металла, дерева и пластика.

Дисковые ножницы (рис. 3.125) – ножницы с вращательным движением режущих кромок – дисков, применяются для разрезания листовых полос неограниченной длины, а также для резки по криволинейному контуру. Вращение дисковых ножей обеспечивает не только разделение, но и подачу заготовки под действием сил трения. Режущие кромки ножей заходят одна за другую и вращаются в противоположные стороны, это обеспечивает прямолинейность линии резки. Для обеспечения захвата и подачи заготовки диаметр ножей должен быть в 30-70 раз больше толщины заготовки, увеличиваясь с уменьшением коэффициента трения.

Рис. 3.124. Гильотинные ножницы ручные JGS-40N

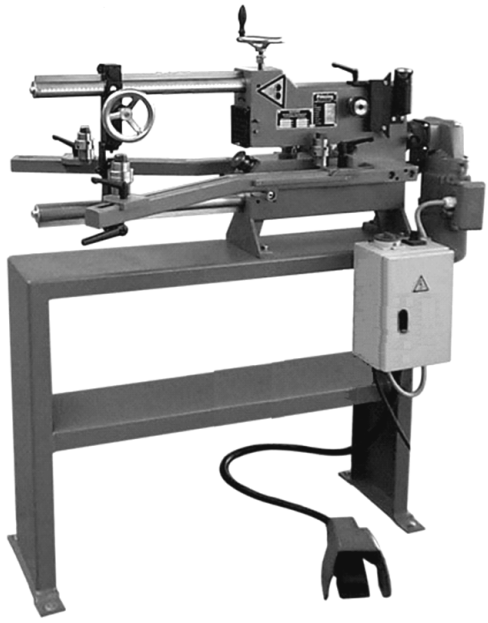


Рис. 3.125. Дисковые ножницы (кругорез) KSE 8/10

По способу расположения ножей они делятся на три типа (рис. 3.126) – с прямым расположением ножей, с одним наклонно расположенным ножом и с двумя наклонно расположенными ножами.

Ножницы с прямым расположением ножей выполняются с одной или несколькими парами рабочего инструмента. Основное назначение этих ножниц – резка листового металла на полосы.

Конструктивное исполнение ножей дисковых ножниц может быть двух вариантов; с углом резания δ меньше 90° и равным 90°, рис. 3.127.

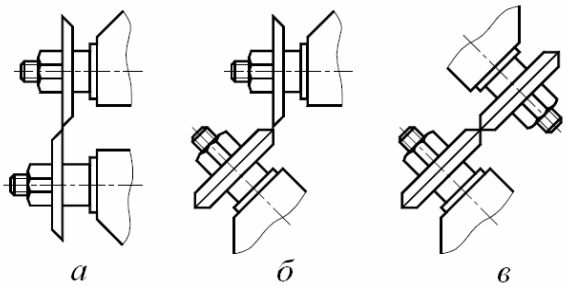


Рис. 3.126. Расположение ножей дисковых ножниц: *а* – прямое расположение; *б* – с одним наклонно расположенным ножом; *в* – с двумя наклонно расположенными ножами

Дисковые ножницы с ножами, выполненными по первому варианту, применяются в основном для резки тонколистового металла и имеют только одну пару ножей (однопарные). Угол резания ножей δ обычно составляет 85°, перекрытие ножей d=(0,2-0,6) s и зазор между ножами z=(0,06-0,07) s.

Дисковые ножницы с ножами, выполненными по второму варианту, могут быть как двухдисковые, так и многодисковыми (или многопарными). На многодисковых ножницах

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

одновременно можно разрезать лист на несколько полос или лент одинаковой или разной ширины, рис. 3.128.

Многодисковые ножницы применяют в массовом и крупносерийном производстве для резки листов и рулонов шириной до 1600 мм толщиной до 3 мм. Общая суммарная ширина отрезаемых полос должна быть на 5-6% меньше ширины листа. Это необходимо для удаления неровной кромки листа. Для обеспечения точности размеров отрезаемых полос по ширине между ножами устанавливают распорные втулки, а для устранения возможности изгиба отрезанных полос на втулки надевают резиновые кольца *2*, рис. 3.128.

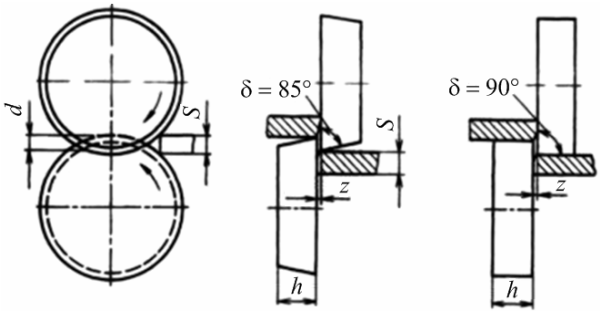


Рис. 3.127 – Конструктивное исполнение ножей дисковых ножниц

Для вырезки кругов и криволинейных контуров по разметке или шаблону применяют однопарные дисковые ножницы с наклонно расположенными ножами. Ножницы с одним наклонным ножом применяют для вырезки заготовок с относительно большим радиусом скругления контура и малой толщиной листа. Угол наклона нижнего ножа φ=30-40°, а угол резания δ=85-87°, рис. 3.129, *а*. Дисковые ножницы с двумя наклонными ножами применяют для вырезки контуров, ограниченных кривыми линиями, с относительно небольшим радиусом скругления, рис. 3.129, *б*.

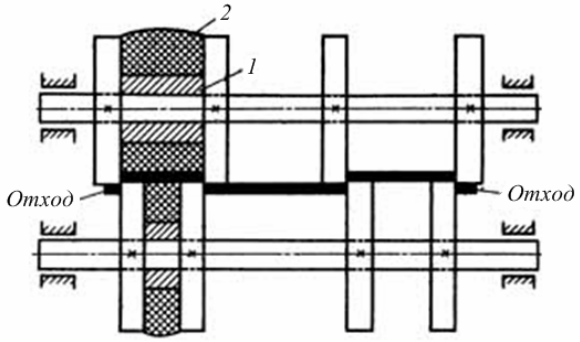


Рис. 3.128 – Схема резки на многодисковых ножницах

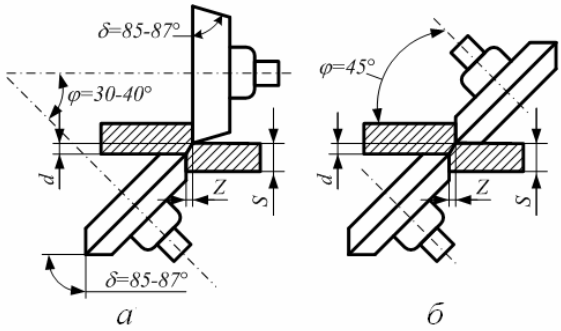


Рис. 3.129 – Схема установки дисковых ножей с одним наклонным ножом (*а*) и с двумя наклонными ножами (*б*)

Особенность настройки дисковых ножниц с наклонно расположенными ножами заключается в том, что перекрытие ножей отсутствует, расстояние между кромками ножей по вертикали $d = 0{,}25 \cdot S$ и зазор между ножами больше оптимального $Z = (0{,}2\text{-}0{,}25) \cdot S$. Это позволяет легко поворачивать лист относительно рабочих кромок ножей в процессе отрезки. Лист при разрезании на роликовых ножницах держат двумя руками так, чтобы он находился в горизонтальном положении.

Схема работы ножниц показана на рис. 3.130. Как видно из рисунка, ножницы предназначены не только для прямой, круговой и фигурной резки, но и для отбортовки, гибки листового материала, получение косого реза. На рис. 3.131, *а* показан узел круговой резки и отбортовки листового металла, а на рис. 3.131, *б* – установка кольца для внутренней отбортовки.

В зависимости от толщины разрезаемой заготовки дисковые ножи имеют диаметр 50-300 мм и толщину 20-90 мм. Дисковые ножи изготовляют из инструментальной стали марки У8А или ее заменителей. Твердость ножей после термической обработки должна быть HRC=48-52. Рабочие плоскости ножей шлифуют, минимально допускаемая непараллельность этих плоскостей не должна превышать 0,02 мм на 300 мм диаметра ножа.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

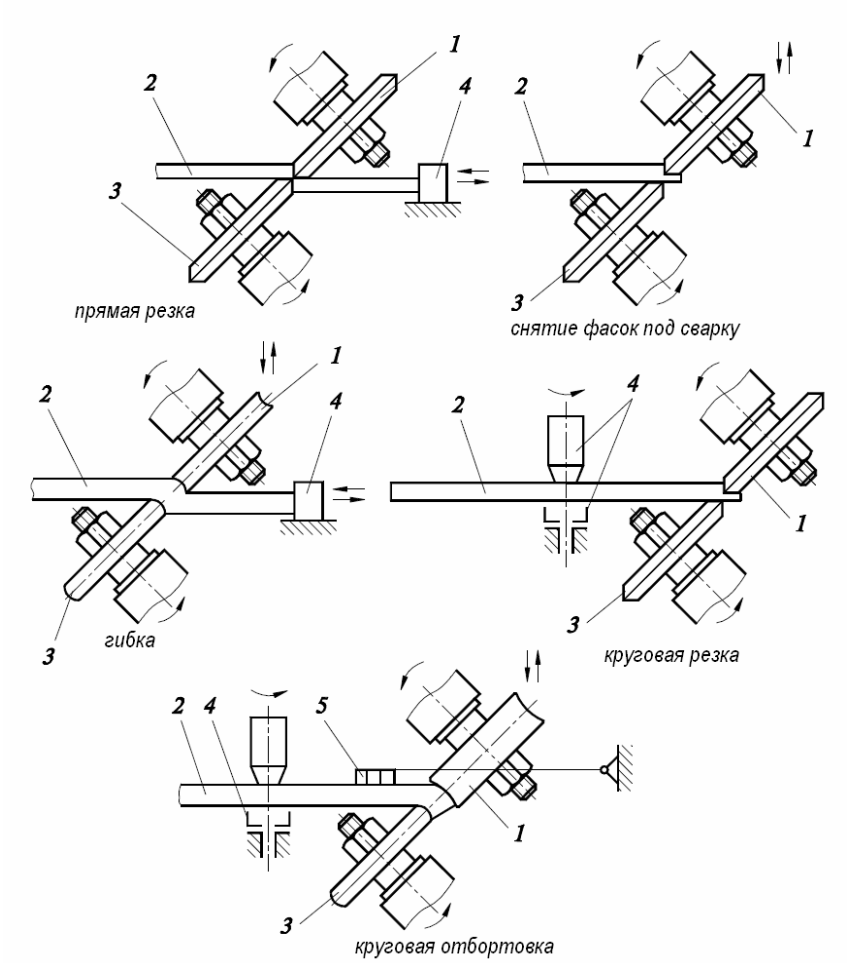
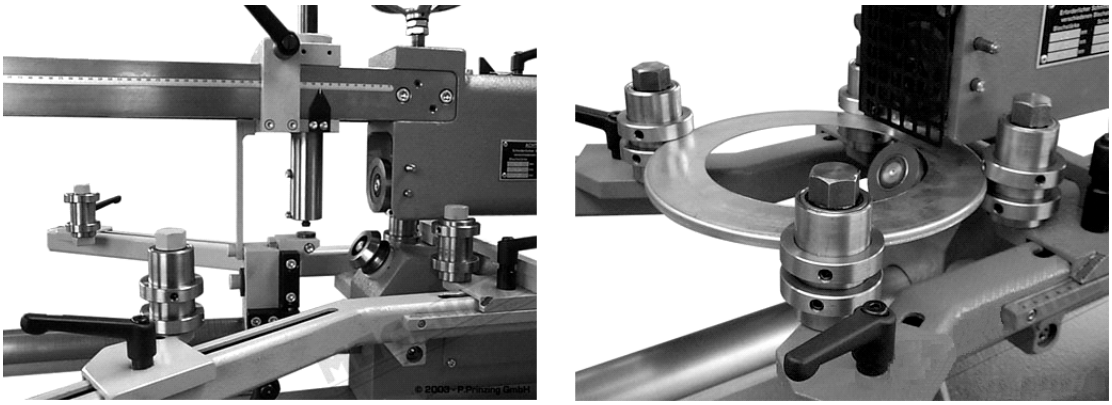


Рис. 3.130. Схема работы дисковых ножниц: *1* – верхний диск; *2* – обрабатываемый металл; *3* – нижний диск; *4* – боковой и нижний упоры; *5* – верхняя прижимная пластина



а *б*

Рис. 3.131. Кругорез KSE 8/10: *а* – узел круговой резки и отбортовки листового металла; *б* – внутренняя отбортовка кольца

Абразивная резка металла. В настоящее время для поперечной резки металлопроката из черных и цветных металлов заготовок различных форм широко применяются отрезные станки с абразивным диском (кругом), рис. 3.132.

Режущим инструментом в таком станке является тонкий абразивный армированный круг толщиной до 3 мм, диаметром до 400 мм, закрытый прочным металлическим кожухом. Круг получает вращение от электродвигателя через зубчатую передачу, нажатием рычага

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

он вводится в соприкосновение с трубой (или другим металлопрофилем), надежно закрепленной в неподвижных призменных опорах станка, и разрезает ее. Плоскость реза, выполненного абразивными кругами, получается чистой без заусенцев. Для резки применяются абразивные армированные круги с окружной скоростью 80 м/с.

Рис. 3.132. Резка металлопроката отрезным станком маятникового типа абразивным кругом

Отрезные станки по металлу с абразивным кругом, позволяют резать заготовки трубы, прутка, уголка, швеллера, двутавра и других профилей под углами от 0° до 45° .Резание заготовок под углом производится в специальных тисках.

Высокая окружная скорость вращения круга в сочетании с повышенной мощностью привода способствуют максимальной эффективности и малому износу круга.

Абразивно отрезные станки по металлу предназначены для использования в единичном и мелкосерийном производстве и отвечает требованиям ГОСТ 7599-82.

Абразивный (от латинского *abrasio* – соскабливание) отрезной круг предназначен для точной и качественной резки различных форм изделий как из стали, чугуна, сплавов цветных металлов (прутка, трубы, уголка, листа, арматуры), так и кирпича, шифера, керамики, гипсокартона, а также мрамора, гранита, камня и бетона в небольшом количестве.

Эффективность работы абразивным кругом в значительной степени зависит от размера и твердости частиц: чем крупнее частицы и тверже сам абразив, тем быстрее можно резать металл. Зернистость абразива, или размер частиц, может быть от 0,1 до 2 мм (100-2000 мкм). Ее всегда указывают на маркировке в условных единицах, причем в России и других странах по-разному.

Абразивный круг обладает двумя преимуществами по сравнению с дисковым. Во-первых, при работе не требуется принудительное охлаждение водой, потому что его температура обычно не превышает 70-80 °С. Хорошее естественное охлаждение обеспечивается большим количеством пор, которые образуются в круге при его изготовлении. Они, а также специальный наполнитель, добавляемый в связку и выкрашивающийся при резке, способствуют быстрому удалению металлической стружки.

Во-вторых, такой круг не затупливается, а как бы «самозатачивается», при этом начальный диаметр постепенно уменьшается за счет разрушения частиц абразива и выгорания связки. Резка абразивным кругом всегда сопровождается интенсивными снопами искр – это сгорают частицы связки и мельчайшие металлические стружки, которые летят по касательной в направлении вращения. Они слишком малы и не могут нанести травму в виде царапины или ожога.

На торцевой поверхности абразивного круга для резки должно быть четко нанесены обозначения указанные на рис. 3.133. Кроме того должны быть нанесены цветные полосы (ГОСТ 12.3.028-82. Система стандартов безопасности труда. Процессы обработки абразив-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ным и эльборовым инструментом. Требования безопасности) – желтая, для кругов с рабочей скоростью 60 м/с; красная – со скоростью 80 м/с; зеленая – со скоростью 100 м/с; синяя и зеленая – со скоростью 120 м/с.

Рис. 3.133. Обозначения, нанесенные на отрезном абразивном круге

На некоторых кругах можно встретить изображение с обозначением металлического профиля, керамической плитки, армированного бетона, камня и т.п. Он означает, с каким материалом может использоваться данный круг. Также некоторые производители наносят на абразивные диски изображения перчаток, защитных наушников и респиратора (это напоминание о том, что, работая с инструментом, следует надевать защитные приспособления). Значок книги напоминает о необходимости прочесть инструкцию перед тем, как использовать абразивный инструмент. Могут также стоять обозначения, указывающие на запрет использования инструмента не по назначению или знаки, рекомендующие применять охлаждение при работе с кругом. Иногда производители указывают тип армировки: буква *С* означает центральную армировку (такие круги используются для стационарных станков), буква *А* означает наружную армировку (для ручных инструментов).

На каждом абразивном круге, независимо от его назначения, обязательно указываются его размеры. К примеру, обозначение «125х1,6х22» указывает на то, что данное изделие имеет диаметр 125 мм, толщину 1,6мм и диаметр посадочного отверстия 22 мм.

Среди важных параметров, которые указываются на лицевой стороне круга – допустимая скорость вращения. Она обозначается следующим образом: max 6600 RPM. Очень важно обращать внимание на то, что скорость вращения круга не должна быть ниже, чем та, с которой работает отрезной станок.

Многие производители указывают срок годности абразивного круга на металлической части, которая обрамляет посадочное отверстие. Следует обращать внимание на этот параметр, так как использование круга, у которого вышел гарантийный срок, может привести к неприятным последствиям и для инструмента, и для слесаря.

Вообще-то ГОСТ разрешает использовать круг и после истечения срока годности, но после проведения испытаний в специальном станке (СИПе). Испытанию подлежит каждый экземпляр,

Срок годности отрезного круга определяется тем, что в его состав входят различные полимерные соединения, а они не являются абсолютно стабильными и с течением времени меняют свои свойства. Условия хранения тоже играют важную роль: сырость, прямые солнечные лучи – все это способно снизить ресурс круга, даже если его срок годности еще не закончился.

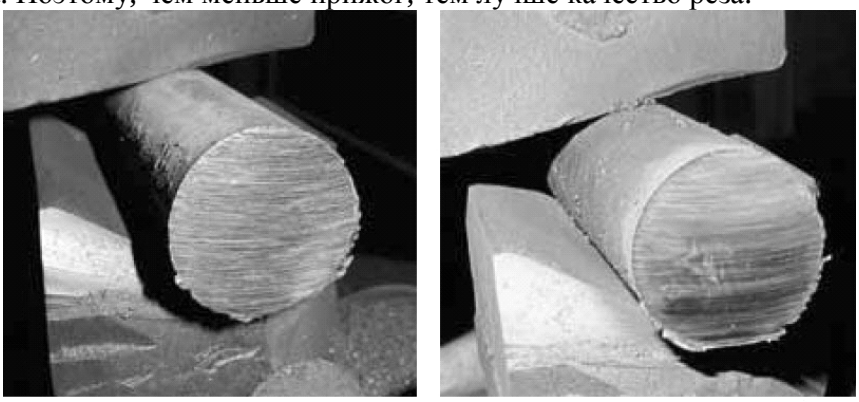
В табл. 3.8 приведены условные обозначения рекомендаций по технике безопасности, проставляемые на этикетке круга.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.8 **Рекомендации по технике безопасности, проставляемые на этикетке абразивного круга**

Условное обозначение	Рекомендации по технике безопасности	Условное обозначение	Рекомендации по технике безопасности
	Инструмент предназначен для резки металла		Для ручных машин с отрезными и шлифовальными кругами
	Инструмент предназначен для резки нержавеющей стали		Для ручных машин с чашечными кругами
	Инструмент предназначен для резки алюминия		Для ручных машин со шлифовальными кругами
	Инструмент предназначен для резки камня, бетона, всех минеральных материалов		Для настольных отрезных станков
	Использовать наушники, защитные очки, респиратор		Для станков для распиловки камня
	Недопустимо использование для торцевого шлифования		Для ручных бензопил
	Для торцевого шлифования		

Качество реза абразивным кругом оценивается по прижогу, размерам и количеству заусенцев, рис. 3.134. Прижог – это нагрев разрезаемого металла, сопровождающийся появлением цветов побежалости. Такой нагрев меняет физические и химические свойства разрезаемого металла, а это не всегда приемлемо, например, если после реза предполагается соединять разрезанные конструкции с помощью сварки. Прижог может повлиять на качество сварного шва. Поэтому, чем меньше прижог, тем лучше качество реза.



а *б*

Рис. 3.134. Пример чистого реза без прижога и заусенцев (*а*) и небольшого прижога (*б*)

Еще одним показателем качества резки является наличие и величина заусенцев. Обычно они напрямую зависят от размеров зерна: чем крупнее абразивное зерно, входящее в состав круга, тем больше заусенцы. Наличие заусенцев вызывает необходимость дополнительной механической обработки обрезанных деталей. Это повышает трудоемкость работы, а соответственно, и стоимость. Поэтому принято считать, что чем меньше заусенцев, тем круг лучше.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Наиболее востребованный способ абразивной резки – это резка с помощью углошлифовальной машинки (УШМ). По популярности этот инструмент уступит разве что электродрели. Так как, благодаря богатейшему выбору оснастки и зачастую вовсе не обладая регулировкой скорости, он способен выполнять разнородные работы, будь то резка металла или бетона, доведение до блеска металлических поверхностей безнадежно изъеденных ржавчиной.

Обычно УШМ представляет собой цилиндрический корпус, внутри которого располагается коллекторный двигатель, пусковой выключатель и угловая зубчатая передача, рис. 3.135. Большая часть моделей оснащена регуляторами скорости. УШМ снабжена одной или двумя рукоятками в зависимости от размеров и конкретной модели.

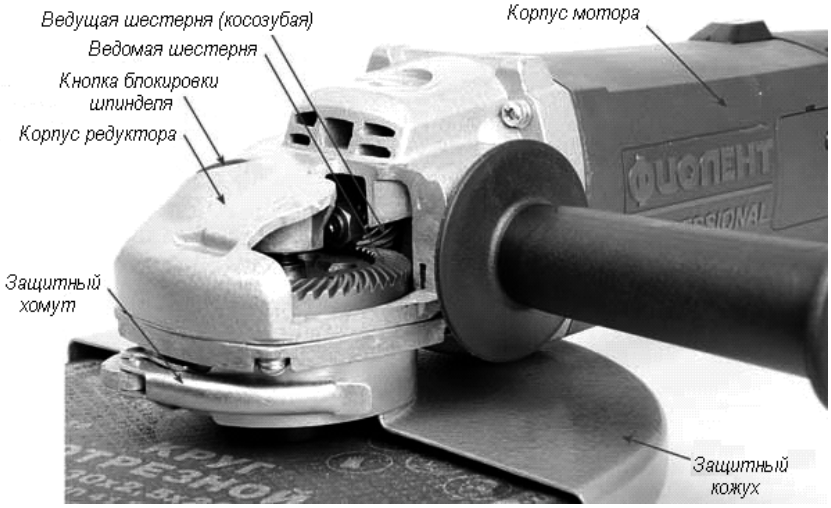


Рис. 3.135. Углошлифовальная машинка

Если смотреть сбоку, то продольные оси шпинделя и мотора УШМ лежат по отношению друг к другу под углом 90°. Механизм передачи вращения предельно прост: якорь двигателя соединен с ведущей шестерней, которая сцеплена с расположенной перпендикулярно ведомой. Редуктор понижающий – от десятков тысяч оборотов двигателя на шпиндель передается лишь несколько тысяч.

Расходные материалы УШМ – это в первую очередь отрезные и шлифовальные диски. Шлифовальные диски практически такие же, как и отрезные, но в 2-3 раза толще, что позволяет им выдерживать боковые нагрузки при шлифовке. Алмазные отрезные диски используются для резки неметаллических материалов: бетона, камня, кирпича, кафеля. На УШМ можно устанавливать также металлические щетки для снятия ржавчины и окалины. Чашечные шлифовальные круги, которые могут использоваться на малых плоскостях, снимают всевозможные наслоения на пластиках, осуществляют пригонку панелей из известняка, удаляют толстые слои краски и т.д. Полировальные тарелки, экономные в эксплуатации, имеют большой диапазон обработки – металл, древесина, пластик и камень. Существуют и другие насадки раширяющие диапазон использования УШМ.

Насадки и щетки различных размеров закрепляются резьбовым креплением на шпиндель. Круги крепятся на шпинделе прижимной гайкой. Особо стоит отметить, что в процессе работы часто происходит дополнительная самоподтяжка гайки крепления отрезного круга. В некоторых случаях подтяжка бывает настолько сильной, что это создает проблему при откручивании гайки для смены диска. Стандартный ключ из комплекта уже будет бесполезен, приходится пользоваться газовым. В такой ситуации есть опасность поломки механизма блокировки шпинделя. Чтобы избежать этого, нужно пользоваться прокладкой из плотной бумаги, помещаемой между гайкой и металлическим фланцем на отрезном круге.

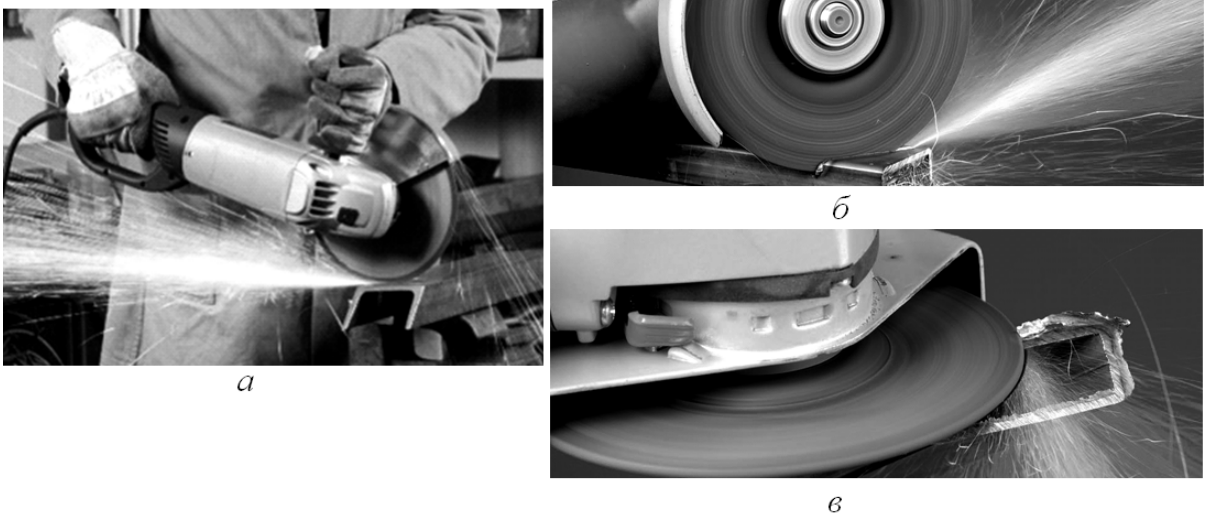
По исполнению УШМ бывают одноручные (чаще всего это агрегаты под диск 115 и 125 мм) всего одна – дополнительная рукоятка. Такие УШМ и весят меньше, и размеры у них компактнее. Однако название не должно вводить в заблуждение: держать УШМ одной рукой запрещено техникой безопасности, поэтому второй обхватывают корпус двигателя.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

У двуручных машин, две рукоятки – задняя (основная) и передняя (присоединяемая). Дополнительную рукоятку обычно ставят в одну из двух или трех позиций. Для этого на корпусе редуктора имеются специальные отверстия с резьбой – два по бокам и третье, если есть, сверху. Все это делает работу более удобной, можно подобрать охват, подходящий и для правши, и для левши.

Основным параметром УШМ являются предельно допустимые размеры используемого абразивного диска, т.е. максимально допустимый диаметр диска и его толщина. А диаметр диска определяет функциональные возможности инструмента: чем больше диаметр диска, тем более глубокий разрез.

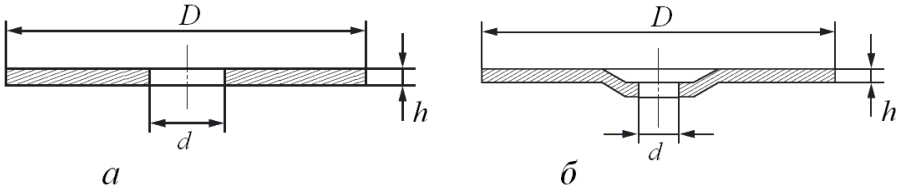
УШМ позволяет резать практически любой металл (рис. 3.136, *а*), при этом толщина реза составляет от 1 до 5 мм, в зависимости от ширины круга. Он идеально подходит для резки металлических листов, толщина которых 5-7 мм, и резки труб небольшого диаметра. Этот метод резки металла практически не оставляет сколов и окалин по линии реза, является низко производительным, но в тоже время и универсальным, так как помимо резки возможно снять заусеницы (рис. 3.136, *б*) и отшлифовать изделие.



а *б* *в*

Рис. 3.136. Резка металлопроката под углом 90° (*а*), под углом 45° (*б*) и снятие заусенцев (*в*)

Отрезные круги для УШМ выпускаются двух типов – так называемые тип 41 и тип 42, рис. 3.137. Первые – совершенно плоские, вторые – с утопленной втулкой (за такую форму их порой называют чашечными). Круги 42-го типа удобнее, если, например, нужно отрезать заподлицо со стеной торчащий кусок арматуры – чашечный круг позволяет сделать рез практически параллельно стене. Но они сложнее в производстве и встречаются реже, чем круги 41-го типа.



а *б*

Рис. 3.137. Отрезной круг тип 41 (*а*) и тип 42 (*б*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.3.3 Ручная резка металла

Резка ножовкой. При подготовке к резке ножовкой необходимо:

- проверить исправность рамки ножовки: плотность посадки рукоятки, свободное вращение барашковой гайки, перемещение раздвижной части и натяжного штыря, наличие штифтов;
- установить раздвижную часть ножовки по размеру полотна, оставляя выдвинутым штырь на 10-15 мм;
- установить полотно в прорези головок так, чтобы зубья были направлены от ручки, рис. 3.138, *а*. При этом первым вставляют конец полотна в неподвижной головке до совпадения отверстия и фиксируют положение закладкой штифта; затем вставляют второй конец полотна в прорезь головки с натяжным винтом и закрепляют его штифтом;
- натягивают полотно, без большого усилия завинчивают барашковую гайку не прибегая к плоскогубцам, тискам и другим инструментам (рис. 3.138, *б*).

При натяжение полотна из-за опасности его разрыва следует держать ножовку на некотором расстоянии от лица.

Приступая к резке ножовкой, встают перед тисками вполоборота (по отношению к губкам тисков или к оси обрабатываемого предмета), рис. 3.139. Корпус разворачивают влево от тисков под углом 45°. Левую ногу выставляют несколько вперед, примерно по линии разрезаемого предмета, и на нее опирают корпус. Правая нога должна быть повернута по отношению к левой на угол 60-70°, при этом расстояние между пятками должно быть 200-300 мм. Ножовку берут в правую руку так, чтобы ручка упиралась в ладонь, а большой палец находился на ручке сверху, конец ручки упирают в ладонь, рис. 3.140, *а*. Остальные четыре пальца поддерживают ручку снизу. Левой рукой берутся за передний конец рамки ножовки.

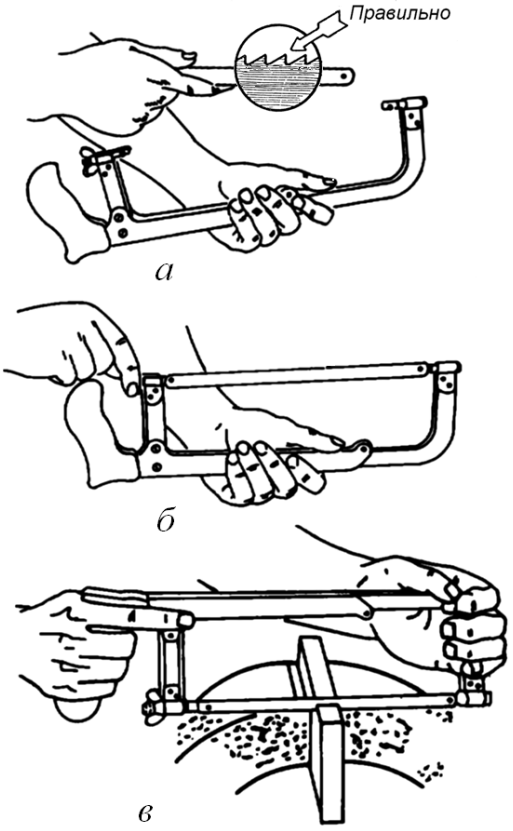


Рис. 3.138. Положение ножовочного полотна относительно рукоятки ножовки (*а*); натягивание полотна (*б*); неправильный прием работы ножовкой (*в*)

Не следует вытягивать указательный палец вдоль ручки и глубоко захватывать рукоятку, так как конец ее будет выходить из кисти, что может привести к травме руки при работе.

Во время резки ножовку держат преимущественно в горизонтальном положении. Двигать ее нужно плавно без рывков. Ножовке нужно дать такой размах, чтобы работало все полотно, а не только его середина. Нормальная длина размаха – $^2/_3$ длины ножовочного полотна, заправленного в рамку.

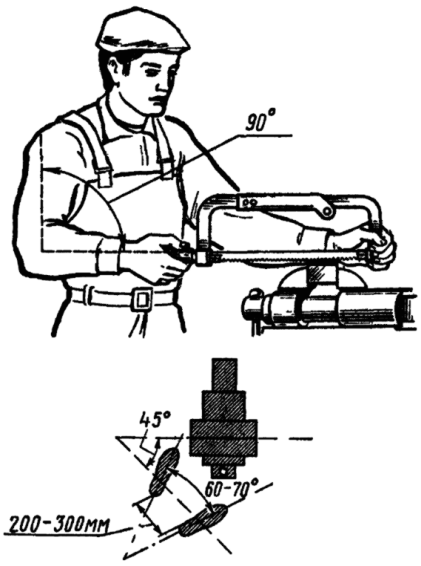
Ножовкой работают со скоростью от 30 до 60 ходов в минуту (имеются ввиду двойные ходы – вперед и назад). Твердые металлы разрезают с меньшей скоростью, мягкие – с большей. Например, при резании твердой стали производят до 30 двойных ходов в минуту, разрезании стали средней твердости – от 40 до 50 ходов в минуту, низкоуглеродистой стали и чугуна – от 50 до 60 ходов в минуту.

Нажимать на ножовку нужно при движении ее вперед. При обратном ходе нажимать не следует. Сила давления (нажим) на ножовку зависит от твердости металла и величины

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

разрезаемой поверхности. Твердые металлы требуют более сильного нажима на ножовку, чем мягкие. Нормальная величина нажима должна соответствовать примерно 10 Н на 0,1 мм толщины полотна. В конце резки нажим ослабляют.

Заканчивая резание, следует ослабить нажим на ножовку, уменьшить темп движения, чтобы избежать поломки полотна и ранения рук. После окончания работы ножовку, повернутую полотном к тискам, кладут на верстак с правой стороны тисков.



3.139. Рабочая поза при резании ножовкой

Ручной ножовкой чаще всего работают без охлаждения. Для уменьшения трения полотна о стенки пропила применяют густую смазку из сала или графитовой мази, в которую входит сало (2 части) и графит (1 часть). Такая смазка долго держится на ножовочном полотне.

Во время резки ножовочное полотно иногда «уводит» в сторону, в результате чего выкрашиваются зубья или полотно ломается. Кроме того, при уводе на разрезаемом предмете получается косая прорезь. Причина увода – слабое натяжение полотна или неумелое владение ножовкой.

При уводе полотна следует начать резку в новом месте – с обратной стороны неудачного разреза. Попытка выправить косую прорезь «на месте» всегда приводит к поломке полотна. Зубья ножовочного полотна ломаются также при их чрезмерной твердости (неправильная закалка), от слишком сильного нажима на ножовку, особенно при резании узких заготовок и в тех случаях, когда в разрезаемом металле вкраплены посторонние твердые примеси.

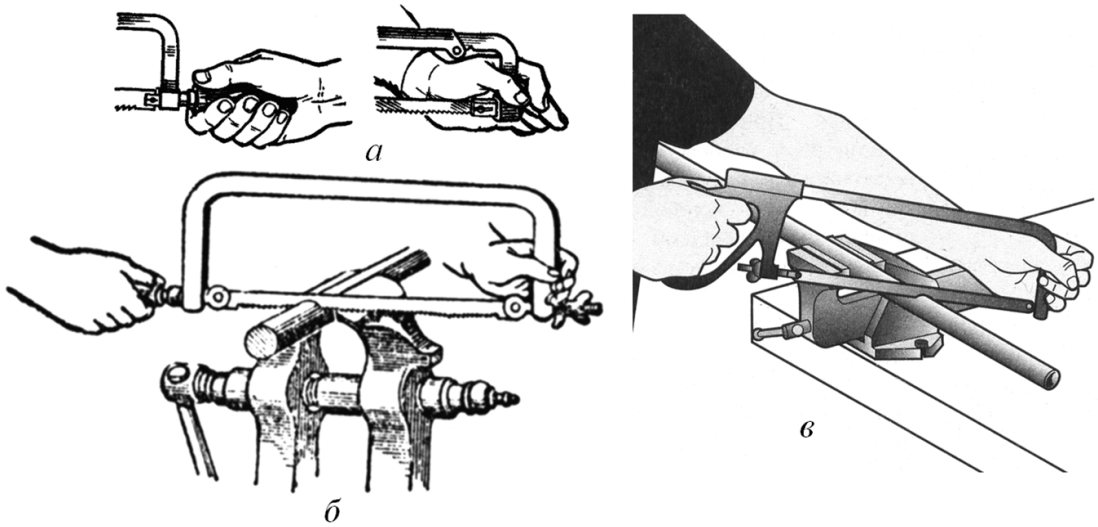


Рис. 3.140. Положение рук работающего (*а*), способы держания ножовки с горизонтальной рукояткой (*б*) и с закрытой рукояткой (*в*)

При поломке зубьев полотна – хотя бы одного – не следует продолжать работу этой ножовкой, иначе произойдет поломка смежных зубьев и быстрое затупление всех остальных. Для восстановления режущей способности ножовки, у которой выкрошился зуб, необходимо на наждаке или шлифовальном круге сточить два-три соседних с ним зуба, как показано на рис. 3.141. Удалив из начатой прорези застрявшие там остатки сломанного зуба ножовки, продолжают работу восстановленным полотном.

Если во время резки сломалось старое, сработавшееся ножовочное полотно, нельзя продолжать работу ножовкой с новым полотном – оно не войдет в прорезь. Повернув изделие, начинают резать в другом месте. Если же по условиям работы нельзя повернуть изде-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

лие, необходимо расширить начатую прорезь, осторожно распиливая ее новым ножовочным полотном.

Ручной ножовкой можно резать круглый материал диаметром до 100-115 мм. В слесарной практике допускается ручная резка металлов диаметром только до 60-70 мм. Металл более крупных диаметров передают для резки на отрезные станки, лишь в исключительных случаях режут ручной ножовкой круглый материал диаметром больше 70 мм.

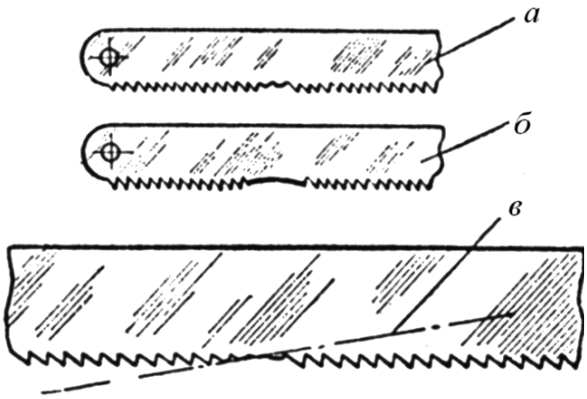


Рис. 3.141. Использование ножовочного полотна с выломанными зубьями: *а* – вид ножовочного полотна с выломанными зубьями; *б* – полотно со сточенными зубьями; *в* – линия заточки соседних зубьев

Рассмотрим приемы резки круглого металла. Предположим, необходимо отрезать от стального прутка диаметром 40 мм заготовку длиной 100 мм. Эту работу выполняют в следующей последовательности.

1. Отмечают чертилкой на прутке требуемую длину, которую обозначают риской.

2. Зажимают горизонтально пруток в тисках, выпустив отрезаемый конец в сторону от губок тисков настолько, чтобы при работе ножовка своими головками не задевала боковой части тисков. Если плоскость резания слишком удалена от губок тисков, пруток при резке будет дрожать, затрудняя резание. Пруток необходимо закреплять в тисках надежно.

3. Трехгранным напильником делают по риске небольшой пропил, для того чтобы ножовочное полотно при резании не скользило по поверхности прутка.

4. Берут в руки ножовку и, встав в правильную рабочую позицию перед тисками, вводят ножовочное полотно зубьями в пропил и начинают резку.

5. Продолжают работу, нажимая на ножовочное полотно только при движении вперед. В начале резки нажим на полотно должен быть меньше, а по мере приближения полотна к центру прутка нажим усиливают. Если ножовку уводит в сторону, поворачивают пруток и начинают резать со стороны, противоположной сделанному пропилу. Когда резка подходит к концу, поддерживают рукой отрезаемый кусок, чтобы он не обломился.

Не перерезанную до конца заготовку отламывать не следует, так как при этом может отколоться часть металла – заготовка пойдет в брак.

Предположим далее, что от стального прутка диаметром 60 мм нужно отрезать шесть заготовок длиной 120 мм. В этом случае необходимо поступить следующим образом.

1. Разметить на прутке шесть отрезков, каждый длиной 120 мм и добавить припуск по 3 мм на каждый пропил.

2. Отрезать пруток, по длине равный сумме длин всех шести заготовок.

3. Разрезать пруток на отдельные заготовки, для чего выполнить следующее: Зажать пруток в тиски в горизонтальном положении меткой кверху, притом так, чтобы метка достаточно выступала за край тисков. Сделать на месте реза трехгранным напильником пропил, поставить в него ножовочное полотно и начать резку.

4. Повторить все приемы до тех пор, пока не будут отрезаны все шесть заготовок.

Каждый раз в конце резки необходимо поддерживать рукой отрезаемый кусок.

Если при разрезании заготовки не требуется получить чистые торцы, допускается ради экономии времени надрезать металл с нескольких сторон, не доходя до середины, и затем отломать заготовку, рис. 3.142, *а*, *б*. Нельзя ломать заготовку с односторонним надрезом: линия разлома в этом случае обязательно отклонится в сторону от линии реза, рис. 3.142, *в*. Надрезанные кругом тонкие стальные прутки ломают руками, зажимая прутки в тисках. Толстые прутки стали после надрезания ножовкой с двух противоположных сторон разламывают ударами кувалды через металлическую прокладку-брусок, как показано на рис. 3.142, *д*.

Полосовой металл, как правило, режут по узкой стороне полосы (рис. 3.143), так как в этом случае сила резания распределяется на меньшую площадь и, следовательно, резка про-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

текает значительно быстрее. Резать полосу по узкой стороне можно лишь при условии, что на длине реза с металлом соприкасается не менее 2,5 зубьев ножовочного полотна. При меньшей длине реза, т.е. меньшей толщины полосы, зубья ножовки будут ударять по ее ребру и в результате выломаются. Все это схематически показано на рис. 3.144.

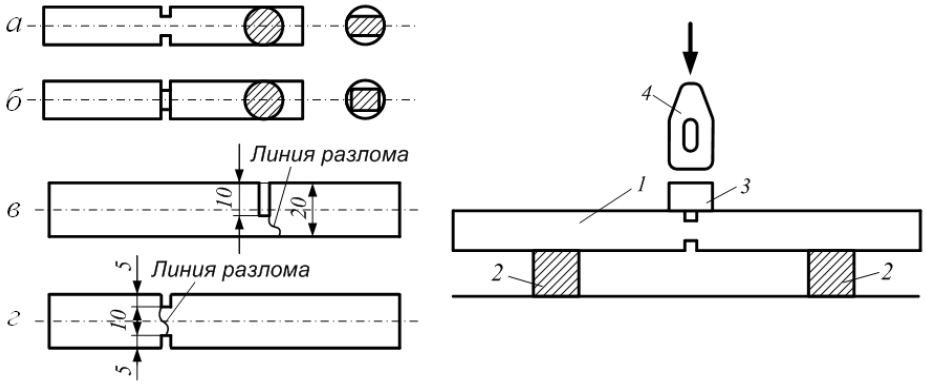


Рис. 3.142. Надрез и линия разлома: *а* – вид надреза сделанного с двух сторон; *б* – вид четырехстороннего надреза; *в* – линия разлома при надрезании заготовки с одной стороны; *г* - линия разлома при надрезании заготовки с двух сторон; *д* – разламывание толстого прутка ударами кувалды; *1* – пруток, *2* – подкладки, *3* – металлический брусок-прокладка, *4* – кувалда

При резании металлического бруска квадратного и прямоугольного сечения сначала размечают место резания, для чего отмеряют измерительной линейкой длину заготовки, наносят риску чертилкой. После этого, используя угольник с широким основанием, провести риски на верхней стороне и двух боковых сторонах. Брусок зажимают в тисках так, чтобы риска была расположена сверху.

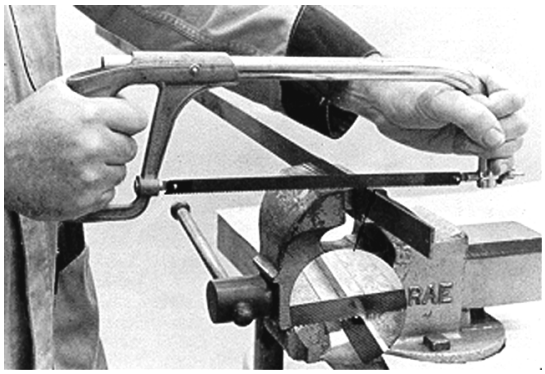


Рис. 3.143. Прием работы ножовкой

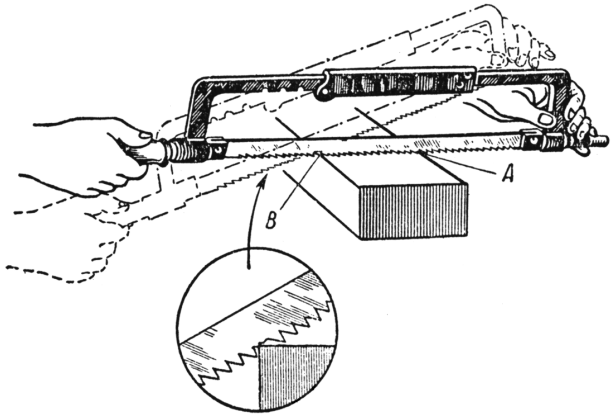


Рис. 3.144. Резка прямоугольного бруса (пунктиром показано неправильное положение начала реза, приводящее к поломке зубьев полотна)

Для сохранности зубьев полотна резание начинают с заднего ребра детали (см. точу *А* на рис. 3.144), немного наклонив ножовку от себя до образования начала пропила при слабом нажиме. Наклон постепенно уменьшают так, чтобы когда прорезаемый паз дойдет до передней кромки *В* полосы ножовочное полотно приняло горизонтальное положение. В таком положении усиливают нажим на ножовку и ведут резку до конца с использованием всей длины ножовочного полотна, при этом все время контролируя положение полотна и его направление по отношению к риске. Число движений ножовкой 30-35 в минуту. В конце резания нажим ослабляют.

На рис. 3.145 показано положение ножовочного полотна при распиловке металлопроката.

При резке полосы вдоль ее длины и при глубоких пропилах, а также при резке по кривой линии (рис. 3.146) рамке ножовки придают боковое положение. Для этого ножовочное

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

полотно переставляют в боковые прорези головок рамки или переставляют (поворачивают) головки рамки. При этом положении надо работать ножовкой очень осторожно, так как от перекоса рамки ножовочное полотно может треснуть и сломаться.

Длинную заготовку, предназначенную для резки, необходимо зажимать в тисках с боковой стороны, выдвинув отрезаемый конец таким образом, чтобы при вертикальном резании головка ножовки не задевала боковой поверхности тисков и не мешала движению рук. Кроме того, заготовка должна незначительно возвышаться над уровнем губок тисков, иначе во время резки заготовка будет вибрировать. По мере резания металла заготовку нужно переставлять выше для продолжения резания. При резании необходимо следить за направлением полотна, поддерживая плоскость ножовки в горизонтальном положении.

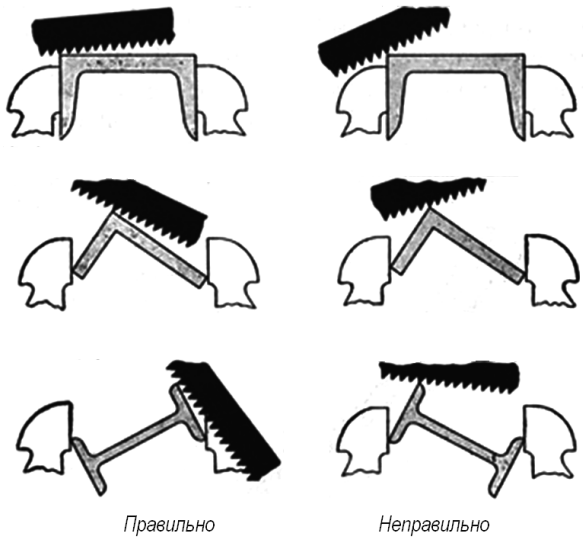


Рис. 3.145. Положение ножовочного полотна при распиловке металлопроката

По мере резания металла заготовку нужно переставлять выше для продолжения резания, уменьшая темп движений и силу нажатия на ножовку в конце резания. Размер отрезанной заготовки проверяют по разметочным рискам.

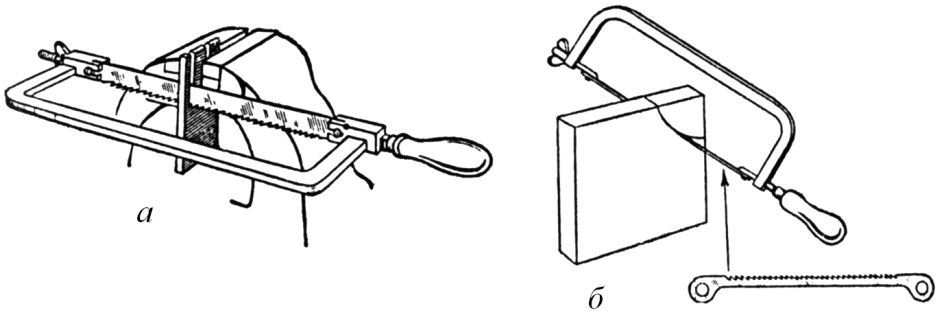


Рис. 3.146. Способы резки ножовкой с поворотом ножовочного полотна на 90°: *а* – резка длинных заготовок; *б* – резка криволинейных фигур узким ножовочным полотном

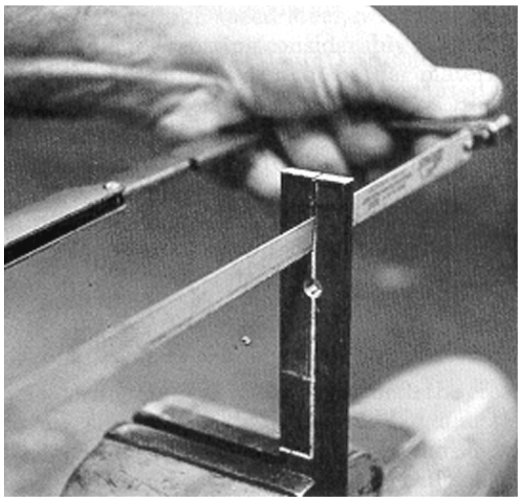


Рис. 3.147. Резка ножовкой по разметке с кернением

Резку металла по разметке производят точно по риске либо рядом с ней, оставляя запас (припуск) в 1 мм под обработку опиливанием, рис. 3.147.

Резка по разметке требует большого внимания. Риску проводят по обеим сторонам детали. Ножовочное полотно должно быть особенно хорошего качества – с острыми зубьями, туго натянутое. При резке не следует сильно нажимать на ножовку. Необходимо все время наблюдать за ее направлением, не давая ножовке отклонятся в сторону от рисок.

Перед резкой уголка его размечают на плоскостях полок. Одну из полок уголка зажимают в тиски, рис. 3.148. Уголок необходимо резать по узкой грани полки (для уголка с толстой полкой, при этом применяется полотно с мелким зубом), это требуется меньшей силы резания. Поэтому резание будет происходить значительно легче.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Прорезав первую полку до внутренней плоскости второй полки, уголок устанавливают в положение резания первой полки, продолжая резание до конца. В конце резания необходимо ослабить нажим на ножовку.

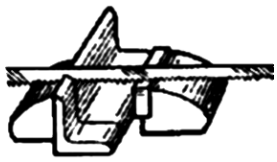


Рис. 3.148. Резка ножовкой уголка

Правильность среза проверяется линейкой, а угол 90° между торцом и боковыми гранями уголка – угольником.

Тонкие металлические листы можно пилить наклонно, тогда увеличивается длина пропила. Но удобнее всего тонкие листы и заготовки распиливать в деревянных оправках. Для этого их зажимают между деревянными прокладками по одному или по нескольку штук и разрезают их вместе с ними, рис. 3.149.

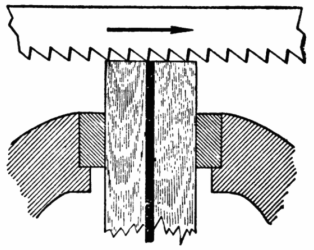
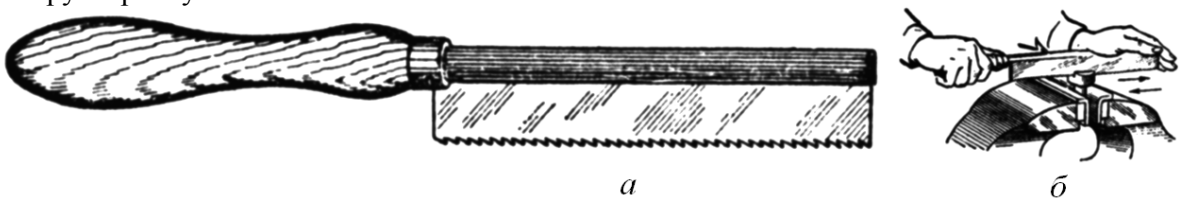


Рис. 3.149. Резка тонкого листового материала

Для прорезания шлицев (прорези в головках винтов под отвертку) в мелких винтах применяют особые ножовки с тонким полотном (рис. 3.150, *а*), изготовленным из специальной стали. В головках более крупных винтов шлицы прорезают обыкновенной ножовкой. Широкие шлицы прорезают ножовкой с двумя полотнами скрепленными вместе.

Для прорезания шлица винт зажимают в тисках между мягкими (свинцовыми, алюминиевыми, кожаными или картонными) губками (рис. 3.150, *б*), чтобы не испортить резьбу. Глубина шлица должна быть не меньше половины и не более двух третей высоты головки винта.

Для резки труб, прежде всего, подбирают ножовочное полотно с мелкими зубьями, затем заготовляют шаблон из тонкой жести в виде прямоугольной пластинки, изогнутой по трубе. После этого от конца трубы отмеряют требуемую длину заготовки и делают метку, затем подводят шаблон к метке и по краям шаблона чертилкой прочерчивают на окружности трубы риску.



а *б*

Рис. 3.150. Ножовка для прорезания шлицев в винтах (а) и прием работы (б)

Для разрезания трубу зажимают в тисках в горизонтальном положении. При этом надо следить за тем, чтобы не смять трубу. Тонкостенные и чисто обработанные трубы следует зажимать в тисках между специальными деревянными нагубниками, рис. 3.151.

При разрезании трубы нужно держать ножовку горизонтально, но по мере углубления ножовочного полотна в трубу слегка наклонять ее к себе. Каждый раз, когда ножовка начинает, как бы застревать в пропиле и резание затрудняется, ножовку вынимают из пропила, поворачивают трубу на 45-90° от себя и продолжают работу.

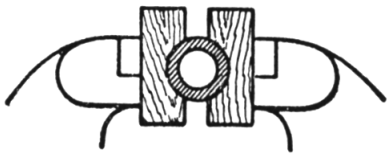


Рис. 3.151. Зажим трубы в тисках с помощью деревянных нагубников

Движение ножовкой при резке труб производится со скоростью 35-45 ходов в минуту при очень легком нажиме на полотно. Все время нужно следить за тем, чтобы ножовочное полотно не отклонялось в сторону от риски.

Резка ручными ножницами. В слесарном деле применяются как правые, так и левые ножницы. При резке листа левыми ножницами все время видна риска на разрезаемом металле, рис. 3.152. При работе правыми ножницами, чтобы видеть риску, приходится левой рукой отгибать отрезаемый металл, перекладывая ее через правую руку (рис. 3.153), что очень неудобно. Поэтому резка листового металла по прямой линии и по кривой (окружности и закругления) без резких поворотов производится левыми ножницами.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

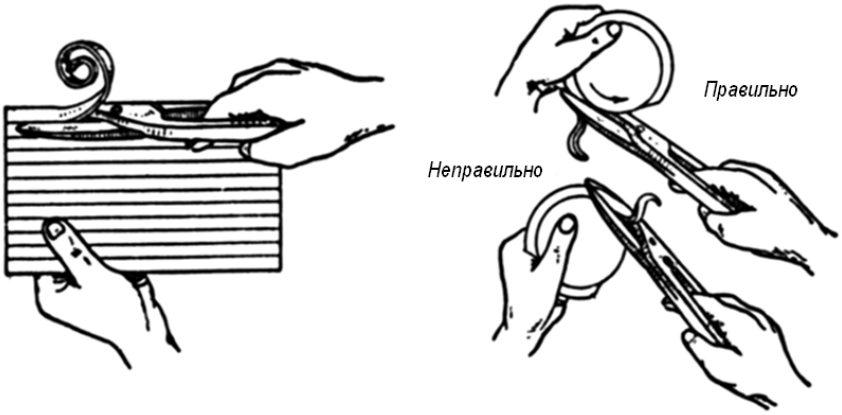


Рис. 3.152. Прием работы правыми ножницами

Кромки ножниц в шарнирном соединении должны плотно прилегать друг к другу и иметь легкий ход. При тугом ходе возникает большое трение, вызывающее излишние усилия в работе и быстрое изнашивание режущих кромок. При большом зазоре между режущими кромками разрезаемый материал будет мяться и заклиниваться.

Ручными ножницами можно резать листовую сталь толщиной до 0,7 мм, кровельное железо – толщиной до 1 мм, листы меди – толщиной до 1,5 мм.

При разрезании металла ножницы раскрывают не полностью, а лишь настолько, чтобы они могли захватить лист на размер не более 30 мм по прямой риске. Делать полное раскрытие режущих кромок не следует, так как они не режут, а выталкивают лист.

Ножницы держат в правой руке, охватывая рукоятки четырьмя пальцами и прижимая их к ладони. Мизинец помещают между рукоятками ножниц, рис. 3.154, *а*. Сжатые указательный, безымянный и средний пальцы разжимают, выпрямляют мизинец и его усилием отводят нижнюю рукоятку ножниц на необходимый угол. Левой рукой удерживая лист (рис. 3.155, *б*), подают его между режущими кромками. Направляя верхнее лезвие точно посередине разметочной линии, которая должна быть видна при резке. Затем сжимая рукоятку всеми пальцами правой руки (кроме мизинца), осуществляют резку

Рис. 3.153. Резка листового материала правыми ножницами

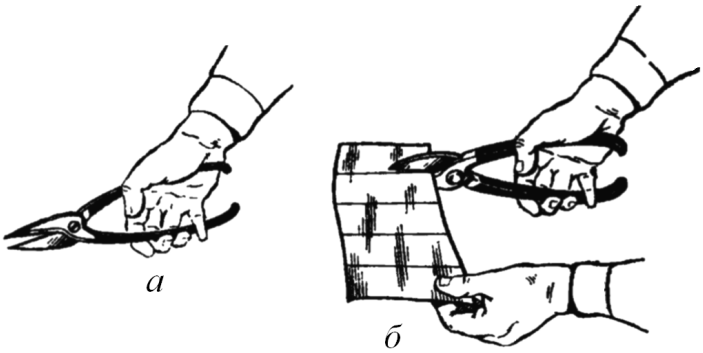


Рис. 3.154. Положение пальцев на рукоятках при резании ножницами (*а*), прием резки ножницами по прямым рискам (*б*)

При резке ножницами внешних криволинейных контуров лист поворачивают так, чтобы ножницы не закрывали линию реза. На рис. 3.155, *а* показано направление резки правыми, а на рис. 3.155, *б* – левыми ножницами. Пальцы левой руки, поддерживающие лист снизу, должны иметь такое положение, чтобы они не попали в зону резания.

Вырезание внутренних криволинейных контуров выполняют ножницами с узкими режущими кромками, рис. 3.156, *а-б*.

Находит применение и резка металла ручными ножницами с зажатием одной рукоятки в тисках, рис. 3.156, *в*. Этим приемом пользуются при прямолинейном резании металла большой толщины.

Качество резки определяется проверкой линии реза по рискам, отсутствию надрезов, вмятин и заусенцев.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

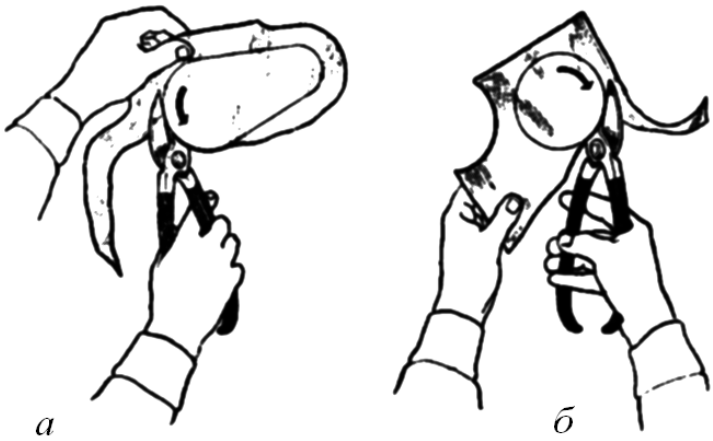


Рис. 3.155. Прием и направление резки по кривым внешним рискам правыми (*а*) и левыми (*б*) ножницами

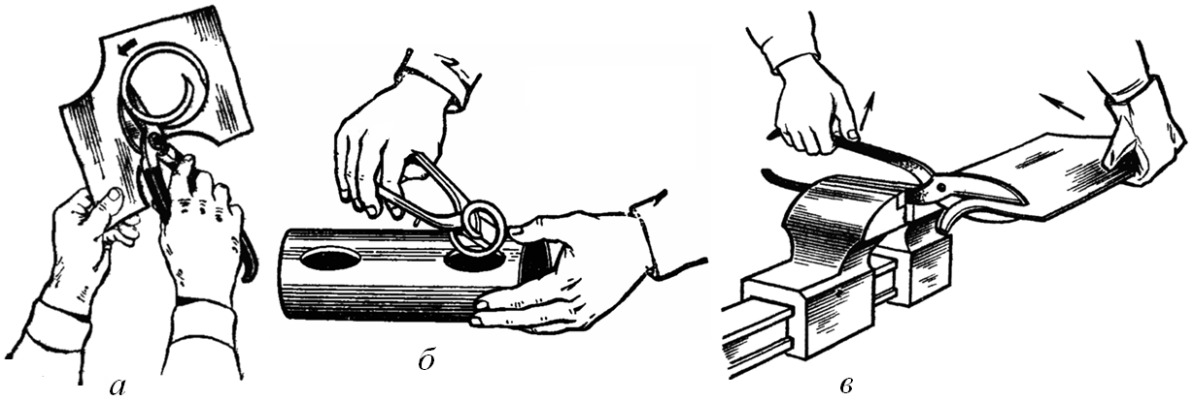


Рис. 3.156. Вырезание круглого отверстия (*а*); внутреннего криволинейного контура (*б*) и резка с зажатием ножниц в тисках (*в*)

Резка металла ручными рычажными ножницами. Ручные рычажные ножницы применяют для резки листовой стали толщиной до 4 мм, алюминия и латуни – до 6 мм. Перед работой проверяют качество смазывания трущихся частей, плавность хода рычага, отсутствие зазора между режущими кромками и плотное прилегание их друг к другу. Тугой ход ножей требует большого усилия в работе и вызывает преждевременное изнашивание режущих кромок. Большой зазор между режущими кромками ухудшает качество среза, лист мнется, ножи притупляются и ломаются.

При резке металла ручными рычажными ножницами (рис. 3.157) правой рукой охватывают рукоятку рычага и отводят ее в верхнее положение (верхний нож поднимается). Затем лист укладывают на режущую кромку так, чтобы левая рука удерживала его в горизонтальном положении, а линия резания находилась в поле зрения и совпадала с лезвием верхнего ножа. Рычаг с ножом опускают вниз до тех пор, пока часть металла не будет прорезана, затем рычаг поднимают. Левой рукой приподнимают лист, подвигают его по риске вдоль режущей кромки верхнего ножа и повторяют прием резания.

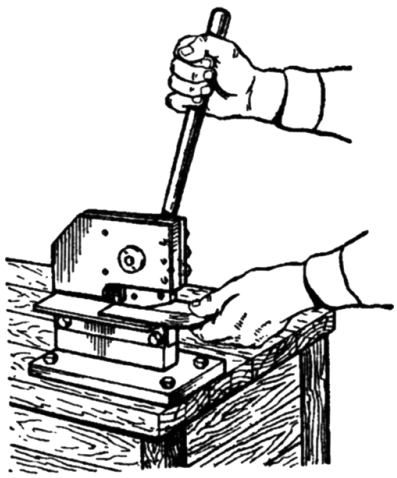


Рис. 3.157. Резка листа ручными рычажными ножницами

Качество резания характеризуется отсутствием вмятин и точностью резания по рискам.

Резка металла ручными гильотиновыми ножницами. Ручными гильотиновыми ножницами (рис. 3.158, *а*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

разрезают листы, полосы и ленты на заготовки любой длины. Ножницы снабжены регулируемым упором *10*, позволяющим отрезать полосы или ленты одинаковой ширины. На этих ножницах разрезают листовой материал с пределом прочности до 450-500 МПа, толщиной до 1,5-2,5 мм.

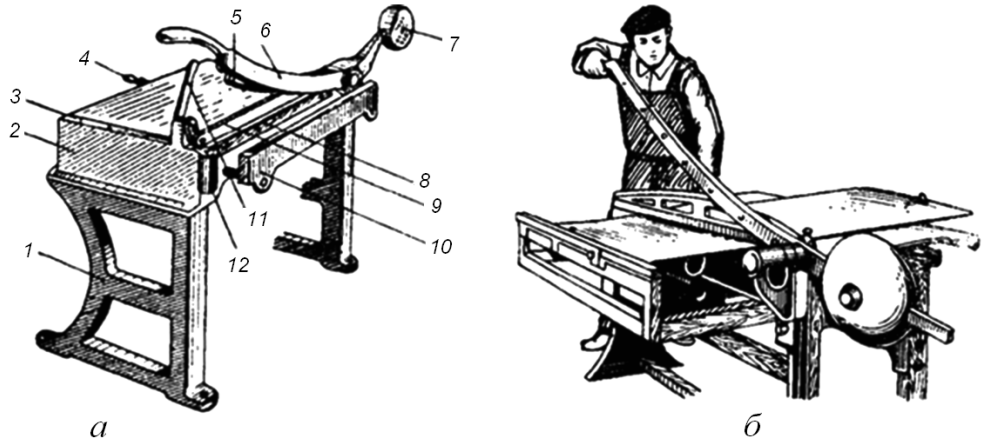


Рис. 3.158. Рычажные ножницы: *а* – устройство, *б* – прием работы; *1* – станина, *2* – стол, *3* – упорная линейка, *4* – рукоятка для перестановки упора, *5* – верхний держатель ножа, *7* – противовес, *8* – нижний нож, *9* – прижимная планка, *10* – упор, *11* – рукоятка планки, *12* – пружинный упор

Рычажные гильотиновые ножницы по устройству очень просты, но при работе на них надо быть осторожным, иначе возможны случаи травмирования пальцев рук. Станина *1* и стол *2* ножниц чугунные. Нижний неподвижный нож *8* встроен в стол ножниц. Верхний подвижный нож *5*, закрепленный в ножедержателе *6*, имеет кривую режущую кромку, кривизна которой подобрана так, чтобы во время работы ножниц угол между лезвием и разрезаемым листом не изменялся. Верхний подвижный нож снабжен противовесом *7*.

Выдерживание заданных размеров отрезаемых заготовок при работе на гильотиновых ножницах обеспечивается двумя способами: установкой на определенный размер регулируемого упора *10* и предварительной разметкой разрезаемых листов. Для резки листа по упору этот упор сначала устанавливают на требуемое расстояние от режущей кромки нижнего неподвижного ножа, закрепленного в столе ножниц. Лист в процессе резки плотно прижимают боковой кромкой к упорной линейке *3*, а другой кромкой – к упору. Затем поворотом рукоятки *11* от себя лист плотно прижимают сверху прижимной планкой *9* и при опускании ножедержателя с верхним ножом разрезают на заготовки, рис. 3.158, *б*. Ножедержатель при опускании вниз упирается в пружинный упор *12*.

Когда требуется отрезать заготовку по разметке, упор отодвигают, чтобы он не мешал при работе. Лист для резки устанавливают так, чтобы риски разметки находились точно под режущей кромкой ножа, после чего лист прижимают планкой. После закрепления листа его разрезают.

В процессе работы на ножницах следят за тем, чтобы зазор между ножами не увеличивался, так как при большом зазоре кромки на заготовке получаются с заусенцами.

Во время работы не разрешается снимать противовес *7* с ножниц. Противовес служит для предохранения от самоопускания ножедержателя с верхним ножом, а также для обеспечения равномерности нажима на разрезаемый лист.

Резка труб труборезом. Для разрезания труб, кроме ножовки, применяют еще и труборезы (рис. 3.159), у которых режущим инструментом являются стальные диски.

Трубу *4* для резки зажимают в прижиме *2* вращением винтовой рукоятки между угловой выемкой основания и сухарем с уступами, рис, 3.160. Затем на конец зажатой трубы в прижиме *2* надевают труборез. Вращая рукоятку *1* трубореза вокруг своей оси, подводят подвижный ролик трубореза до соприкосновения со стенкой трубы. Для отрезания трубы необходимо зажать со средним усилием от руки трубу между ножом и роликами, так чтобы

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

образовался след глубиной 0,1-0,2 мм, а затем сделать полный оборот трубореза вокруг трубы, следя за тем, чтобы конец следа от ножа совпал с его началом. Далее проверяют линию реза, если она одинарная и замкнутая, следовательно, ролики установлены правильно.

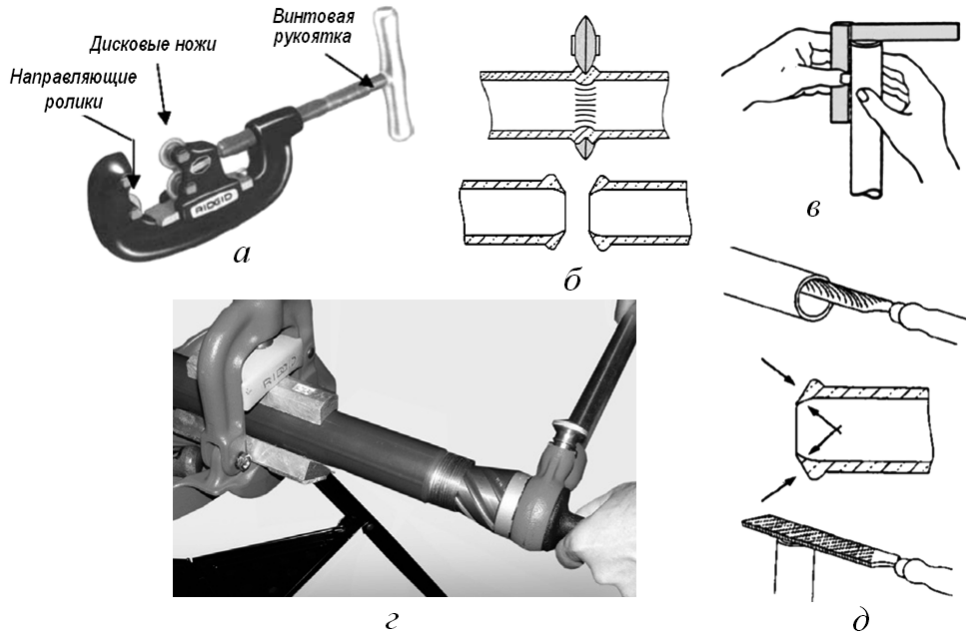


Рис. 3.159. Труборез (*а*); образвание заусенца режущим диском (*б*); проверка угольником перпендикулярности реза (*в*); прием работы по снятию заусенца с применением ручной конической фрезы (*г*); снятие внутреннего заусенца напильником (*д*)

Примечание: из-за чрезмерного усилия зажима при первом обороте возможно образование следа от ножа в виде винтовой линии. Во избежание поломки ножа в этом случае рекомендуется начать новый рез чуть в стороне, а не исправлять получившуюся винтовую линию за счет приложения дополнительных осевых усилий.

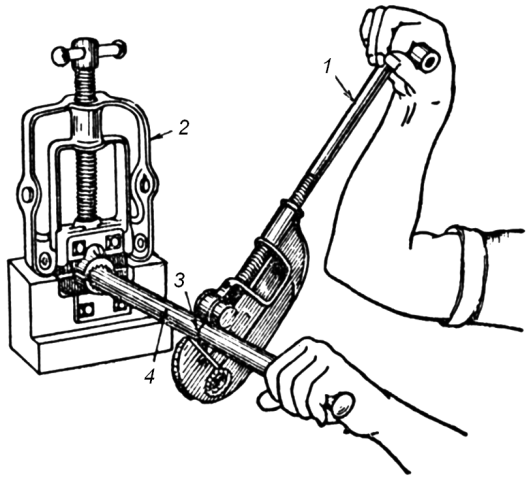


Рис. 3.160. Резка труборезом: *1* – ручка трубореза; *2* – трубный прижим; *3* – место резания; *4* – труба

Рис. 3.161. Типоисполнения ручных конических разверток для снятия внутреннего заусенца трубы

Резание осуществляют следующим образом. У установленного на трубе трубореза повертывают рукоятку на $^{1}/_{4}$ оборота, поджимая подвижный ролик к поверхности трубы так, чтобы линия разметки совпала с острыми гранями роликов. Смазывают место реза маслом для охлаждения режущих кромок роликов. Затем, постепенно увеличивая с помощью ручки *1* врезание ножа в трубу, вращать труборез вокруг трубы до полного отрезания (примерно 12-15 оборотов для трубы ¾") Длину отрезанных труб проверяют линейкой, а плоскость среза по отношению к наружной стенке – угольником, рис. 3.159, *в*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Во время работы нельзя наклонять рукоятку трубореза в стороны. Если все же получится некоторый перекос, не следует пытаться выправить труборез – это приведет только к порче дисков. Перекошенный обрез трубы выравнивают, опиливая напильником.

В процессе резки трубы труборезом, на месте реза, образуется как внутренний, так и наружный заусенец, рис. 3 159, *б*. Внутренний заусенец, уменьшающий условный проход трубы, удаляют с образованием небольшой внутренней фаски с помощью ручной конической развертки (рис. 3.160, *г*) или напильником, рис. 3.159, *д*. Наружный заусенец, при необходимости, удаляют с помощью наждака или протачивают на токарном станке. Ручные конические развертки выпускаются трех типоисполнений, рис. 3.161.

Трубу при резке можно зажимать в тисках, имеющих рифленые сухари. Тонкостенные и медные трубы малого диаметра режут небольшим труборезом с одним роликом, рис. 3.162.

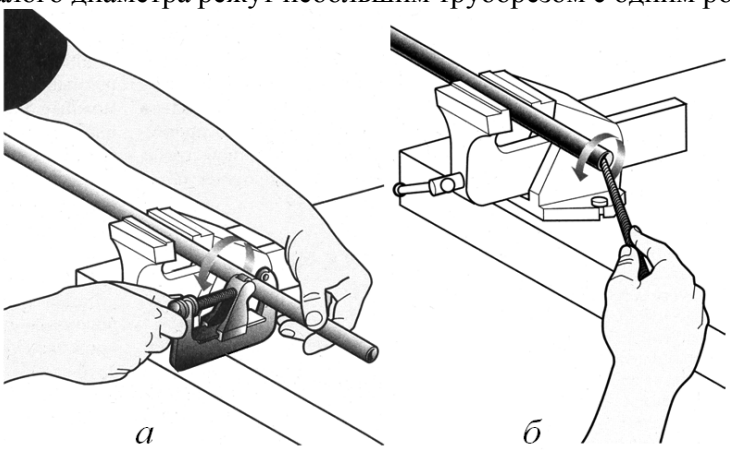


Рис. 3.162. Резка медной трубки малым труборезом (*а*) и удаление внутреннего заусенца надфилем или небольшим круглым напильником (*б*)

3.3.4 Механическая резка металла

Резка металла на отрезном ножовочном станке. В качестве примера рассмотрим резку металла на ножовочном станке модели 872А, имеющем электрический и гидравлический приводы, рис. 3.163. Пуск и остановка электродвигателя осуществляется кнопками «Пуск» и «Стоп». При нажатии кнопки «Пуск» включается электродвигатель привода и электронасос, подающий охлаждающую жидкость. От электродвигателя приводится в действие кривошипно-шатунный механизм, передающий возвратно-поступательное движение пильной раме, и включается в работу масляный насос гидропривода.

Гидропривод управляется поворотом специальной рукоятки крана. При первом положении рукоятки крана «Бездействие» пильная рама получает возвратно-поступательное движение. При втором положении «Спуск» рукав с пильной рамой плавно опускается вниз. При третьем положении «Подъем» рукав с пильной рамой плавно подымается. При четвертом положении «Медленное действие» регулируется минимальная подача врезания ножовочного полотна в металл при рабочем ходе. При обратном ходе ножовочного полотна оно немного приподымается над разрезаемым материалом. При пятом положении «Быстрое действие» регулируется наибольшая подача врезания ножовочного полотна в металл.

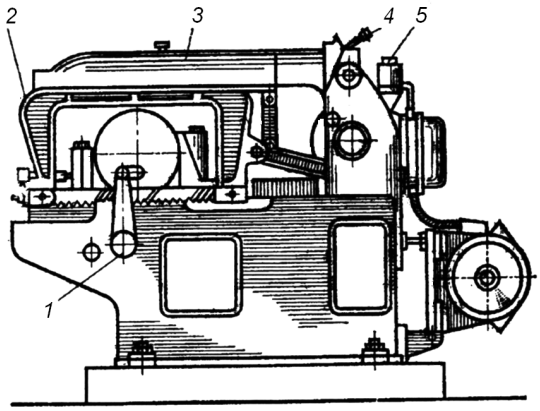


Рис. 3.163. Приводной ножовочный станок 872А: *1* – упор; *2* – пильная рама; *3* – рукав; *4* – выключатель; *5* – кнопки «Пуск» и «Стоп»

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Ножовка имеет настройку на определенное число двойных ходов пильной рамы. Для резки твердых металлов ножовочному полотну дают 85 двойных ходов в минуту, а для резки мягких металлов – 110 двойных ходов в минуту.

Обычно в комплект станка входят двои тиски. Тиски с V-образными губками предназначены для закрепления заготовок круглого сечения диаметром 18-120 мм, рис. 3.164, *а*. Тиски с плоскими губками (рис. 3.164, *б*) служат для закрепления заготовок с сечениями большой площади (шириной 40-250 мм). Эти тиски являются поворотными и служат для закрепления разрезаемого материала под углом до 45° или нескольких заготовок меньшего диаметра, сложенных вместе, рис. 3.164, *в*. На рис. 3.165 показано закрепление профильного и круглого металла в зажимном устройстве зарубежных отрезных ножовочных станков.

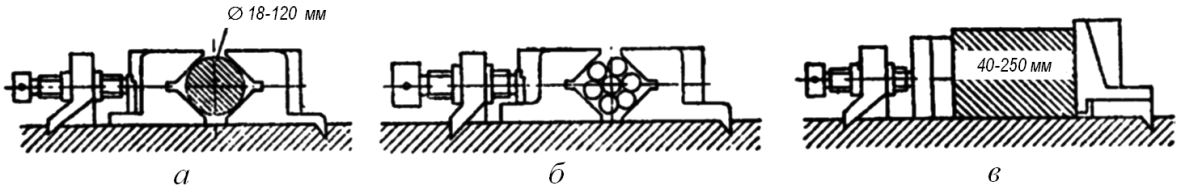


Рис. 3.164. Тиски с V-образными губками для закрепления заготовок круглого сечения (*а*); одновременное закрепление нескольких заготовок круглого сечения (*б*); с плоскими губками для закрепления больших сечений (*в*)

Прежде чем приступить к работе на ножовочном станке, необходимо ознакомиться с правилами ухода за станком, с безопасными приемами работы и правильной организацией рабочего места.

При подготовке станка к работе необходимо.

1. Проверить (внешним осмотром) исправность частей и узлов станка и их чистоту;

2. Проверить наличие смазочного материала и в случае необходимости пополнить масленки маслом и смазать зубья зубчатого колеса привода.

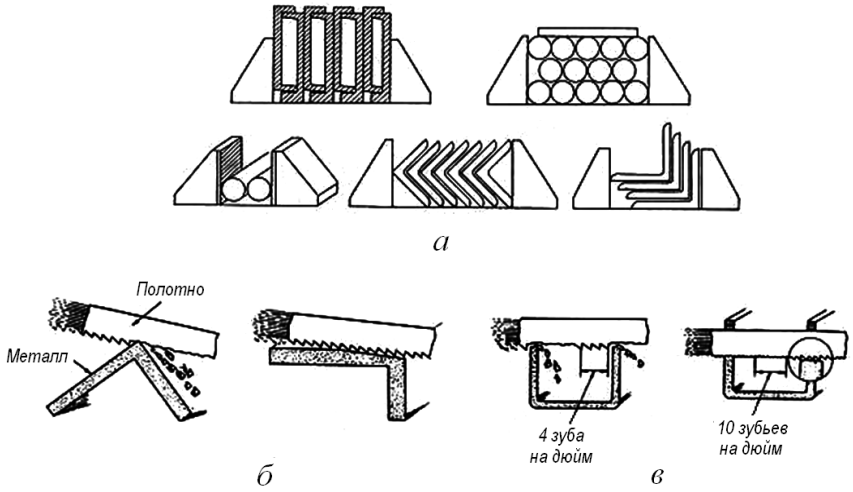


Рис. 3.165. Способы закрепления металла в зажимном устройстве приводного ножовочного станка (*а*), положение профильного металла по отношению к ножовочному полотну (*б*) и подбор полотна при распиливании профильного металла

3. Настроить станок на требуемое число двойных ходов пильной рамы путем перестановки клиноременной передачи на ведущем и ведомом шкивах электропривода. При передаче движения с меньшей ступени ведущего шкива на большую ведомого шкива получим 85 двойных ходов в минуту, а при установке ремня с большей ступени ведущего шкива на меньшую ступень ведомого – 110 двойных ходов в минуту.

4. Установить рукоятку крана гидропривода в положение «Бездействие», нажать кнопку «Пуск» и запустить станок на непродолжительное время вхолостую в целях удаления воздуха, находящегося в цилиндрах и каналах гидропривода. Воздух выпускается через пробку, установленную в масляном резервуаре.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

5. Проверить подачу охлаждающей жидкости через сливную трубку при открытом кранике.

6. Переключая поочередно гидропривод в положения: «Подъем», «Спуск», «Медленное действие» и «Быстрое действие», проверяют нормальную работу гидропривода при работающем электродвигателе. Электродвигатель выключают, оставив пильную раму в верхнем положении.

7. Ножовочное полотно устанавливают одним концом на штифт *3* неподвижно укрепленной планки *4* пильной рамы (рис. 3.166) так, чтобы зубья полотна были направлены в сторону рабочего хода. Другой конец полотна надевают на штифт 2 подвижной планки *1*, затем оба конца ножовочного полотна прижимают специальными накладными планками *6* и *8* с помощью винтов *5* и *7* к пильной раме. Полотно натягивают, завинчивая гайку *9* с некоторым усилием. Слабо натянутое полотно сделает неправильный разрез и при резке может сломаться.

8. Тиски устанавливают на станке с таким расчетом, чтобы ось разрезаемой заготовки проходила по середине хода пильной рамы. При установке заготовки и закреплении ее в тисках необходимо следить, чтобы она лежала горизонтально и под прямым углом к ножовочному полотну, а линии разметки совпадали с режущей кромкой ножовочного полотна.

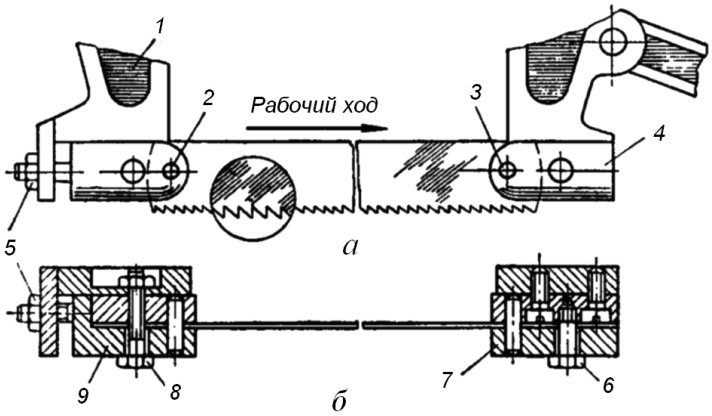


Рис. 3.166. Установка и закрепление ножовочного полотна в пильной раме

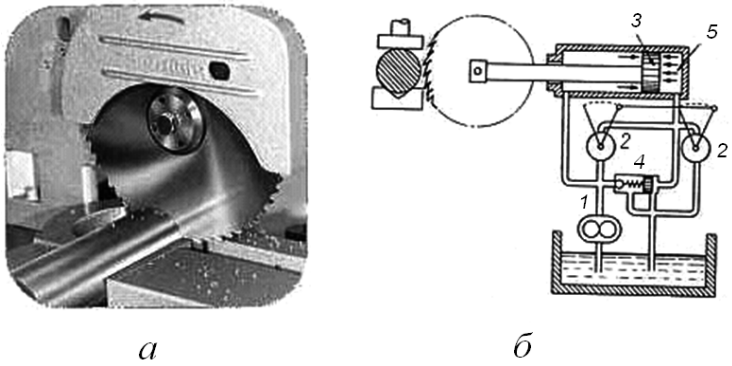
Если требуется разрезать заготовку под углом, то сначала под заданным углом устанавливают тиски, затем укладывают и надежно закрепляют в них заготовку. После выполнения всех подготовительных работ приступают к резке металла на станке, при этом рукоятку крана гидропривода устанавливают в положение «Спуск» и включают электродвигатель. После того как ножовочное полотно опустится к разрезаемой заготовке, рукоятку крана переводят в положение «Медленное действие» для предварительного врезания. Затем эту же рукоятку перемещают по направлению к положению «Быстрое действие», устанавливают желаемую подачу резания.

Дальнейшая работа станка происходит автоматически до окончания разрезания заготовки. По окончании резки пильная рама автоматически переключает рукоятку крана в положение «Подъем». Подъем пильной рамы происходит до определенной высоты, выключатель, расположенный на рукаве, нажимает на кнопку «Стоп» и выключает электродвигатель.

Резка металла на отрезном станке с дисковой пилой. Автоматические отрезные станки с дисковой пилой являются незаменимыми в технологическом цикле для мелкосерийной и серийной резки труб (диаметром до 125 мм) и профиля (круглый, прямоугольный, овальный и т.п.) в размер, с высокой точностью и качеством. В отличие от любого другого популярного способа резки, дисковая пила отрезает трубу или профиль чисто и быстро, что для многих задач очень актуально, так как в дальнейшем не требуется производить лишнюю операцию по чистовой обработке торцов отрезанной детали.

Отрезные станки с дисковой пилой выпускаются двух модификаций – с вертикальным и горизонтальным перемещением пилы. На рис. 3.167 приведена схема работы станка, а на рис. 3.168 способы закрепления металла в зажимном устройстве станка с горизонтальным перемещением пилы.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU



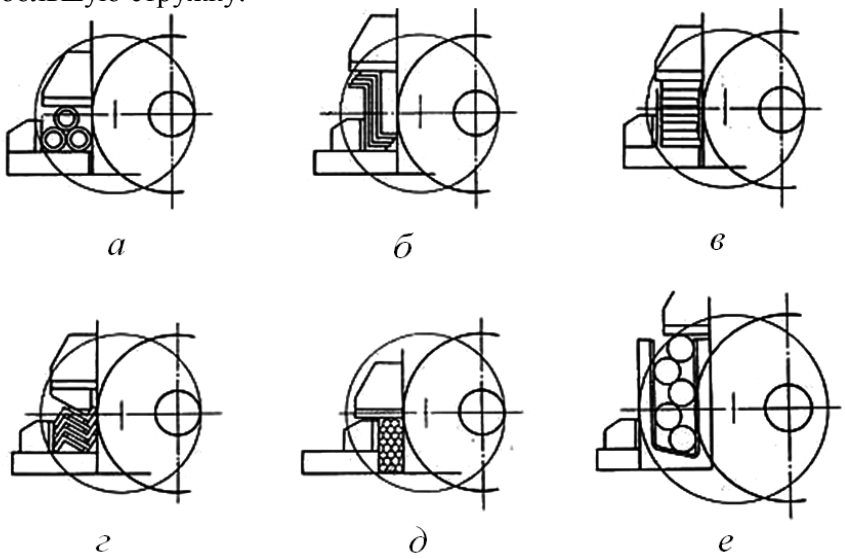
а *б*

Рис. 3.167. Дисковая пила (*а*) и схема работы (*б*) отрезного станка с дисковой пилой: *1* – масляный насос; *2* – переключатель; *3* – поршень; *4* – редукционный клапан; *5* – масло

Пильный диск отрезного станка должен соответствовать обрабатываемому материалу, табл. 3.9:

- мелкий шаг зубьев – для тонкостенных заготовок (трубы, профиль);
- крупный шаг зубьев – для сплошных заготовок и для мягких материалов (алюминий).

Для резки сплошных заготовок большого сечения необходим крупный шаг зубьев, так легче снимать большую стружку.



а *б* *в* *г* *д* *е*

Рис. 3.168. Способы закрепления металла в зажимных тисках: *а* – труб; *б* – Z-образного профиля; *в* – полосового металла; *г* – уголка; *д* – пруткового металла; *е* – кругляка

Резка металла ленточнопильными станками. Технология ленточного пиления является одной из самых универсальных, экономически эффективных и доступных для применения в машиностроении. Основа технологического процесса – ленточнопильные станки и биметаллические пилы. Все станки и пилы имеют одинаковый принцип работы и отличаются друг от друга только конструктивными решениями, которые служат единственной цели – достижение минимальной стоимости реза.

Однако возникает дилемма: чем совершеннее (дороже) станок и пила, тем дешевле рез. И наоборот. Упрощение конструктивных элементов (удешевление) ведет к повышению расхода пил, износу станка, и как следствие, повышению затрат на один рез.

Ленточнопильные станки обеспечивают качественную резку труб, проката, профилей и прочих материалов. Особенности конструкции ленточнопильных станков позволяют снизить расход электроэнергии и свести к минимуму потери металла, благодаря ленточным пилам, дающим минимальную ширину пропила. Таким образом, данный тип оборудования успешно используется при проведении работ, связанных с резкой дорогостоящих металлов и сплавов, а также тонкостенных деталей.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.9 **Выбор пильного диска**

Труба, металлопрофиль		Металл круглого и квадратного сечения	
Толщина стенки, мм	Шаг зуба, мм	Диаметр, сторона квадрата, мм	Шаг зуба, мм
1-2	3-6	10-20	8
2-4	6-8	20-40	10
4-6	8	40-80	12

Пильное полотно (рис. 3.169) является режущим инструментом ленточнопильного станка, от которого напрямую зависит точность и качество распила. Ключевую роль при выборе пильного полотна играет такой параметр как шаг зуба ленточный пилы. Определяется этот шаг как количество зубьев на один дюйм. При этом необходимо отметить, что шаг зубьев пилы может быть постоянным или переменным.

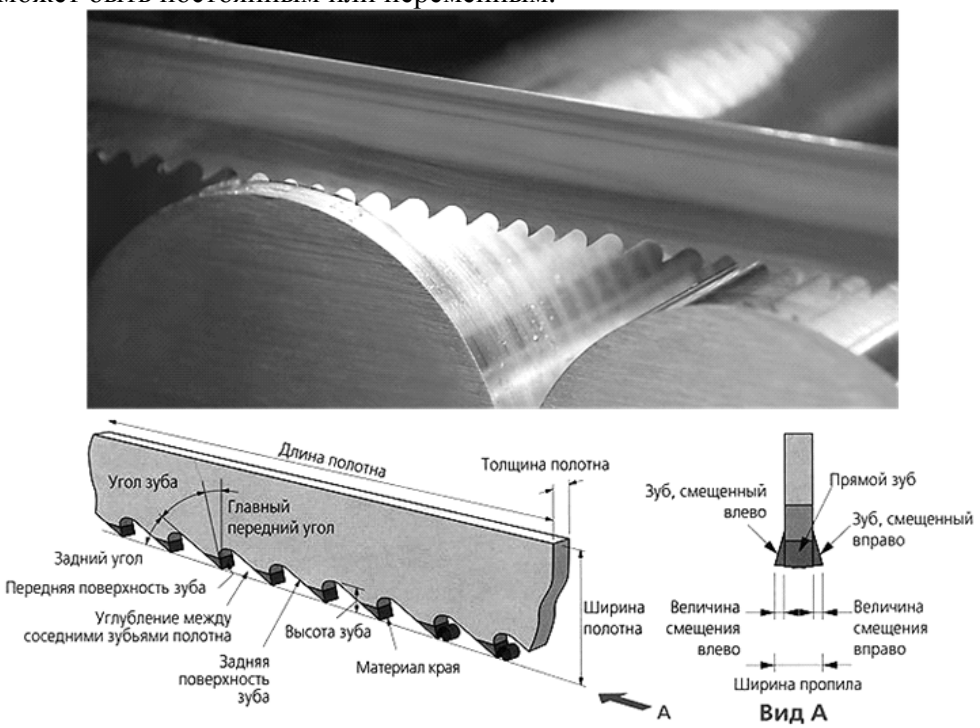


Рис. 3.169. Пильное полотно ленточной пилы

Современное пильное полотно с упрочненным зубом может иметь различную форму зуба:

- стандартная форма зубьев (рис. 3.170, *а*) используется для обработки самых разнообразных материалов, она подходит для резки в самом широком диапазоне – от конструкционной стали до сложно поддающихся резке материалов;
- специальный профиль, состоящий из зубьев разной высоты (рис. 3.170, *б*) снижает трение и сопротивление резке; оптимален для материалов с высоким механическим упрочнением, например, нержавеющей стали;
- зубья с протектором (рис. 3.170, *в*), «протектор» с тыльной стороны кончика зуба предотвращает излишнюю «врезку»; данная форма зуба обеспечивает высочайшую стойкость к выкрашиванию и оптимально подходит для резки гнутого профиля и конструкционной стали общего назначения;
- зубья с распределенной шириной пропила представляют собой комбинацию различной высоты зубьев и ширины их разводки; стружка получается более мелкой; поскольку все зубья действуют эффективно, сопротивление резке снижается и дости-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

гается стабильная резка сложных в обработке материалов; такое пильное полотно оптимально подходит для различных изделий – от инструментальной (среднего и большого диаметра) до нержавеющей стали.

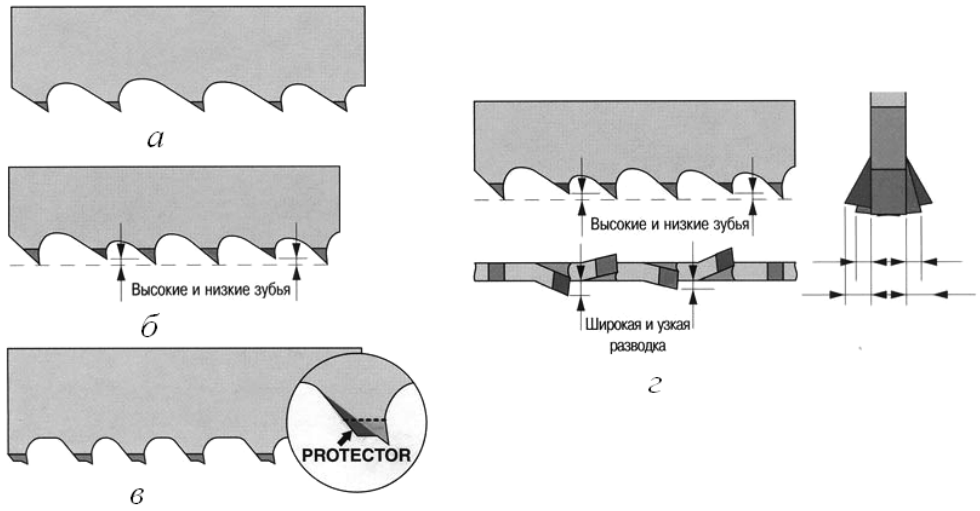


Рис. 3.170. Форма зубьев пильного полотна

Шаг зубьев пильного полотна определяется как количество режущих кромок зубьев на одном дюйме. Постоянный шаг пилы представляет собой ряд одинаковых по размеру зубьев, которые равноудалены друг от друга. Ленточные пилы с таким шагом необходимо использовать при резке заготовок, имеющих сплошное сечение.

Переменный шаг пилы характеризуется чередованием больших и маленьких зубьев, при котором на длину ленточного полотна в два дюйма приходится один дюйм с одним шагом, а второй – с другим. Такой шаг зуба позволяет добиться более широкого рабочего диапазона, в отличие от постоянного шага, а также снижают шум и вибрацию. Именно поэтому ленточное полотно с таким шагом зуба чаще всего используется для резки профильных материалов и блоков заготовок.

Выбирая шаг зуба пильного полотна необходимо также учитывать материал и профиль обрабатываемой заготовки. К примеру, для распиловки тонкостенных заготовок (трубы, листовой прокат и т.п.) рекомендуется использовать ленточное полотно с мелким шагом зуба, так как существует угроза сломать либо повредить зуб.

Крупные заготовки сплошного сечения рекомендуется резать ленточными пилами с крупным шагом зуба, так как чем меньше количество зубьев, тем больше режущая способность инструмента. Это можно объяснить тем, что режущая сила отдельного зуба возрастает, при распределении подачи на меньшее число зубьев.

Также пильное полотно с крупным шагом используется при распиловке мягких материалов (бронза, алюминий). Крупный шаг зуба не позволит стружке собираться и застревать между зубьями, что может привести к снижению качества обработки или вовсе повредить пильное ленточное полотно.

На рис. 3.171 приведены схемы укладки пакетов заготовок из металлопроката при резке ленточнопильным станком, а в табл. 3.10 и 3.11 выбор пильного полотна для ленточных пил и ленточнопильных станков.

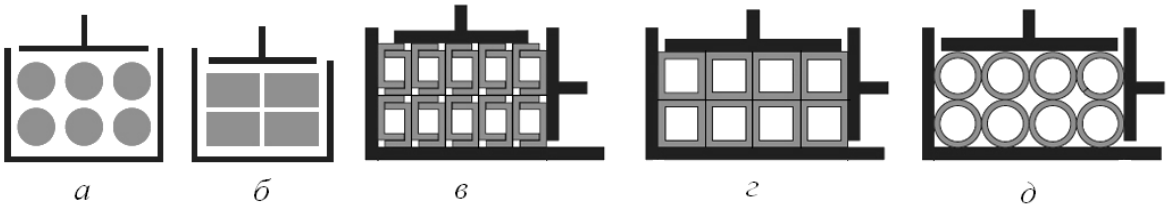


Рис. 3.171. Укладка пакетов заготовок для резки ленточной пилой: *а* – круглого сечения; *б* – бруса; *в* – швелера; *г* – квадратного профиля; *д* – труб

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.10 **Подбор шага зуба ленточнопильного полотна для цельных заготовок**

Углеродистые и биметрические ленточные пилы				Ленточные пилы с напайками	
Постоянный шаг зуба		Переменный шаг зуба		Переменный шаг зуба	
Сечение, мм	Шаг зуба	Сечение, мм	Шаг зуба	Сечение, мм	Шаг зуба
до 1	18	до 25	10/14	50-120	3/4
до 10	14	15-40	8/12	100-250	2/3
10-30	10	25-50	6/10	150-400	1,5/2
30-50	8	35-70	5/8	350-600	1,1/1,6
50-80	6	40-90	5/6	500 и более	0,85/1,15
80-120	4	50-120	4/6		
120-200	3	80-180	3/4		
200-400	2	130-350	2/3		
400-700	1,25	150-450	1,5/2		
700 и более	0,75	200-600	1,1/1,6		

Таблица 3.11 **Подбор шага зуба ленточного полотна для резки труб и профиля**

Толщина стенки, мм	Наружный диаметр, мм									
	20	40	60	80	100	120	150	200	300	500
2	14	10/14	10/14	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	8/12	5/8
3	14	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8
4	10/14	10/14	8/12	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	5/8	4/6S
5	10/14	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	4/6S	4/6S	4/6S
6	10/14	8/12	8/12	6/10	6/10	5/8	5/8	4/6S	4/6S	4/6S
8	10/14	8/12	8/12	6/10	5/8	5/8	4/6	4/6	4/6	4/6
10		8/12	6/10	5/8	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5
12		8/12	6/10	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/6/	4/5
15		8/12	6/10	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	4/5
20			4/6	4/6	4/6	4/6	4/6	4/5	4/5	3/4
30				4/6	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	2/3
50							4/5	3/4	2/3	2/3
80								3/4	2/3	2/3
более 100									2/3	1,5/2

Резка металла ручной ленточной пилой. Перед началом распиловки, убедитесь, что заготовка надежно зажата в тисках и риска, по которой производится рез, расположена вблизи губок тисков. В противном случае возможна сильная вибрация.

Выберите подходящее полотно (число зубьев на дюйм) для данного металла и установите его в ленточную пилу в соответствии с инструкцией завода изготовителя. Опробуйте работу инструмента на холостом ходу. Установите нужную скорость (для двухскоростных моделей и моделей с переменной скоростью).

Включите инструмент и дождитесь, пока режущая лента разгонится полностью. Медленно опускайте инструмент к месту резки. Осторожно установите ленточную пилу на заготовку, используя массу машины как давление при резке металла. Собственной массы ин-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

струмента или легкого давления вниз достаточно для проведения резки. Использовать дополнительное давление не допускается. Это может привести к замедлению движения полотна, к его изгибу, скручиванию и поломке. В конце резки ослабьте давление на инструмент и поднимайте очень плавно инструмент вверх, не допуская резких движений.

На рис. 3.172 приведены приемы резки металла ручной ленточной пилой.

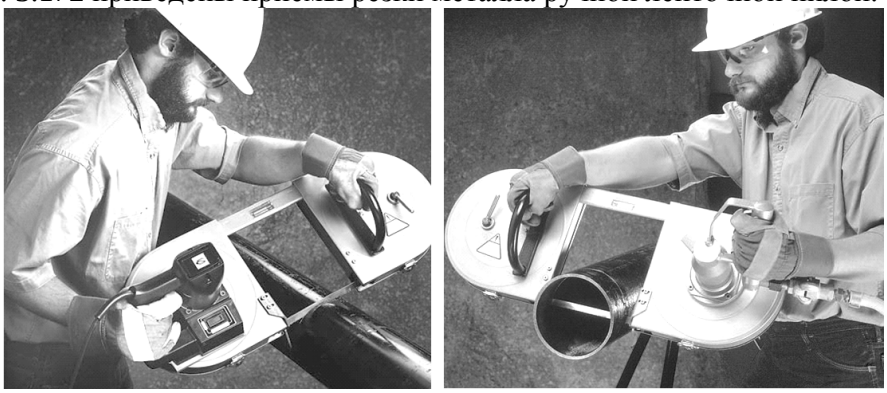


Рис. 3.172. Приемы резки металла ручной ленточной пилой

При резке ленточной пилой не допускается применение охлаждающей жидкости, это может привести к выходу из стоя подшипников и повреждению шкивов. Смазка и обслуживание ленточной пилы производится в соответствии с инструкцией завода изготовителя.

Резка металла электрической ножовкой. Ножовочное полотно электрической ножовки не имеет защитного кожуха (рис. 3.173), поэтому при работе необходимо проявлять особую осторожность и аккуратность.

Перед началом распиливания нужно проверить, воизбежание вибрации и поломки полотна, надежность закрепления изделия. Выбрать полотно с соответствующей величиной зубьев для данного металла и надежно закрепить его в зажиме держателя полотна. Проверить скорость. Включить ножовку и медленно опустить полотно на изделие.

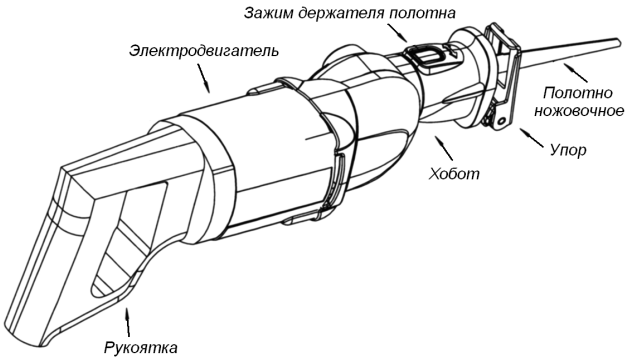


Рис. 3.173. Электрическая ножовка

При распиловке не допускать сильного нажима и перекосов – это может привести к поломке полотна.

На рис. 3.174 приведены приемы работы электрической ножовкой.

Резка листового материала ручными электроножницами. Прежде чем приступить к работе по резке металла, необходимо изучить и соблюдать «Типовую инструкцию по охране труда при работе с ручным электроинструментом» (РД 153-34.0-03.299/4-2001). Кроме того, необходимо проверить заточку ножей электроножниц – их режущая кромка должна быть острой без вмятин и отколов.

Заход ножей для ножниц должен составлять примерно 4 мм, рис. 3.175, *а*. Слишком большой заход ножей затрудняет резку по кривой, а при отсутствии захода ножницы перестают резать металл всей своей длиной, рис. 3.175, *б*. Заход ножей устанавливается с помощью регулировочных винтов. Зазор между ножами зависит от толщины разрезаемого материала.

Толщина разрезаемого материала, мм	0,5-0,8	1,0-1,3	1,6-2,0	2,0-2,7
Зазор между ножами, мм	0,03-0,048	0,06-0,08	0,10-0,13	0,18-0,20

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

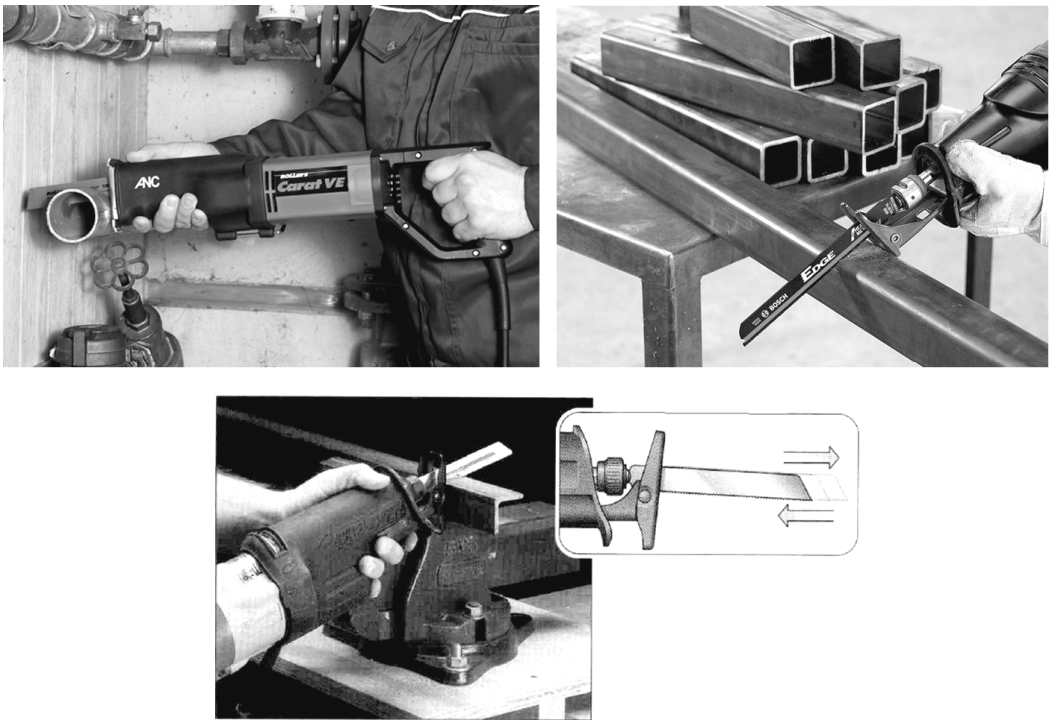


Рис. 3.174. Прием резки металла электрической ножовкой

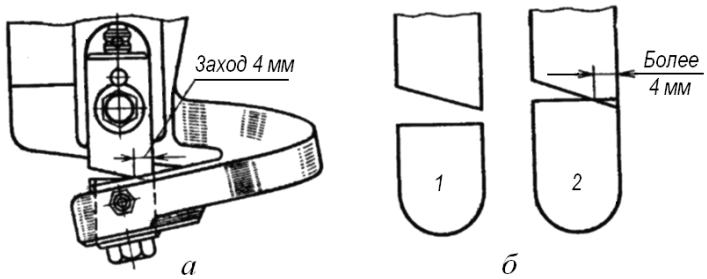


Рис. 3.175. Установка режущих ножей: *а* – правильная; *б* – неправильная; *1* – отсутствие захода, *2* – большой заход

Тугой ход ножей вызывает большую нагрузку на электродвигатель и преждевременное изнашивание режущих кромок. Большой зазор между режущими кромками ухудшает качество резания, разрезаемый материал в этом случае будет мяться и заклиниваться. Разрезаемый листовой материал должен быть очищен от грязи, а место резания рекомендуется смазать тонким слоем масла.

Во время работы электроножницы держат правой рукой, охватывая рукоятку всеми пальцами правой руки. Указательный палец помещают на рычаге выключателя, рис. 3.176. Левой рукой, удерживая лист, подают его между ножами, направляя его под режущую кромку верхнего ножа точно по риске (при резании риска должна быть видна). Включают ножницы и направляют их правой рукой по линии резания так, чтобы плоскости ножей имели некоторый наклон относительно плоскости разрезаемого металла.

При резке криволинейных контуров лист поворачивают левой рукой так, чтобы верхний нож делал рез строго по риске. Режущие кромки ножей необходимо периодически смазывать машинным маслом.

После окончания работы необходимо:

- отключить электроножницы от сети;
- протереть корпус и все части от пыли и грязи;
- покрыть ножи консистентной смазкой для предохранения от коррозии.

Хранить электроножницы нужно только в отапливаемом помещении.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Резка металла УШМ. Работа с УШМ сопряжена с искрами и осколками, неизбежными при резании материала, поэтому защита от них не будет лишней. Очень важно избежать попадания частиц металла и круга в глаза. Можно использовать очки, но более предпочтителен щиток: он меньше запотевает и, кроме того, прикрывает кожу лица и шеи, что тоже немаловажно, так как ожоги от искр неприятны.

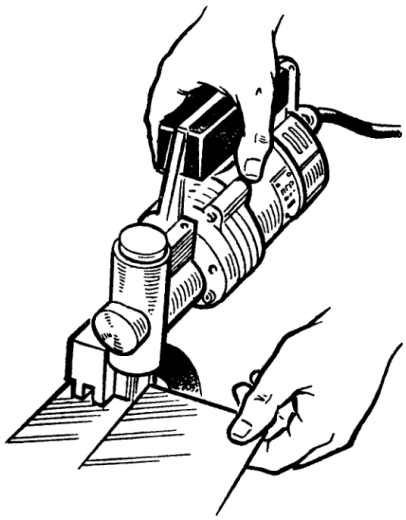


Рис. 3.176. Прием резки листового металла электроножницами

Респиратор обязателен при резке бетона или шифера и желателен при работе с металлом, особенно внутри помещений. Респиратор защитит от оседания мелких частиц обрабатываемого материала в легких Продукты износа круга и остатки металла довольно агрессивны. Длительная работа с плохой вентиляцией и без головного убора может вызвать осветление волос.

Беруши или наушники защитят от шума и избавят от настойчивого «вечернего звона», если работа с УШМ продолжалась долго. Работать при резке металла УШМ необходимо в перчатках и одежде, закрывающей все тело во избежание ожогов. При этом перчатки должны быть кожаными или замшевыми, рис. 3.177. Тканевые и трикотажные перчатки недопустимы, поскольку вращающиеся части машины могут намотать их на себя. В месте реза температура может быть очень высокой, любая отлетевшая частица обрабатываемого материала может причинить ожог. Лучшим материалом для рабочей одежды является хлопок.

Рис. 3.177. Прием работы с УШМ

При резке учитывают условия работы. Иногда полезно мысленно представить, что будет, если разрезать деталь. Тяжелые трубы или уголки, изначально напряженные или установленные вертикально, «закусят» диск.

Нельзя забывать о безопасности окружающих, нужно следить за тем, чтобы в плоскости вращения диска не было людей. Закончив работу, ждут пока круг сбавит скорость и лишь потом поднимают, переворачивают и кладут УШМ после полной остановки диска. Класть лучше на пол (не упадет), диском вверх (меньше вероятность повредить круг).

Откладывая инструмент в сторону, ждут полной остановки диска. Иначе поведение инструмента непредсказуемо – «прыгнул», зацепившись диском; под диск попал провод; слесарь наступил на инструмент и т.д.

Мощный поток искр представляет серьезную угрозу горючим материалам. Особенно легко загораются тряпки, одежда, мусор и т.д. Поток искр легко повреждает и негорючие предметы.

Лист шифера, асбеста, кусок, стеклоткани, и даже фанеры служат хорошим экраном для искр. Те, что срикошетили от преграды, уже не представляют такой опасности, как мощный направленный поток.

Шлифование отрезным кругом не допускается. При работе плоскостью тонкий диск может просто лопнуть. При работе торцевой частью неизбежны удары, приводящие к повреждению кромки: диск «сыпется», ускоренно изнашиваясь, вибрирует из-за выбоин на окружности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Необходимо следить за положением шнура электропитания, не накидывать его на руку, как это делается при работе, например, с дрелью или перфоратором.

По компоновке УШМ делятся на «двуручные» «одноручные». У последних второй рукояткой служит корпус, на котором и расположен выключатель. Теоретически это позволяет работать одной рукой, но делать этого не следует. Даже компактную УШМ нужно держать двумя руками; заготовка должна быть надежно зафиксирована.

Перед началом работы наводят порядок на рабочем месте, чтобы не было веревок, тряпок, которые могут намотаться на рабочие узлы УШМ или воспламениться от искр, убирают все лишнее. Также, нужно проследить, чтобы шнур питания не мешал самому работнику. Недопустимы свисающие части одежды.

При резке толстых труб, профилей и других пустотелых заготовок безопаснее работать без глубокого погружения диска. Работа с глубоким погружением диска опасна, поэтому не стоит прибегать к ней без крайней необходимости

Чрезмерное давление на инструмент и/или удары и закусывания приводят к тому, что круг «осыпается» – начинает изнашиваться неадекватно быстро. При правильной работе со слабым нажимом абразив служит долго, его кромка остается гладкой, при этом производительность не падает.

Иногда при резке металла диск резко заклинивает, и по инерции УШМ может довольно сильно отшвырнуть обрабатываемый предмет, или наоборот, попытаться выскочить из рук, с очевидными последствиями. Происходит это почти мгновенно, и надо всегда учитывать такую возможность – крепко держать машину, и заранее прикинуть возможное направление такого удара. Особенно это относится к маленьким УШМ в силу их небольшой массы и очень высокой частоты вращения диска.

При работе нельзя перегружать инструмент, сильно давить. Если оснастка режет, то достаточно умеренного нажима. Иначе неизбежен перегрев электродвигателя и вполне вероятно заклинивание диска. Необходимо следить, чтобы руки были далеко от вращающейся оснастки во избежание получения ранений.

Легкие и небольшие детали лучше зажимать в тисках: если просто придавить ногой, фиксация будет недостаточной, во время резки появится биение и вибрация. Вполне вероятен обратный удар, когда УШМ отбрасывает назад. Чтобы от него не пострадать, УШМ следует держать сбоку, а не впереди.

При выборе мощности УШМ утверждение о том, что «чем больше ватт, тем лучше» верно отчасти, так как когда приходиться резать большую заготовку не за один проход (например, разрезать толстую трубу), не целесообразно брать угловую шлифовальную машину с 230-миллиметровым диском и максимальной мощностью. поскольку чем меньше диаметр оснастки, тем она тоньше, следовательно, и сопротивление преодолевает меньшее. Так что УШМ с кругом, например, 180 мм справится с таким заданием быстрее, а работа потребует меньших усилий.

Контрольные вопросы

1. Как подготовить слесарную ножовку к работе?
2. В каких случаях производится резание металла слесарной ножовкой с полотном, повернутым на 90°?
3. Какие ножницы называются правыми и левыми, когда их применяют?
4. Как подготовить труборез к работе?
5. Как производится резка листового материала электроножницами?
6. Резка металла на приводном ножовочном станке?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

3.3 Рубка металла

3.3.1 Безопасность труда при рубке металла

Перед началом работы слесарь обязан внимательно осмотреть весь инструмент и приспособления. Инструмент, находящийся в работе, должен соответствовать и отвечать следующим требованиям.

- Молотки должны быть прочно насажены на рукоятки и расклинены в отверстие стальными клиньями с ершами. Рабочая поверхность молотка должна иметь гладкую, слегка выпуклую поверхность без трещин и отколов, а рукоятка – овальное сечение с равномерным утолщением к концу. Поверхность рукоятки должна быть чистой и гладкой, без сучков, трещин и отколов. Длина рукоятки для молотков массой 500-600 г должна быть 350-380 мм.
- Зубила и крейцмейсели не должны иметь трещин и отколов, ребра боковых сторон средней части должны быть закругленными и зачищенными, поверхность ударной части – гладкой и слегка выпуклой. Длина зубила или крейцмейселя должна быть такой, чтобы его ударная часть находилась на расстоянии 25 мм от большого пальца. Угол заострения зубила и крейцмейселя колеблется в пределах 45-60-75° в зависимости от твердости обрабатываемого металла. Режущая кромка зубила должна представлять собой прямую или слегка выпуклую линию с одинаковой шириной фасок.

При работе электроинструментом необходимо проверить:

- изоляцию шлангового провода, она не должна иметь повреждений;
- наличие контакта заземляющего провода с корпусом электроинструмента;
- наличие и исправность диэлектрических перчаток, диэлектрического коврика на рабочем месте.

При работе с пневмоинструментом необходимо проверить:

- исправность шлангов;
- плотность соединений шлангов и трубопроводов с пневмоинструментом и между собой;
- безотказность работы пускового устройства.

Во время работы слесарь обязан:

- при работе инструментом для рубки металла использовать защитные очки;
- при работе клиньями или зубилами с использованием кувалд и выколоток применять держатели длиной не менее 0,7 м, выколотки должны быть изготовлены из мягкого металла;
- обрабатываемую деталь закреплять в тисках прочно и надежно;
- срезаемый или срубываемый материал направлять в сторону от себя;
- при работе с листовым материалом использовать рукавицы;
- при обрубке деталей из твердого или крупногабаритного материала применять заградительные сетки (ширмы).

Работая электрическим и пневматическим ручным инструментом, а также с грузоподъемными механизмами и электроинструментом, необходимо выполнять требования инструкций по безопасной работе с этим инструментом.

При работе со слесарным инструментом запрещается:

- пользоваться трубой для удлинения рычага при зажиме детали в тисках;
- работать в тисках с заедающим червяком, а также со сработанной резьбой во втулке или на червяке;
- применять прокладки для устранения зазора между плоскостями губок ключей и головок болтов или гаек;
- пользоваться осветительными приборами для местного освещения напряжением свыше 36 В.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.3.2 Инструмент, применяемый для рубки металла

Общие сведения. У любого режущего инструмента (зубило, резец, ножовочное полотно, напильник и т.п.), как уже отмечалось основной режущей частью является клин. Простейшие инструменты, у которых клин особенно резко выражен – это зубило и резец (строгальный, токарный). Клин как основа всякого режущего инструмента должен быть прочным и правильным по форме – иметь переднюю и заднюю грани, режущую кромку и угол заострения клина.

Передней и задней гранями клина называются две образующие плоскости, пересекающиеся между собой под определенным углом. Грань, которая при работе обращена наружу и по которой сходит стружка, называется передней. Грань, обращенная к обрабатываемой детали – задняя.

Режущая кромка – это острое ребро инструмента, образуемое пересечением передней и задней граней. Поверхность, которая образуется на обрабатываемой детали непосредственно режущей кромкой инструмента, называется поверхностью резания.

Нормальные условия резания обеспечиваются благодаря наличию у режущего инструмента переднего и заднего углов. На рис. 3.178 показаны углы режущего инструмента.

Передний угол находится между передней гранью клина и плоскостью, перпендикулярной к поверхности резания, проведенной через режущую кромку клина. Обозначается это угол греческой буквой γ (гамма).

Задний угол – угол, образуемый задней гранью клина и поверхностью резания. Обозначается греческой буквой α (альфа).

Угол заострения – угол между передней и задней гранями клина. Обозначается греческой буквой β (бета).

Угол резания расположен между передней гранью клина и поверхностью резания. Обозначается греческой буквой δ (дельта).

$$\delta = \beta + \alpha .$$

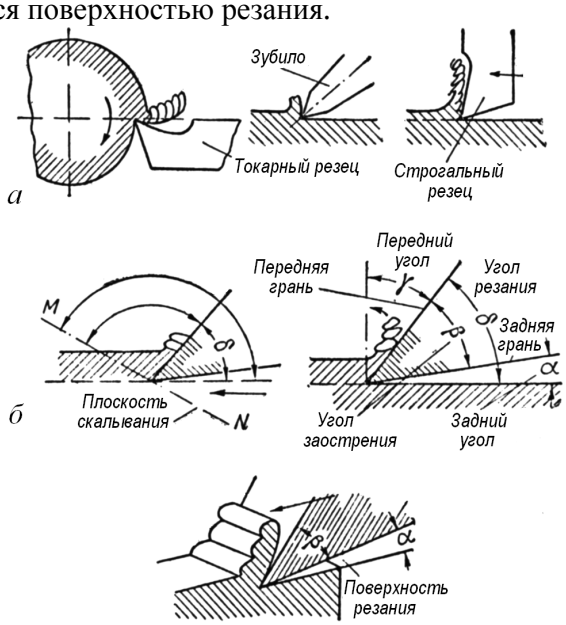


Рис. 3.178. Схемы резания (*а*) и углы режущего инструмента (*б*)

При работе режущего инструмента отделение слоя металла от остальной его массы с образованием стружки происходит следующим образом. Клинообразное стальное тело режущего инструмента под действием определенной силы давит на металл и, сминая его, сначала смещает, а затем скалывает частицы металла.. Ранее отколовшиеся частицы вытесняются новыми и перемещаются вверх по передней грани клина, образуя стружку.

Скалывание частиц стружки происходит по так называемой *плоскости скалывания MN*, расположенной под углом к передней грани клина. Угол между плоскостью скалывания и направлением движения инструмента называется *углом скалывания* Δ (дельта).

Рассмотрим действие клина при работе простого строгального резца, рис. 3.179. Предположим, что с заготовки *A* требуется снять определенный слой металла. Для этого устанавливают в станке резец так, чтобы он срезал металл до заданной глубины, и действием определенной силы *P* сообщают ему непрерывное движение по направлению, показанному стрелкой.

Резец из прямоугольного бруска, лишенный углов клина (рис. 3.180, *а*), не будет отделять стружку от металла. Он будет мять, и давить снимаемый слой, рвать и портить обрабатываемую поверхность. Ясно, что работать таким инструментом нельзя. На рис. 3.179, *б*

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

показан резец из такого же прямоугольного бруска, но с рабочей частью, заточенной в форме клина. Такой резец легко отделяет стружку от остальной массы металла, причем стружка свободно сходит по резцу, оставляя гладкую обработанную поверхность.

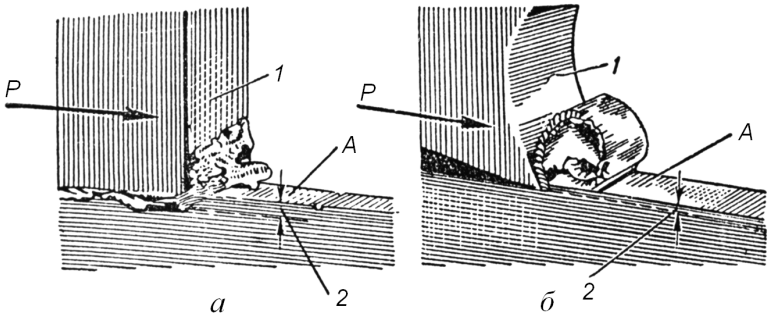


Рис. 3.179. Резец с различными углами резания: *A* – изделие; *P* – сила действующая при резании; *1* – резец; *2* – глубина снимаемого слоя

Зубило. Слесарное зубило является ударным режущим инструментом, применяемым при рубке металлов. Согласно ГОСТ 7211-86 слесарные зубила изготавливают следующих типов и исполнений:

- тип 1 – с державкой плоскоовального сечения;
- тип 2 – с державкой овального сечения;
- тип 3 – с державкой шестигранного сечения;
- тип 4 – с державкой двутаврового сечения;
- исполнение 1 – с конусной рабочей частью и ударной частью по ширине;
- исполнение 2 – с прямой ударной частью по ширине.

Зубила изготавливают из инструментальной стали марок 7ХФ, 8ХФ по ГОСТ 5970-73 и У7А, У8А по ГОСТ 1435-74. Иногда выпускают зубила из сталей других марок, но с механическими свойствами в термически обработанном состоянии не ниже, чем у перечисленных марок сталей.

Конец рабочей части зубила имеет клиновидную форму, которая создается заточкой под определенным углом двух симметричных поверхностей. Эти поверхности рабочей части зубила называются гранями зубила. Грани в пересечении образуют острое ребро, называемое *режущей кромкой зубила*.

***Примечание**: Переточка зубила осуществляется до длины их рабочей части не более 0,25 L.*

Грань зубила, по которой при рубке сходит стружка, называется передней, вторая грань, обращенная к обрабатываемой поверхности – задней. Угол, образованный гранями зубила, называется углом заострения зубила. Угол заострения зубила выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого металла. Для твердых и хрупких металлов этот угол должен быть больше, чем для мягких и вязких и вязких металлов. Принимают: для чугуна и бронзы – 70°, стали – 60°, меди и латуни – 45°, алюминия и цинка – 35°.

Форма средней части зубила такова, что позволяет удобно и крепко держать зубило в руке во время рубки. Боковые стороны зубила должны иметь закругленные и зачищенные ребра.

Ударная часть зубила имеет вид усеченного конуса (неправильной формы) с полукруглым верхним основанием. При такой форме ударной части сила молотком по зубилу используется с наилучшим результатом, так как удар всегда приходится по центру ударной части зубила.

Надежность зубил определяется полным установленным ресурсом, выраженным отрубкой ленты из стали марки Ст6 по ГОСТ 380-94 высотой не менее 20 мм с размерами (толщина х длину) 3х300 и 3х400 мм для зубил длиной 100-150 мм, изготовленных соответственно из углеродистой и легированной сталей, и 5х400 и 5х500 – для остальных размеров зубил. Критерием предельного состояния является появление расклепанных участков на ударной части зубила или появление радиуса затупления на рабочей части более 0,4 мм (ГОСТ 7211-86).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При рубке металла зубило держат в левой руке за среднюю часть, свободно обхватывая ее всеми пальцами так, чтобы большой палец лежал на указательном (рис. 3.180) или на среднем, если указательный палец находится в вытянутом положении. Расстояние от руки до ударной части зубила должно быть не менее 25 мм.

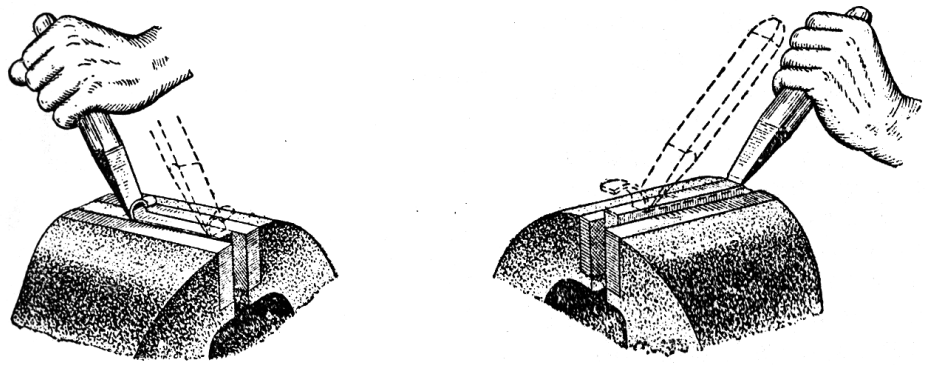


Рис. 3.180. Положение зубила в руке при рубке металла: слева – рубка по уровню тисков; справа – рубка по риске

Для рубки зубило устанавливают на обрабатываемый предмет, как правило, с наклоном задней грани к обрабатываемой поверхности под углом, но не более 5°. При таком наклоне задней грани угол наклона зубила (его оси) будет составляться из суммы заднего угла и половины угла заострения. Например, при угле заострения в 70° угол наклона зубила 5° + 35°, т.е. 40°. По отношению к линии губок тисков зубило устанавливают под углом 40°.

Правильная установка зубила способствует полному превращению силы удара молотком в работу резания при наименьшей утомляемости работающего. На практике угол наклона зубила не измеряют, но правильность наклона ощущается работающим, особенно при надлежащем навыке. Если угол наклона слишком велик (по отношению к линии губок тисков, а не к вертикали)), зубило врезается книзу в металл и медленно перемещается вперед. Если же угол наклона мал, зубило стремиться вырваться из металла, соскользнуть с его поверхности.

Крейцмейсель. Об этом ударном режущем инструменте (рис. 3.181 и табл. 3.12), применяемом для прорубания узких канавок и шпоночных пазов, уже сообщалось. Крейцмейсели изготавливают из инструментальной стали марок 7ХФ, 8ХФ по ГОСТ 5970-73 и У7А, У8А по ГОСТ 1435-74. Углы заточки крейцмейселя такие же, как и у зубила. Иногда крейцмейсель используется взамен зубила, например, когда зубило по ширине режущей кромки велико или когда по условиям работы применять зубило неудобно.

Для прорубания полукруглых, острых и других канавок применяют крейцмейсели специальной формы, называемые канавочниками, рис. 3.182.

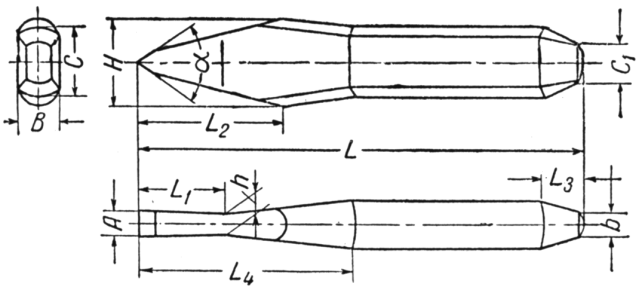


Рис. 3.181. Крейцмейсель

Рис. 3.182. Крейцмейсель канавочник

Заточка зубила и крейцмейселя. Во время работы зубила и крейсцмейселя происходит истирание его граней и скругление вершины угла заострения. Режущая кромка теряет остроту, и дальнейшая работа инструментом становится малопроизводительной, а иногда и невозможной. Работоспособность затупившегося инструмента восстанавливают заточкой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.12 **Размеры крейцмейселя**

A, мм	*L*, мм	*B*, мм	*C*, мм	H, мм	L_1, мм	L_2, мм	L_3, мм	L_4, мм	h, мм	*b*, мм	C_1, мм
2	150	8	12	15	15	30	10	55	1,5	5	10
5	150	10	16	20	20	35	12	60	4	8	14
8	175	10	16	20	20	35	12	60	7	8	14
10	175	16	25	30	25	45	15	65	8	12	22
12	200	16	25	35	30	50	15	70	10	12	22
15	200	16	25	40	35	55	18	80	13	12	22

Заточка зубила производится на шлифовальном круге заточного станка. Взяв зубило в руки, как показано на рис. 3.183, накладывают его на подручник *1* и с легким нажимом медленно передвигают его влево и вправо по всей ширине абразивного круга. Во время заточки зубило поворачивают то одной, то другой гранью, попеременно их затачивая. Следует не допускать сильных нажимов на затачиваемый инструмент, так как это приводит к сильному перегреву режущей кромки, в результате чего лезвие теряет первоначальную твердость.

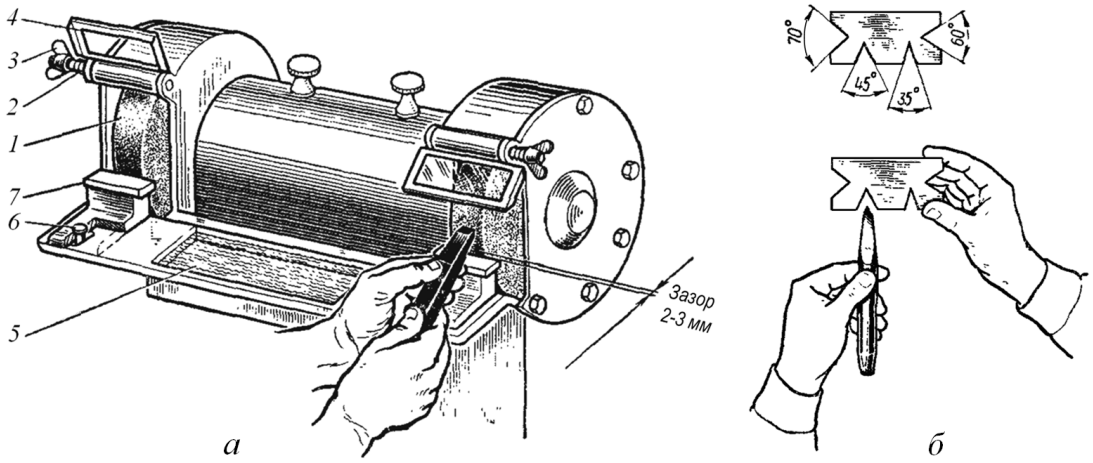


Рис. 3.183. Заточка зубила и крейцмейселя (*а*) и проверка угла заточки зубила по шаблону (*б*): *1* – абразивный круг; *2* – пружина; *3* – гайка-барашек; *4* – защитный экранчик; *5* – ванночка для охлаждающей жидкости; *6* – регулировочный болт; *7* – подручник

Заточку лучше всего вести с охлаждением водой, в которую добавлено 5% соды. Несоблюдение этого условия вызывает повышенный нагрев, отпуск и уменьшение твердости инструмента, а, следовательно, и снижение стойкости. Затачивая зубило, нужно внимательно следить за тем, чтобы режущая кромка была прямолинейной, боковые грани после заточки должны быть плоскими, одинаковыми по ширине и с одинаковыми углами наклона. Величина угла заострения проверяется шаблоном (рис. 3.183, *б*), представляющим собой пластинку с угловыми вырезами 70; 60: 45°. Угол заострения должен соответствовать твердости обрабатываемого металла.

Запрещается затачивать на станке инструмент без подручника *1* и с открытым кожухом *3*. При заточке защитный экранчик *2* должен быть опущен, рис. 3.183, *а*.

По окончании заточки снимают с режущей кромки зубила заусенцы, осторожно и попеременно накладывая грани на вращающийся шлифовальный круг. Режущую кромку зубила после заточки заправляют на абразивном бруске.

Крейцмейсель затачивают так же, как и зубило.

Слесарные молотки. Раньше уже указывалось, что в слесарном деле употребляют два типа молотков – с круглым бойком и с квадратным бойком, рис. 3.184. Молоток с квадратным бойком имеет тот недостаток, что при наклонных ударах его острые углы оставляют вмятины на поверхности обрабатываемого металла, рис. 3.185.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

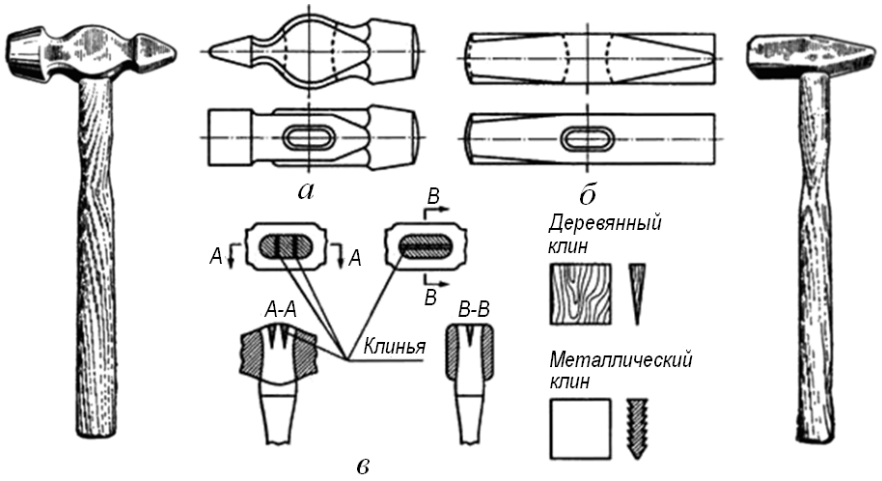


Рис. 3.184. Слесарные молотки: *а* – с круглым бойком; *б* – с квадратным бойком; *в* – заклинивание молотка на ручке

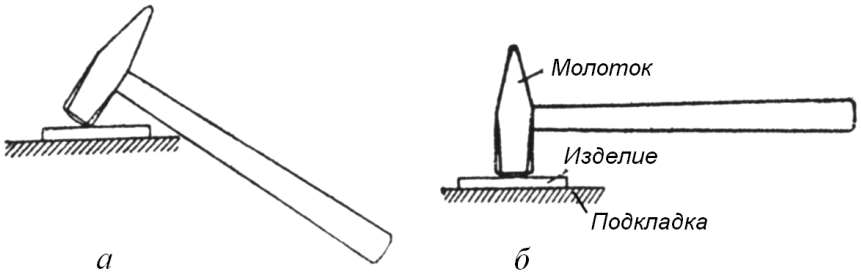


Рис. 3.185. Способы удара молотком: *а* – неправильно; *б* – правильно. Молоток, ударяя по изделию углом или одним краем, оставляет вмятины, молоток должен ударять всей поверхностью бойка

Противоположный бойку конец молотка называется носком. Носок имеет клинообразную форму и скруглен на конце. Им пользуются при расклепывании, правке и вытяжке металла.

Молотки с квадратным бойком массой 50; 100; 200 г применяются для выполнения разметочных, инструментальных работ, 400 и 500 г – для слесарных работ и 600; 800; 1000 г – для ремонтных работ.

Рукоятка слесарного молотка имеет овальное сечение, отношение малого сечения к большому 1:1,5, т.е. свободный конец в 1,5 раза толще конца, на который насажен молоток.

Способы держания молотка. Молоток держат за ручку в правой руке на расстоянии 15-30 мм от конца ручки. Последнюю обхватывают четырьмя пальцами и прижимают к ладони. Большой палец накладывают на указательный, все пальцы крепко сжимают. Они остаются в таком положении как при замахе, так и при ударе. Этот способ называется «держание молотка без разжима пальцев», рис. 3.186, *а*.

Есть и другой способ. При этом способе в начале замаха, когда кисть движется вверх, ручка молотка обхватывается всеми пальцами. В дальнейшем, по мере подъема руки вверх, сжатые мизинец, безымянный и средний пальцы постепенно разжимаются и поддерживают наклоняющийся назад молоток, рис. 3.186, *б*. Затем молотку дают толчок. Для этого сначала сжимают разжатые пальцы, потом ускоряют движение руки и кисти. В результате получается более сильный удар молотком.

Удары молотком. При рубке удары молотком могут производиться кистевым, локтевым или плечевым ударом.

Кистевой удар осуществляется движением только кисти руки без сгибания локтя. На рис. 3.187 показан кистевой удар по тренировочному приспособлению, при этом тренировочное приспособление держат левой рукой на расстоянии 30 мм от ударной части. При кистевом ударе молоток движется только за счет изгиба кисти руки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

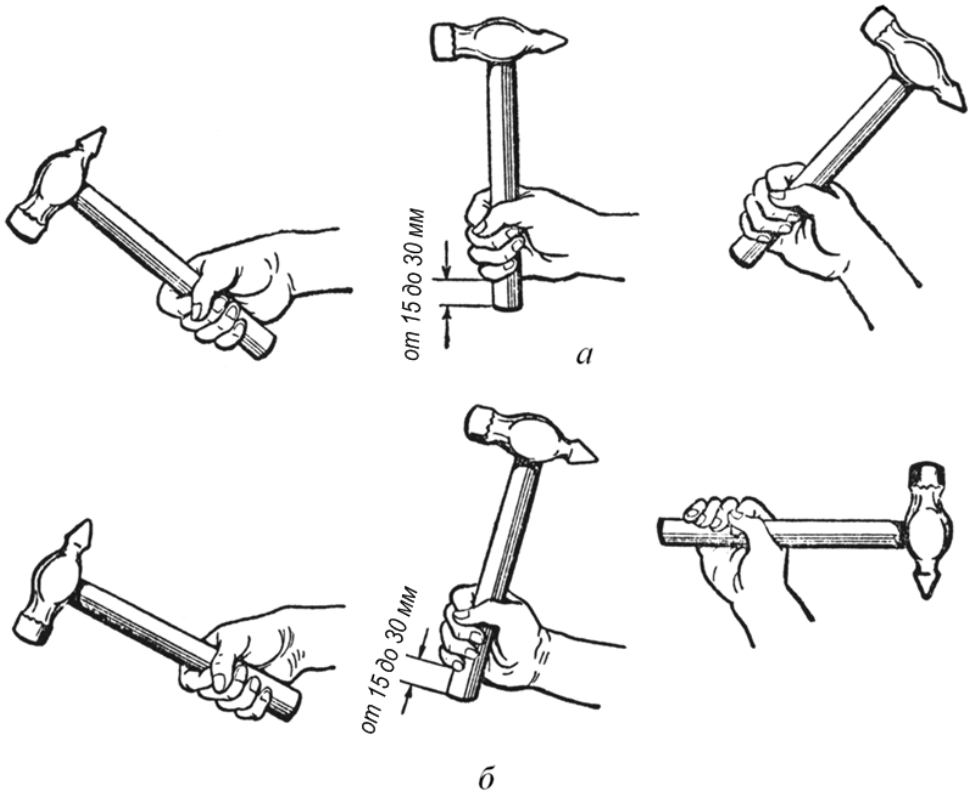


Рис. 3.186. Способы держания молотка при рубке: *а* – без разжима пальцев; *б* – с разжимом пальцев

В начале взмаха, при движении кисти руки вверх, рукоятку молотка держат всеми пальцами. Согнув кисть в запястье до отказа, разжимают слегка пальцы, кроме большого и указательного (мизинец не должен сходить с рукоятки молотка). При ударе сжимают все пальцы, изгибая кисть вперед, наносят удары по головке тренировочного приспособления. Кистевой удар наносят, когда не нужно больших усилий (на выходах отверстий, при подгонке или подрубке).

Локтевой удар молотком производится локтевым движением руки – сгибанием ее и последующим быстрым разгибанием. При локтевом ударе (замахе) действуют пальцы руки (разжатие и сжатие), кисть (движение ее вверх, а затем вниз) и предплечье. Для получения сильного удара разгибающее движение рук должно производиться достаточно быстро. Упражнениями в локтевом замахе хорошо развивается локтевой сустав вместе с кистью и пальцами.

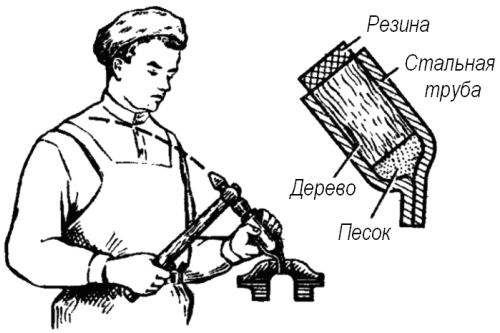


Рис. 3.187. Движение руки при кистевом ударе и приспособление для тренировки нанесения ударов

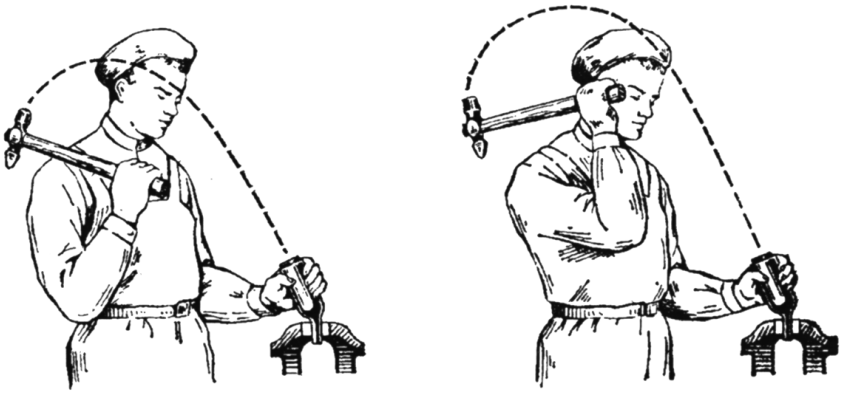
Положение ступни ног, корпуса тела и держание левой рукой тренировочного приспособления при локтевом ударе такие же, как при выполнении кистевого удара. Удары молотком производятся по головке тренировочного приспособления с помощью сложного движения правой руки, рис. 3.188, *а*.

При взмахе молотком вверх сначала рука сгибается в запястье, а затем в локте. В момент завершения взмаха незначительно разжимаются мизинец, безымянный и средний пальцы. При нанесении удара сначала всеми пальцами сжимают ручку молотка, затем делают резкое движение локтевой части руки от себя и, наконец, выпрямляют запястье.

Плечевой удар молотком – это удар с замахом всей рукой, в котором участвуют плечо, предплечье и кисть. Плечевой удар молотком используется при рубке, когда необходи-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

мо наносить удары большой силы. Он позволяет рубить довольно долго, не утомляясь. Удары должны быть размеренными, меткими и сильными.



а *б*

Рис. 3.188. Движение рук при локтевом ударе (*а*) и движение рук при плечевом ударе (*б*)

При плечевом ударе движение руки надо осуществлять по следующей сложной схеме. При взмахе руку сгибают одновременно в запястье, локте и плечевом суставе с полным охватом ручки молотка всеми пальцами. В момент завершения взмаха разжимают мизинец, безымянный и средний пальцы, рис. 3.188, *б*. При ударе плечевую часть руки резко опускают вниз, одновременно разгибают руку в локте, завершая удар распрямлением запястья.

Применение того или иного удара определяется характером работы. Чем более толстые слои металла снимаются с обрабатываемой поверхности и чем сильнее затупляется инструмент, тем больше необходимость в наращивании силы удара, следовательно и увеличении замаха. Неправильным применением широкого замаха можно испортить обрабатываемую деталь и инструмент и без надобности быстро утомиться. Нужно научиться точно регулировать силу удара соответственно характеру выполняемой работы.

Производительность рубки зависит от действующей на зубило силы удара молотком и от количества ударов в минуту. При рубке в тисках делают от 30 до 60 ударов в минуту.

Сила удара определяется массой молотка (чем тяжелее молоток, тем сильнее удар), длиной ручки молотка (чем длиннее ручка, тем сильнее удар), длиной руки работающего и величиной замаха молотком (чем длиннее рука и чем выше замах, тем сильнее удар).

При рубке необходимо действовать обеими руками согласованно. Правой рукой нужно точно и метко ударять молотком по зубилу, левой рукой в промежутках между ударами перемещать зубило по металлу.

3.3.3 Приемы рубки металла

Рубкой называется обработка металла зубилом или крейцмейселем при помощи молотка. На современных металлообрабатывающих предприятиях к рубке прибегают лишь в тех случаях, когда какие-либо поковки или же заготовки из полосового и листового материала по тем или иным причинам не могут быть обработаны на станках. В ремонтном производстве рубка молотком встречается чаще.

Рубкой выполняют следующие операции:

- удаление (срубание) излишних слоев металла с поверхностей заготовок;
- выравнивание неровных и шероховатых поверхностей;
- удаление твердой корки и окалины;
- снятие кромок и заусенцев на кованых и литых заготовках;
- удаление после сборки выступающих кромок листового материала, концов полос и уголков;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- разделение на части листового и сортового материала;
- вырубывание отверстий в листовом материале по намеченным контурам;
- удаление головок заклепок при их удалении;
- изготовление смазочных канавок и шпоночных пазов.

Рубка производится в тисках, на плите или на наковальне. Громоздкие детали могут обрабатываться рубкой в месте их нахождения. Для рубки в тисках лучше всего подходят стуловые тиски. На параллельных тисках производить рубку не рекомендуется, так как их основные части – губки, изготовленные из серого чугуна, часто не выдерживают сильных ударов и портятся.

Обрабатываемая рубкой деталь должна быть неподвижна. Поэтому зажимают в тиски небольшие детали, крупные детали кладут на верстак, плиту или наковальню или же ставят на пол и хорошо укрепляют. Независимо от того, где производится рубка, установка деталей по высоте должна быть сделана в соответствии с ростом работающего.

Следует заметить, что при рубке невозможно достичь высокой точности обработки, ее применяют или для черновой обработки заготовки, или в тех случаях, когда точность обработки не требуется.

Приступая к рубке, слесарь, прежде всего, готовит свое рабочее место. Достав из верхнего ящика зубило и молоток, он кладет зубило на верстак по левую сторону от тисков режущей кромкой к себе, а молоток – с правой стороны тисков бойком, направленным в сторону тисков.

Рубить надо только остро заточенным зубилом. Тупое зубило соскальзывает с обрабатываемой поверхности, и рука от него быстро устает. В результате теряется правильность удара.

Глубина и ширина снимаемого слоя металла (стружки) зависит от физической силы работающего, размеров зубила, массы молотка и твердости обрабатываемого металла. Молоток выбирают по массе, величину зубила – по длине его режущей кромки. На каждый миллиметр длины режущей кромки зубила требуется 40 г массы молотка. Для рубки обычно употребляют молотки весом 600 г.

В зависимости от назначения обрабатываемой детали рубка может быть черновой и чистовой. При черновой рубке сильными ударами молотка снимают за один проход слой металла толщиной от 1,5 до 2 мм. При чистовой рубке за один проход снимают слой металла толщиной от 0,5 до 1,0 мм, нанося легкие удары.

Для получения чистой и гладкой поверхности рекомендуется, при рубке стали и меди смачивать зубило индустриальным (турбинным) маслом, или мыльной водой. Чугун следует рубить всухую. Хрупкие металлы (чугун, бронза) надо рубить от края к середине. Во всех случаях рубку заканчивают не доходя 15-20 мм до противоположного края, рис.3.189. Этим предупреждается скалывание и выкрашивание углов и ребер обрабатываемой детали. В конце рубки металла, как правило, нужно ослаблять удар молотком по зубилу.

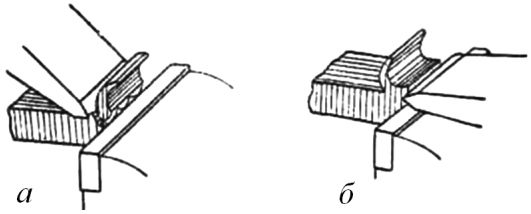


Рис. 3.189. Рубка хрупких материалов: *а* – завершение рубки, не доходя до края детали; *б* – дорубывание оставленного слоя

Рубка в тисках производится либо по уровню губок тисков, либо выше этого уровня – по намеченным рискам. По уровню тисков чаще всего рубят тонкий полосовой или листовой металл, выше уровня тисков (по рискам) – широкие поверхности заготовок. При обрубании широких поверхностей следует пользоваться с целью ускорения работы крейцмейселем и зубилом. Сначала прорубают крейцмейселем канавки необходимой глубины, причем расстояние между канавками должно быть $^{3}/_{4}$ длины режущей кромки зубила. Образовавшиеся выступы срубывают зубилом.

Чтобы правильно производить рубку, нужно, прежде всего, научиться хорошо владеть зубилом и молотком. Это значит правильно держать зубило и молоток, правильно двигать кистью руки, локтем и плечом, и точно, без промаха, ударять молотком по зубилу.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рубка металла в тисках. В тисках производят рубку листового и полосового материала, а также рубку широких поверхностей.

Перед рубкой заготовку закрепляют в тисках немного левее правого края губок, чтобы оставалось место для установки зубила (рис. 3.190). Молоток бойком влево кладут на верстак справа от тисков, а зубило – слева, режущей частью на себя. На рабочем месте для рубки должна быть установлена защитная сетка (или экран) для защиты окружающих от осколков металла.

Располагая заготовку в тисках, надо следить за тем, чтобы разметочные риски находились точно на уровне губок и не имели перекоса.

Вся срубаемая часть металла (стружка) должна быть расположена над уровнем губок тисков.

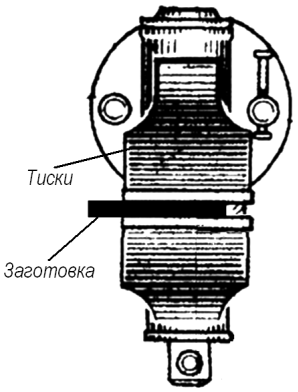


Рис. 3.190. Положение заготовки в тисках

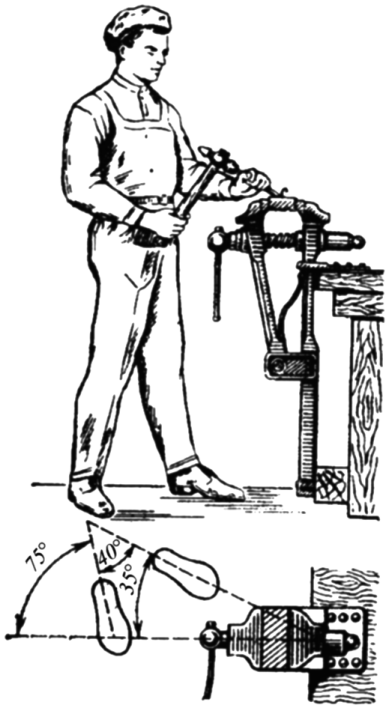


Рис. 3.191. Положение ступней ног и корпуса работающего при рубке в тисках.

Производительность труда и снижение утомляемости, при рубке металла в тисках, зависят от сохранения правильного положения ступней ног и корпуса работающего. При рубке следует стоять прямо и устойчиво, вполоборота к тискам, рис. 3.191.

Молоток держат в руках так, как показано на рис. 3.191, а зубило – на рис. 3.192. Держать зубило нужно свободно, без излишнего зажима. Во время рубки смотреть нужно на режущую часть зубила, а не на боек и следить за правильным положением лезвия зубила. Удары должны наноситься по центру бойка сильно, уверенно и метко.

Сила удара молотка по зубилу зависит от массы молотка, величины замаха и скорости движения руки. Тяжелый молоток увеличивает силу удара, но быстро утомляет рабочего. Молоток выбирают в зависимости от размера зубила и толщины стружки (обычно толщина стружки составляет 1-2 мм). При работе крейцмейселем масса молотка выбирают из расчета 80 г на 1 мм ширины лезвия.

При выборе молотка учитывают также и физическую силу рабочего. Масса молотка для ученика должен быть 400 г, для молодого рабочего 16-17 лет – 500 г, для взрослого рабочего – 600-800 г.

Угол установки зубила при рубке в тисках регулируется так, чтобы лезвие находилось на линии снятия стружки, а продольная ось стержня зубила находилась под углом 30-35° к обрабатываемой поверхности (рис. 3.193, *а*) заготовки и под углом 45° к продольной оси губок тисков, рис. 3.193, *б*. При меньшем угле наклона зубило будет скользить (рис. 3.194, *а*), а не резать, а при большем – углубляться в металл (рис. 3.194, *б*) и давать большую неровность. Угол наклона зубила при рубке не измеряют, опытный слесарь по навыку ощущает наклон и регулирует его движением левой руки.

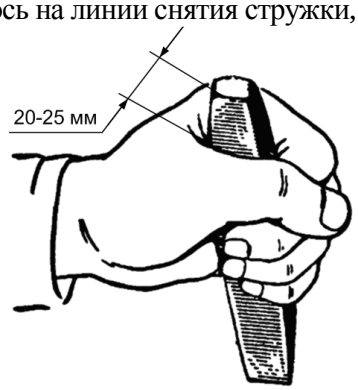


Рис. 3.192. Положение зубила в руке

Первое время, пока нет достаточного навыка, начинающий рабочий, опасаясь промахнуться и не попасть по ударной части, боится наносить сильные удары (особенно после первого удара молотком не по зубилу, а по руке). Поэтому первоначально нужно добиться, чтобы, чтобы удар по зубилу был метким, т.е. таким, при котором центр бойка молотка попадает в центр ударной части, а ру-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

коятка молотка образует прямой угол с осью зубила. Несоблюдение этого правила ослабляет силу удара и способствует косому удару, при котором молоток соскальзывает с ударной части и может повредить руку.

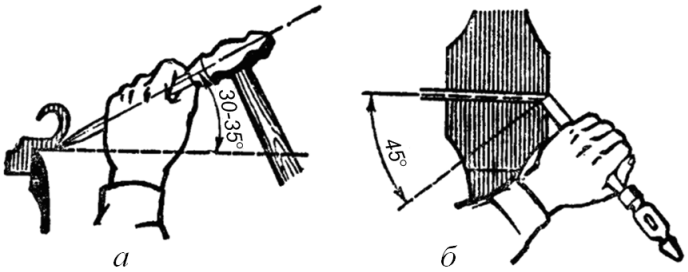


Рис. 3.193. Правильная установка зубила в тисках: *а* наклон зубила к обрабатываемой поверхности; *б* – наклон к продольной оси губок

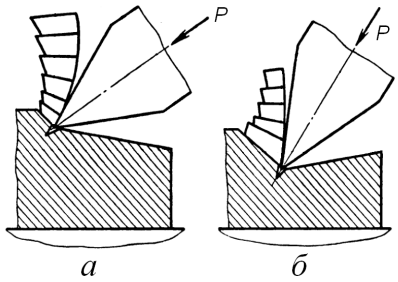


Рис. 3.194. Наклон зубила к обрабатываемой поверхности мал (*а*) и велик (*б*)

Вначале ученик должен делать не более 40 ударов в минуту, постепенно доводя их до 60.

Во время работы надо следить за тем, чтобы зубило всегда было остро заточенным: применение тупого зубила приводит к соскальзыванию его с обрабатываемой поверхности, при работе с таким инструментом слесарь быстро устает, а правильность удара снижается.

Рубка листового металла. Рубка листового металла ведется только по уровню губок тисков.

Удаление металла по уровню губок тисков выполняется в следующей последовательности.

1. Размеченную заготовку устанавливают и зажимают между губками тисков таким образом, чтобы риска разметки находилась на их уровне.

2. Зубило берут в левую руку, молоток – в правую и принимают правильную стойку.

3. Зубило устанавливают к краю заготовки так, чтобы режущая кромка лежала на поверхности двух губок, а середина режущей кромки соприкасалась с обрубаемым материалом на $^{2}/_{3}$ ее длины. Угол наклона зубила к обрабатываемой поверхности должен быть равен 30-35° (рис. 3.195, *а*), а угол наклона зубила к оси губок тисков 45°, рис. 3.195, *б*. Подобная установка зубила обеспечивает наименьшую утомляемость работающего и не допускает повреждения поверхности губок и режущей части зубила.

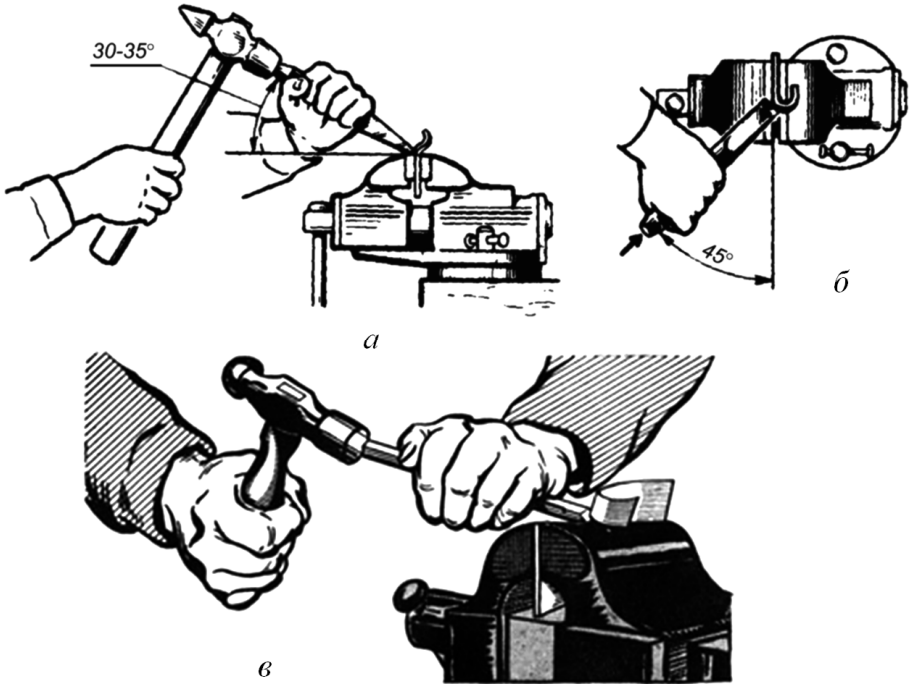


Рис. 3.195. Удаление металла по уровню губок тисков: *а* – установка зубила под углом к горизонту; *б* – установка зубила под углом к оси губок тисков; *в* – прием работы

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4. Рубку производят только хорошо заточенным зубилом. Правой рукой точно и метко наносят удары молотком по зубилу и в промежутке между ударами перемещают зубило по заготовке. Особое внимание следует сосредоточить на режущей части зубила и удаляемой стружке, ослабляя удары в конце рубки до полного снятия металла по первой риске.

При этом способе рубки металла, удаляемый слой всегда закручивается и в дальнейшем не используется.

После окончания рубки по первой риске кладут молоток и зубило на верстак, разжимают тиски, переставляют заготовку второй риской вверх на уровне губок и повторяют рубку. Таким же способом удаляют излишек металла по другим рискам.

Рубка металла по уровню губок тисков выполняется в следующей последовательности.

1. Размеченную заготовку устанавливают и зажимают между губками тисков таким образом, чтобы риска разметки находилась на уровне губок тисков.

2. Берут в руки зубило и молоток, принимают правильную стойку.

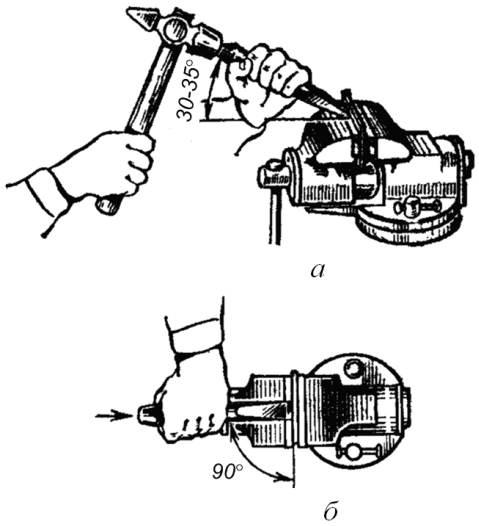
3. Зубило устанавливают на краю заготовки так, чтобы режущая грань зубила полностью соприкасалась с плоскостью заготовки, образуя угол наклона зубила к горизонту 30-35° (рис. 3.196, *а*), а ось зубила была перпендикулярна к плоскости заготовки, рис. 3.196, *б*.

4. Правой рукой наносят слабые удары молотком по зубилу, а левой, в промежутках между ударами, перемещают зубило по риске на $^2/_3$ длины режущей кромки, выполняя предварительное надрубывание по всей длине риски.

5. Рубку продолжают сильными ударами с перемещением зубила в несколько проходов (применяя локтевые и плечевые удары).

В конце рубки силу ударов ослабляют до полного отделения одной части металла от другой.

Листовой материал толщиной 3-5 мм рубят в два приема. Сначала делают глубокое (не менее половины толщины листа) надрубывание с одной стороны заготовки, затем переворачивают ее другой стороной и рубят окончательно, сочетая удары молотка с перемещением зубила.



а *б*

Рис. 3.196. Разрубание металла по уровню губок тисков: *а* – установка зубила под углом к горизонту; *б* – установка зубила под углом к оси губок тисков

Рубка полосового металла. Детали из полосового материала рубят в тисках по уровню губок или же по рискам, расположенным выше тисков. Полосовой материал обычно рубят с целью уменьшения его ширины. Слой металла толщиной до 1,5 мм удаляют за один проход, толщиной 3 мм – за два прохода. Более толстые слои срубывают, применяя крейцмейсель, которым предварительно рубят узкие канавки, рис. 3.197, *а*. Образовавшиеся выступы удаляют зубилом, рис. 3.197, *б*.

Рассмотрим прием рубки полосового или толстого листового материала по рискам, расположенным выше уровня тисков.

1. Риски, ограничивающие величину рубки, размечают разметочными инструментами. На производительность рубки, точность обработки и шероховатость обработанной поверхности влияет толщина удаляемого слоя (стружки), поэтому практически установлено, что толщина стружки не должна превышать 0,5-1,0 мм (хотя максимальная толщина стружки, при худшем качестве обработки, может быть до 1,5 мм). После разметки рисок на двух сторонах заготовки наносят наклонные риски (скосы), являющиеся исходной плоскостью в начальный момент рубки.

2. Заготовку зажимают в тисках и ранее описанным приемом (рубка по уровню тисков) срубывают скосы.

3. Заготовку устанавливают в средней части между губками тисков так, чтобы риска была направлена параллельно губкам и расположена выше их на 4-8 мм. При этом приеме

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

рубки особое внимание должно быть уделено надежности закрепления заготовки в тисках для предотвращения смещения ее между губками.

4. Взяв в руки зубило и молоток, принимают рабочее положение: среднюю часть режущей кромки зубила устанавливают на грань скоса (строго по первой риске). Угол наклона зубила к обрабатываемой поверхности должен составлять 30-35° (рис. 3.198, *а*), а по отношению к оси губок тисков, зубило должно быть расположено вдоль срубываемого слоя, рис. 3.198, *б*.

При рубке металла наносят локтевые удары. По мере удаления стружки левая рука с зубилом будет перемещаться вдоль кромки заготовки. Обычно при рубке приходится регулировать угол наклона зубила к горизонтальной плоскости.

При большом угле наклона режущая кромка зубила будет врезаться в заготовку, снимая толстую стружку, а при малом угле – срывать слой металла. Подтверждением правильности выбора угла наклона зубила является равномерная по толщине стружка. В конце рубки силу удара ослабляют, чтобы избежать срыва зубила и повреждения рук.

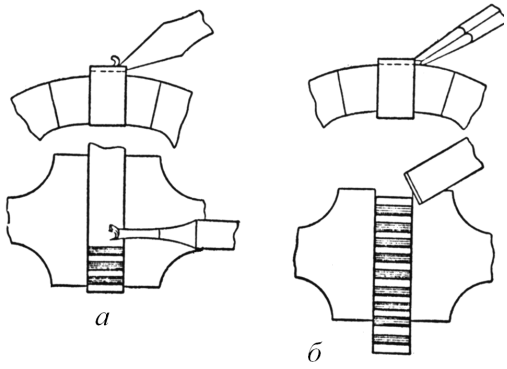


Рис. 3.197. Рубка толстого полосового материала: *а* – прорубание канавок крейцмейселем в толстой стальной полосе; *б* – обрубание выступов зубилом

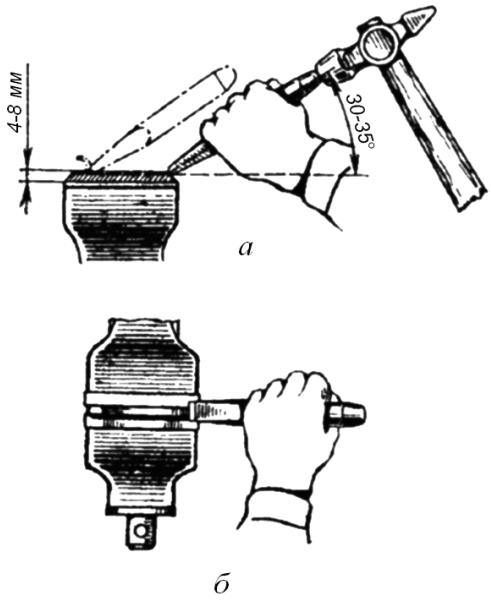


Рис. 3.198. Установка зубила при срубании металла выше уровня тисков: *а* – под углом к горизонту; *б* – по оси губок тисков

Таким же приемом производят рубку по другим рискам. Прямолинейность плоскости среза проверяют линейкой.

Рубка широких поверхностей. При рубке широких поверхностей слой металла удаляют в два приема: сначала крейцмейселем прорубывают канавки (рис. 3.199, *б*), затем удаляют выступы зубилом, рис. 3.199, *в*. При рубке с применением крейцмейселя предварительно срубают зубилом на ребре заготовки фаску, рис. 3.199, *а*. Затем на верхней поверхности и на фаске размечают расстояния между канавками (каждый промежуток должен быть равен ¾ длины режущей кромки зубила) и наносят вдоль скоса риски для отметки глубины каждого прохода. После этого размеченную заготовку зажимают в тисках выше губок на 4-8 мм и приступают к рубке.

Рассмотрим прием рубки широких поверхностей.

1. Наносят рейсмусом на боковых сторонах плитки риски, отмечающие толщину удаляемого слоя, накернивают риски.

2. Зажимают заготовку в тисках так, чтобы риски были выше губок на 4-8 мм.

3. Берут в руки зубило и молоток и становятся перед тисками в рабочее положение.

4. Рубят зубилом на переднем ребре заготовки скос для удобной установки крейцмейселя и зубила в начале рубки.

5. Крейцмейселем и рубят по разметке первую от правого края канавку, снимая при каждом проходе стружку толщиной приблизительно в 1 мм. Не доходя до риски, оставляют слой металла около 0,5 мм (минимально) для чистовой рубки.

6. Таким же образом рубят крейцмейселем остальные канавки.

7. Кладут на верстак крейцмейсель и берут в руки зубило.

8. Рубят зубилом первый выступ заготовки, снимая за каждый проход зубила стружку толщиной 1 мм. Не доходя до риски, оставляют слой металла около 0,5 мм для чистовой обработки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

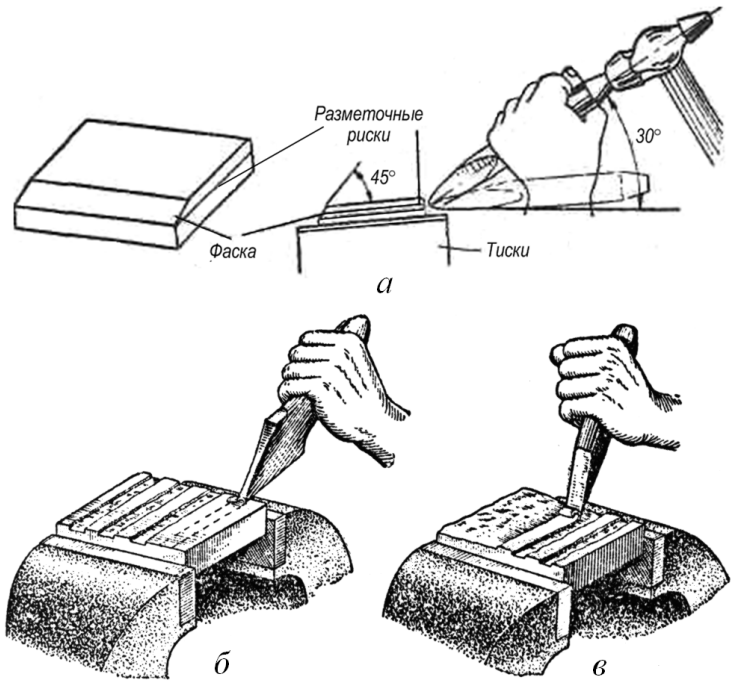


Рис. 3.199. Рубка широких поверхностей: *а* – чугунная плитка с предварительно срубленной фаской; *б* – прорубывание канавок крейцмейселем; *в* – удаление выступов зубилом

Для удобства рубку выступов выполняют с правой стороны заготовки. У края выступа устанавливают среднюю часть режущей кромки зубила под углом 45° к направлению паза и, нанося удары молотком по зубилу, рубят выступ до середины заготовки, рис. 3.200.

9. Таким же образом рубят все остальные выступы заготовки, затем переворачивают заготовку на 180° и рубят выступы с противоположной стороны, стараясь не допускать скалывания металла у кромки заготовки. Во избежание вырыва в конце рубки силу удара следует уменьшить.

10. Производят чистовую обрубку (выравнивание) зубилом всей поверхности заготовки, нанося слабые удары молотком по зубилу и снимая при этом стружку толщиной 0,5 мм, рис. 3.201.

11. Проверяют прямолинейность обрубленной поверхности плитки проверочной линейкой.

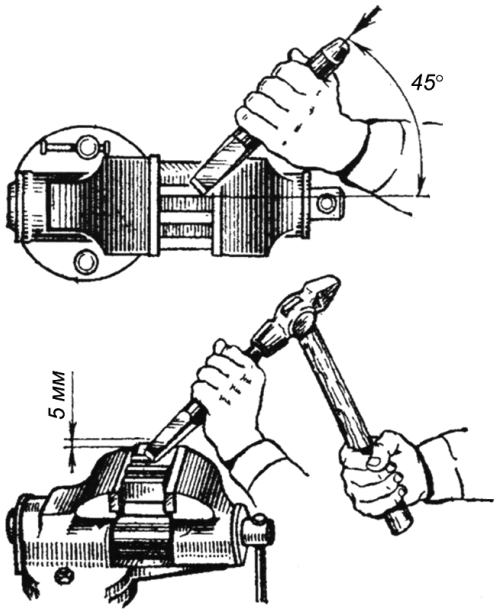


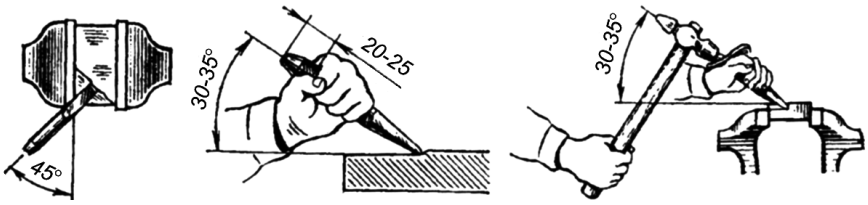
Рис. 3.200. Срубание слоя металла с широких плоскостей

Вырубывание крейцмейселем прямых пазов. Вырубывание в металле прямых пазов на заданную глубину выполняется в следующей последовательности. Рассмотрим на примере вырубывания пазов в чугунной плитке.

1. Все боковые поверхности чугунной плитки окрашивают меловым раствором (или специальной краской для разметки) и просушивают, наносят риски (расстояние между канавками должно быть не более 10 мм).

2. Плитку размещают в тисках таким образом, чтобы риска, определяющая глубину паза, располагалась над уровнем губок тисков не менее чем на 5 мм. Крейцмейсель следует держать в левой руке за среднюю часть, свободно обхватывая его всеми пальцами так, чтобы большой палец лежал на указательном. Расстояние от руки до ударной части крейцмейселя должно быть не менее 20-25 мм, рис. 3.202, *а*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б* *в*

Рис. 3.201. Чистовая обрубка всей поверхности заготовки: *а* – положение зубила на заготовке; *б* – прием держания зубила; *в* – прием работы

3. Режущую кромку крейцмейселя устанавливают наклонно у кромки плитки по направлению рисок и на углах плитки в местах расположения пазов вырубают наклонные фаски (скосы).

Крейцмейсель затачивают с поднутрением, таким образом его лезвие становится шире концевой части. Это обеспечивает получение чистых кромок канавок, рис. 3.202, *б*.

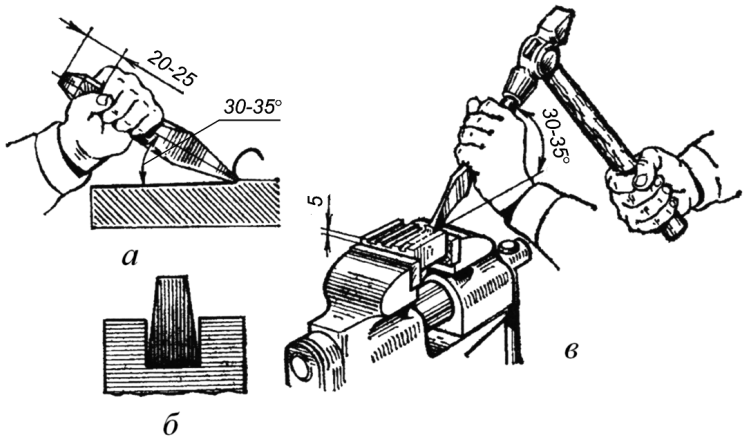


Рис. 3.202. Вырубывание крейцмейселем прямых пазов: *а* – прием держания крейцмейселя; *б* – заточка крейцмейселя с поднутрением; *в* – прием работы

4. Режущую кромку крейцмейселя устанавливают на плоскость фаски и, ударяя молотком по ударной части крейцмейселя, прорубывают по рискам предварительную канавку на глубину не более 1 мм. Для удобства рубку следует начинать с правой канавки. При последующих проходах необходимо последовательно снимать слой металла толщиной не более 1 мм, оставив 0,5 мм для чистовой рубки.

Аналогичным способом прорубают остальные канавки. Затем, нанося более легкие удары молотком по крейцмейселю, выполняют чистовую обрубку (выравнивание) всех канавок. Прямолинейность боковых сторон проверяют линейкой, глубину канавки – измерительной линейкой.

Вырубание крейцмейселем криволинейных пазов. Для смазывания трущихся поверхностей в различных машинах и механизмах приходится выполнять специальные криволинейные пазы (канавки) с сечением различной конфигурации. Операция вырубания крейцмейселем криволинейных пазов требует большой аккуратности и внимательности по сравнению с операцией вырубания прямых пазов и выполняется в следующем порядке.

Сначала размечают направление канавок на обрабатываемой поверхности, затем зажимают деталь в тисках размеченной поверхностью кверху и приступают к рубке, рис. 3.203. Сперва крейцмейселем или канавочником, наносят легкие удары молотком, намечают по нанесенным рискам след канавок. Эта операция выполняется сначала от одного края детали до середины канавки, а затем встречно от другого края до середины.

После этого прорубывают канавки с одного прохода глубиной 1,5-2 мм. Чистовой рубкой выравнивают образовавшиеся неровности в канавках и придают им одинаковую ширину и глубину на всем протяжении.

Повторяя приемы по прорубыванию первой канавки, последовательно прорубывают вторую канавку.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

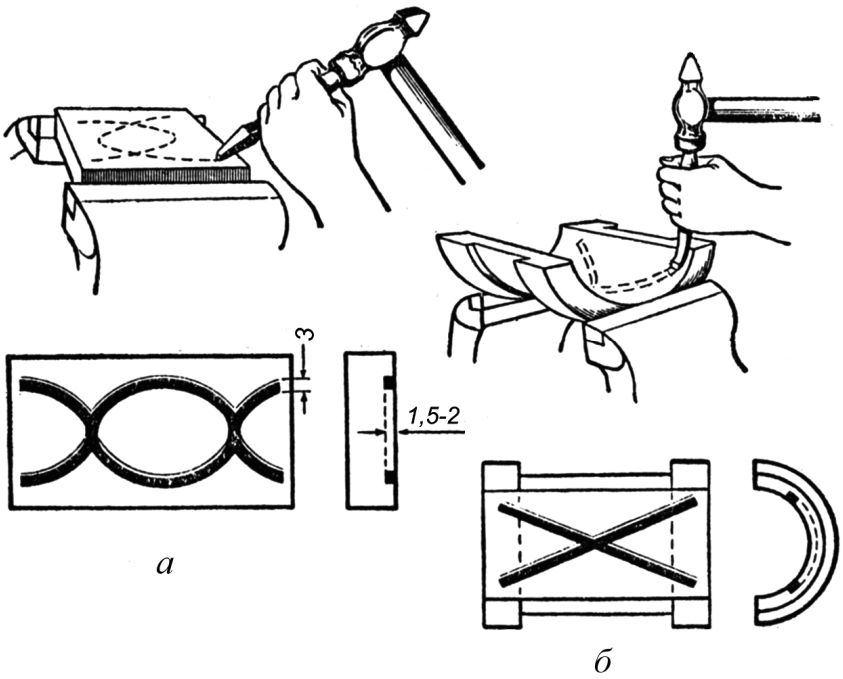


Рис. 3.203. Прорубание криволинейных канавок: *а* – на плоской поверхности; *б* – на криволинейной поверхности (во вкладыше подшипника)

Прорубывание канавок-щелей (продольных или поперечных) в газо-водопроводных или других трубах. Эта работа (рис. 3.204) проводится специальным крейцмейселем, имеющим четыре режущие кромки, а с торцевой режущей стороны – вогнутую по дуге поверхность. Перед тем как приступить к рубке, в начале и в конце будущей канавки просверливают отверстия диаметром, равным ширине канавки. Обрабатываемую трубу зажимают в тисках в специальных нагубниках.

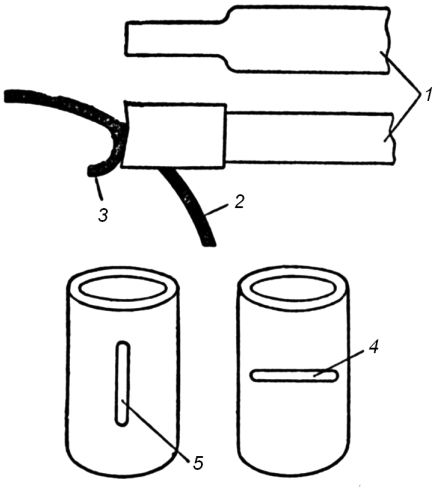


Рис. 3.204. Прорубание канавок и щелей в трубе специальным крейцмейселем: *1* – крейцмейсель; *2* – труба (в сечении) с врезающимся крейцмейселем; *3* – стружка; *4* – щель, прорубленная в трубе по окружности; *5* – щель, прорубленная в трубе по образующей

Рубка на плите и на наковальне. При рубке на плите или наковальне, обрабатываемый материал (листовой, полосовой или прутковый) кладут на плиту или наковальню, рубка ведется сильным вертикальным (навесным) ударом молотка с плечевым замахом.

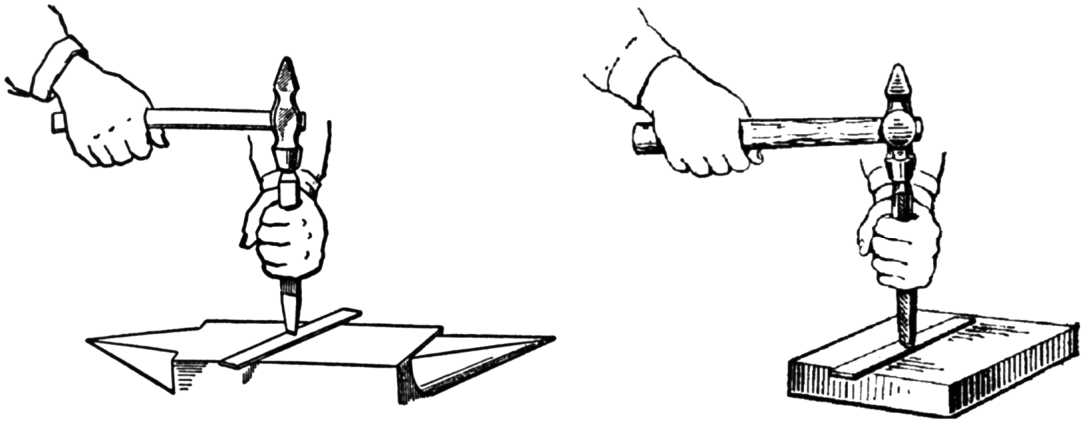
Рубку полосового металла на наковальне (плите) выполняют в следующей последовательности.

1. Разметочными инструментами (чертилкой и измерительной линейкой) проводят риски, по которым будет производиться разрубание.

2. Полосовой металл укладывают на плиту или наковальню. Режущую кромку зубила устанавливают на риску при вертикальном положении зубила. Металл предварительно надрубывают ударом средней силы молотка по зубилу. Сильными плечевыми ударами молотка

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

надрубывают полосу до половины толщины (рис. 3.205), переворачивают ее и надрубают с другой стороны. Устанавливают место надруба у кромки плиты и, нажимая руками, производят излом.

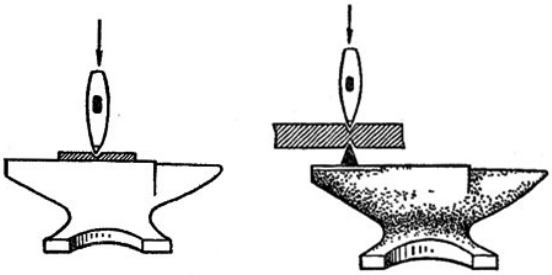


а *б*

Рис. 3.205. Рубка полосового металла навесным ударом на наковальне (*а*) и плите (*б*)

Углеродистую и легированную конструкционную сталь толщиной до 20-25 мм можно рубить в холодном состоянии на плите или наковальне с помощью кузнечных зубил (рис. 3.204, *а*) и кувалд. Для этого на две или четыре стороны заготовки наносят мелом линии рубки. Затем металл укладывают на наковальне, устанавливают вертикально кузнечное зубило на линии разметки и сильными ударами кувалды надрубывают металл по всей этой линии на требуемую глубину, постепенно переставляя зубило. Так же надрубывают металл с другой стороны или со всех четырех сторон, после чего отламывают отрубываемую часть.

Для ускорения и упрощения рубки применяют вспомогательный инструмент – нижник (подсечку). Подсечку хвостовиком вставляют в квадратное отверстие наковальни, затем заготовку кладут на подсечку, а сверху устанавливают кузнечное зубило, как показано на рис. 3.206, *б*, и кувалдой наносят удары по зубилу. Таким образом происходит одновременная рубка металла с двух сторон зубилом и подсечкой.



а *б*

Рис. 3.206. Рубка полосового металла кузнечным зубилом (*а*) и с применением нижника (*б*)

Рубка круглого металла. Разметочными инструментами отмечают на прутке длину отрубываемого куска. Зубило ставят на риску вертикально, опираясь мизинцем на пруток, рис. 3.207. Удары молотком по зубилу наносят сильные, после каждого удара пруток поворачивают. Надрубив пруток на достаточную глубину, отламывают отрубываемый кусок.

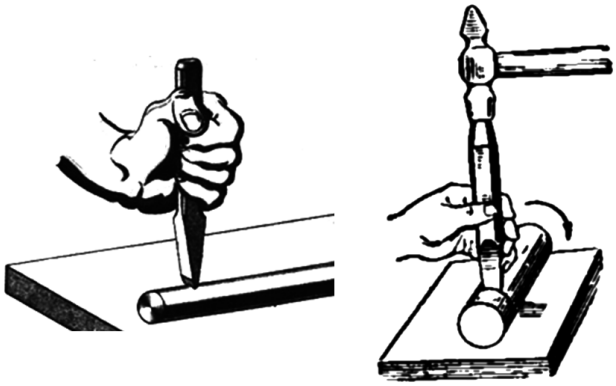


Рис. 3.207. Приемы рубки круглого металла

Вырубывание листового материала. Сначала на листе размечают контур изготовляемой детали (заготовки), рис. 3.208, *а*. Затем кладут лист на плиту и приступают к рубке, но не по линии разметки, а отступив от нее примерно на 2-3 мм. Легкими ударами по зубилу сначала надрубывают контур (рис. 3.207, *в*), а затем производят окончательную рубку в несколько проходов.

При надрубке контура зубило устанавливают наклонно в стороне от риски,

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

рис. 3.209, *б*. После проверки правильного положения вдоль риски, зубило устанавливают в вертикальное положение, рис. 3.209, *в*. После предварительного надрубывания, рубку продолжают сильными плечевыми ударами (рис. 3.208, *в*) с одной стороны заготовки на глубину более половины толщины листа. Число проходов зависит от толщины заготовки.

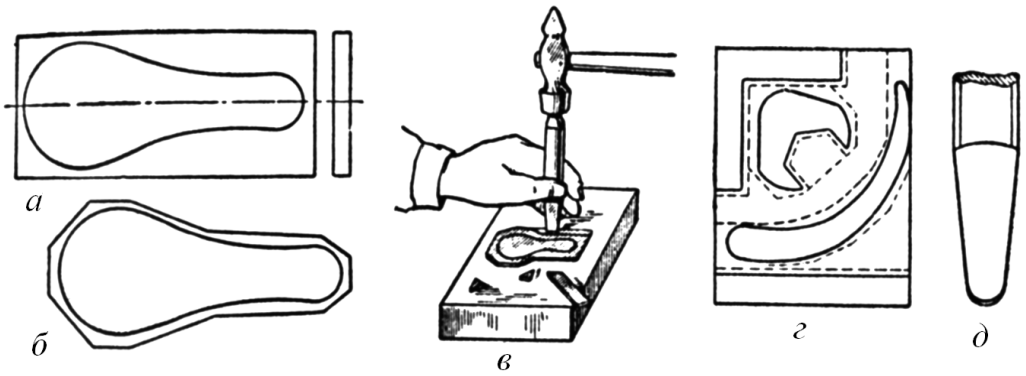


Рис. 3.208. Вырубывание заготовки из листовой стали: *а* – разметка контура заготовки на листе; *б* – вырубленная заготовка; *в* – прием вырубания; *г* – разметка различных заготовок на листе; *д* – специальное зубило для вырубания фигурных форм

При рубке навесным ударом молотка (рис. 3.209, *а*) необходимо действовать обеими руками: правой рукой точно и метко наносить сильные удары молотком по зубилу, а левой рукой перемещать зубило (в промежутках между ударами) вдоль предварительного надруба. Каждый сдвиг зубила по заготовке не должен превышать $^{2}/_{3}$-$^{3}/_{4}$ длины его режущей кромки.

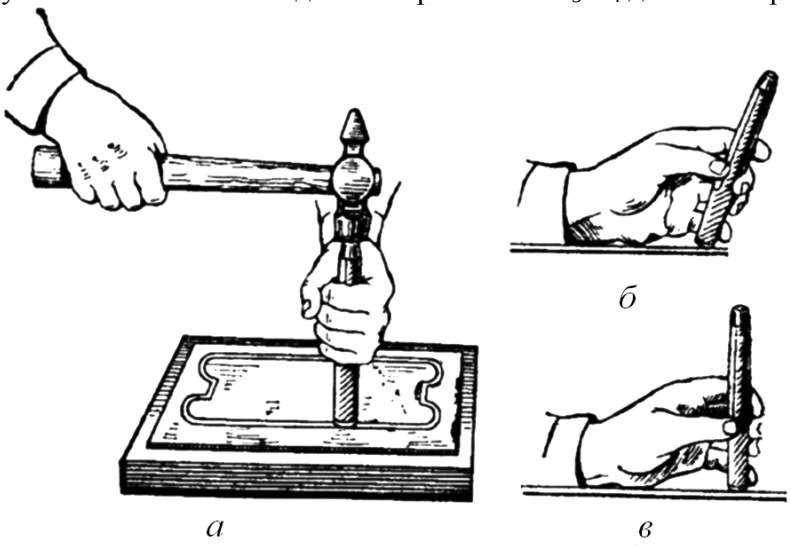


Рис. 3.209. Вырубывание заготовок навесным ударом и установка зубила: *а* – прием работы; *б* – установка с наклоном; *в* – вертикальная установка

Для окончательной вырубки необходимо перевернуть заготовку другой стороной, установить режущую кромку зубила по заметным следам рубки. Удары по зубилу наносить с такой силой, чтобы режущая кромка не касалась поверхности плиты или наковальни.

Правильно выполненной считается рубка, при которой риска осталась не затронутой и вырубленная заготовка не покороблена.

Для вырубания сложных криволинейных фигур с резкими закруглениями применяют зубило с закругленной режущей кромкой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.3.4 Контроль качества рубки

При рубке листов и полок профилей по толщине качество работы определяется:

- отсутствием задиров и зарубов на поверхности;
- правильностью и гладкостью плоскостей поверхности.

Показателем высокого качества работы при рубке кромок является:

- отсутствие надрывов, зарубок и трещин на обрубленной кромке;
- отсутствие прорубок на смежных деталях при рубке на собранных конструкциях;
- соблюдение заданного угла разделки кромок (неправильность угла фаски сильно ухудшает качество электросварного шва и приводит к трещинам и короблению).

Показателем качества работы при вырубке отверстия является:

- отсутствие зарубов и задиров;
- сохранение плавности и прямолинейности обводов отверстия;
- отсутствие отступлений от разметки.

Рубочные работы являются пригоночными операциями, специальная приемка их не производится. Контроль качества рубки определяется в процессе сборки и последующих операциях.

Обработанные рубкой детали могут оказаться негодными из-за отклонений их размеров от заданных чертежом или в результате повреждения при рубке, или же вследствие неудовлетворительного качества обработанной поверхности, например глубокие выхваты зубилом или крейцмейселем, а на хрупких металлах – отколы на ребрах. Причины брака – невнимательность в работе, неправильные приемы рубки, рубка тупым зубилом.

Контрольные вопросы

1. Что такое рубка и в каких случаях она применяется?
2. Как надо держать зубило при рубке?
3. Как надо держать молоток при рубке?
4. Как подбираются молоток и ручка молотка?
5. Как надо стоять у тисков во время рубки?
6. Что представляют собой зубило и крейцмейсель, из какого металла они сделаны?
7. В каких случаях применяют в работе зубило и крейцмейсель?
8. Сколько ударов молотком по зубилу делают в минуту?
9. Что называется углом заострения режущего инструмента?
10. Что называется передней и задней гранями инструмента?
11. Какая плоскость называется обрабатываемой?
12. Как происходит образование стружки?
13. Какие углы заострения зубила и крейцмейселя для рубки стали, чугуна, бронзы, алюминия?
14. Чем отличается крейцмейсель от зубила?
15. Перечислите основные приемы рубки металлов и то, когда применяются кистевой, локтевой и плечевой удары?
16. Как производится рубка хрупких металлов?
17. Как производится заточка зубила и крейцмейселя?
18. Как производится рубка широких плоскостей в тисках?
19. Как рубят листовой материал?
20. Как отрубают куски полосового и круглого металла на плите?
21. Каковы требования безопасности при ручной рубке металла и заточке зубила и крейцмейселя?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.4 Гибка и правка металла

3.4.1 Безопасность труда при правке и гибке металла

При гибке металла в холодном и горячем состоянии, чтобы избежать ушибов и ранений, необходимо прочно закреплять металл и трубы на станках; следить за исправностью ограждений, электрооборудования, проводов, пусковых устройств и защитного заземления.

Инструменты, находящиеся в работе, должны соответствовать следующим условиям:

- молотки и кувалды должны иметь надежно заклинивание;
- рабочие части молотков, бородков, подкладок, оправок не должны иметь расклепа;
- рабочая поверхность деревянного молотка должна иметь гладкую, равную поверхность, без трещин и отколов; рукоятки молотков должны быть изготовлены из дерева твердой породы (береза, бук, клен, дуб) и не иметь сучков.
- правильные плиты с гладкой и ровной рабочей поверхностью должны быть установлены на прочном основании.

Листы металла необходимо очищать только металлической щеткой, а после чего протирать ветошью. При ручной гибке металла должен быть надежно закреплен в тисках.

Правку металла проводить только на надежных подкладках, исключающих возможность соскальзывания металла при ударе.

Нельзя держать левую руку близко к месту сгиба заготовки. На руке, удерживающей заготовку, должна быть надета рукавица.

Во время работы необходимо уделять особое внимание установке и закреплению в тисках круглых и плоских оправок, так как они могут вырываться из тисков и вызвать ушибы рук и ног. Для предохранения рук от повреждения при правке следует работать в рукавицах.

При изгибе труб в горячем состоянии поддерживать их следует только в рукавицах во избежание ожогов рук.

Работать необходимо только исправным инструментом. Не стоять за спиной работающего и не работать, если кто-то стоит за работающим.

3.4.2 Приемы гибки металла

Гибка полосового и пруткового материала. Гибка является одной из наиболее распространенных формоизменяющих операций холодной штамповки, которая широко используется для получения разнообразных деталей из листового металла, профильного проката, труб и проволоки. В процессе гибки металл подвергается одновременному действию растягивающих и сжимающих усилий: на наружной стороне гиба волокна металла растягиваются и удлиняются, на внутренней стороне гиба – сжимаются и укорачиваются. И только центральный слой, или нейтральная линия, в момент гиба не испытывает сжатия и растяжения. Длина нейтральной линии после изгиба заготовки не изменяется. Если напряжения изгиба не превышают предела упругости материала, деформации заготовки будут упругими, и после снятия напряжений заготовка примет свой первоначальный вид.

Существует и другой вид гибки – с растяжением, при котором обеспечивается получение точных углов и радиусов изгиба. Заготовка при такой гибке подвергается действию добавочной растягивающей силы, при этом все волокна металла испытывают растяжение. Наблюдается лишь некоторое сокращение площади поперечного сечения, тогда как угол и радиус гиба не изменяются.

При изготовлении деталей с очень малыми радиусами гиба возникает опасность разрыва наружного слоя заготовки в месте изгиба вследствие чрезмерного для данного мате-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

риала относительного удлинения этого слоя. Опасность разрыва увеличивается при наличии дефектов поверхности заготовки (трещин, вырывов). Величина минимально допустимого радиуса гиба зависит от механических свойств материала заготовки, качества ее поверхности и от применяемой технологии гибки. Детали с очень малыми радиусами закругления следует изготовливать из пластичных материалов или предварительно подвергать исходный материал термической обработке — отжигу. При изготовлении деталей из малопластичных материалов с относительно малыми радиусами закруглений необходимо применять процессы гибки, при которых возникают незначительные растягивающие силы. Последние уменьшаются вследствие трения заготовки о гибочное приспособление или штамп.

Радиус гиба детали не следует принимать близким к минимально допустимому приведенному в табл. 3.13, если это не вызвано конструктивными требованиями. По технологическим соображениям даже для наиболее пластичных материалов нецелесообразно допускать радиус гиба меньше толщины заготовки.

Таблица 3.13 **Минимально допустимый радиус гиба**

Толщина заготовки, мм		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Радиус гиба, мм, детали из:	стали	—	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,5	3,5	5,5	9,0	13	16
	дюралюминия	—	1,0	1,5	1,5	1,8	2,4	3,0	3,6	4,5	6,5	9,0	11	16	20	22
	алюминия	—	0,5	0,5	0,5	0,6	1,0	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	6	7
	меди	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	5,0
	латуни	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5

Следует принимать во внимание, что при вырубке материал заготовки вблизи линии среза наклепывается (уплотняется) и его пластичность снижается; это вызывает необходимость увеличения минимально допустимого радиуса гиба. С увеличением толщины листового проката его пластические свойства снижаются, вследствие чего величина минимально допустимого радиуса значительно повышается. Несоблюдение основных положений при выборе радиуса гиба заготовок или деталей приводит к появлению трещин и других дефектов на металле.

Разновидности гибки обусловлены требованиями к свойствам готовых деталей и формой исходных заготовок, скоб, петель, кронштейнов, колец и других изделий из листового, круглого и профильного металла. Заготовки можно изгибать под углом, по радиусу и по фасонным кривым. В зависимости от размеров и формы детали, профиля исходной заготовки и характера производства гибка осуществляется в штампах, на эксцентриковых, кривошипных, фрикционных и гидравлических прессах; на специальных ручных или механизированных устройствах и на гибочных и профилировочных станках. Как правило, длина заготовки указана на чертеже. Если этого размера нет, профиль заготовки следует разбить на участки, затем подсчитать длину закругления и длину прямолинейных отрезков и все полученные величины сложить. Сумма показывает общую длину заготовки.

Пример 1. Определить длину заготовки для случая с одним перегибом, рис. 3.210, *а*. Для данного случая:

$$L = l_1 + \frac{\pi}{2}\left(r + \frac{s}{2}\right) + l_2 .$$

Подставляем размеры: l_1=30 мм, l_2 = 50 мм, r = 40 мм, s = 16 мм в формулу и получаем:

$$L = 30 + \frac{3{,}14}{2}\left(40 + \frac{16}{2}\right) + 50 = 155{,}4 мм .$$

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Пример 2. Определить длину заготовки для случая с двойным перегибом, рис. 3.210, *б*. Для данного случая:

$$L = l_1 + \frac{\pi}{2}\left(r_1 + \frac{s}{2}\right) + l_2 + \frac{\pi}{2}\left(r_2 + \frac{s}{2}\right) + l_3 .$$

Подставляем размеры: l_1=30 мм, l_2 = 60 мм, l_3 = 50 мм, r_1= r_1= 40 мм, s = 16 мм в формулу и получаем:

$$L = 30 + \frac{3{,}14}{2}\left(40 + \frac{16}{2}\right) + 60 + \frac{3{,}14}{2}\left(40 + \frac{16}{2}\right) + 50 = 291{,}2 мм$$

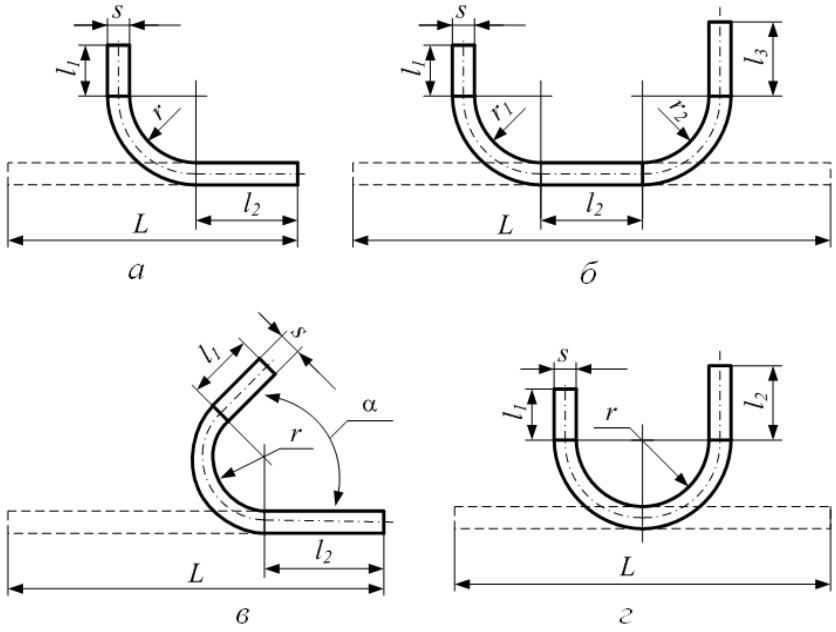


Рис. 3.210. Определение длины заготовки с закруглением

Пример 3. Определить длину заготовки для случая с перегиба с углом α, рис. 3.210, *в*. Для данного случая:

$$L = l_1 + \frac{\alpha\pi}{180}\left(r + \frac{s}{2}\right) + l_2 .$$

Подставляем размеры: α=70°, l_1=40 мм, l_2=50 мм, r=35 мм, s=16 мм в формулу и получаем:

$$L = 40 + \frac{70 \cdot 3{,}14}{180}\left(35 + \frac{16}{2}\right) + 50 = 142{,}5 мм .$$

Пример 4. Определить длину заготовки для случая с U-образной формой заготовки, рис. 3.210, *г*. Для данного случая:

$$L = l_1 + \pi\left(r + \frac{s}{2}\right) + l_2 .$$

Подставляем размеры: l_1=30 мм, l_2=40 мм, r=40 мм, s=16 мм в формулу, получаем:

$$L = 30 + 3{,}14\left(40 + \frac{16}{2}\right) + 40 = 220{,}7 мм .$$

При гибке деталей под прямым углом без закругления с внутренней стороны припуск на загиб берется от 0,5 до 0,8 толщины материала. Складывая длину внутренних сторон угольника или скобы, получаем длину заготовки детали.

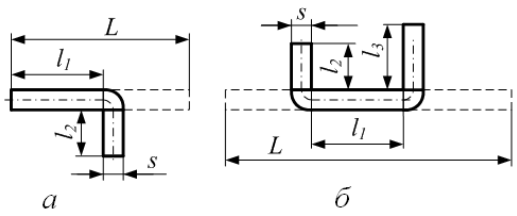
В результате предварительных подсчетов можно изготовить деталь точно установленных размеров.

Гибка полосового материала. Полосовую сталь удобнее всего гнуть в слесарных тисках. Для этого нужно установить заготовку таким образом, чтобы сторона с нанесенной на

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

нее риской места загиба была обращена к неподвижной губке тисков. Риска должна выступать над губкой примерно на 0,5 мм. Удары наносить следует тоже в направлении неподвижной губки тисков (рис. 3.211).

Пример. На рис. 3.212, *а* показан угольник и на рис. 3.210, *б* скоба с прямыми внутренними углами.



а *б*

Рис. 3.212. Определение длины заготовки без закруглений с прямыми вершинами внутренних углов

Размеры угольника: l_1=30 мм, l_2=70 мм, s =12 мм. Длина заготовки угольника:

$$L = l_1 + l_2 + 0{,}5s = 30 + 70 + 0{,}5 \cdot 12 = 106 мм .$$

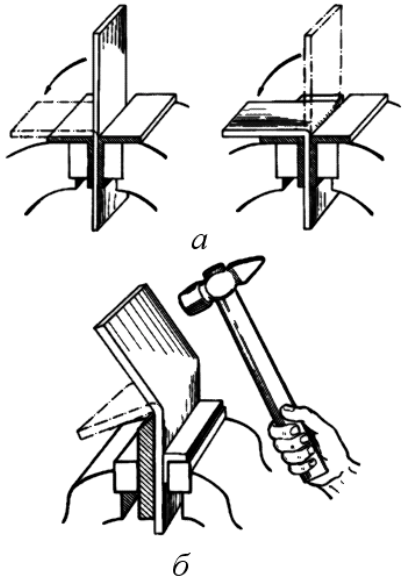
Размеры скобы с прямыми внутренними углами: l_1=30 мм, l_2=70 мм, l_3=50 мм, s =12 мм. Длина заготовки угольника:

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + 0{,}5s = 30 + 70 + 50 + 0{,}5 \cdot 12 = 156 мм .$$

Для того чтобы загнуть полосу под острым углом, необходимо воспользоваться оправкой, которая соответствует требуемому углу загиба. Ее нужно зажать в тисках вместе с заготовкой, расположив высокой стороной к ней, и загнуть ударами молотка.

Для большей наглядности рассмотрим несколько примеров гибки.

На рис. 3.213 показано схематически изготовление двойного изогнутого угольника из листовой стали толщиной 1,5 мм. Эту работу следует выполнять следующим образом.



а

б

Рис. 3.211. Приемы гибки полос: *а* – порядок гибки; *б* – гибка острого угла

1. Вырубить из листа заготовку для угольника.
2. Выправить заготовку.
3. Опилить ширину заготовки в размер по чертежу.
4. Зажать заготовку в тисках между двумя угольниками-накладками.
5. Загнуть первую полку угольника.
6. Снять деталь с тисков, затем снять один угольник и вместо него поставить брусок-подкладку.
7. Зажать деталь в тисках между угольником и бруском-подкладкой.
8. Загнуть вторую полку угольника.
9. Снять деталь с тисков.
10. Опилить концы полок в размер.
11. Снять заусенцы с острых ребер детали.

Изготовление полукруглой скобы из полосовой стали (рис. 3.214) производится в следующем порядке.

1. На полосе отмеряют длину скобы и отрубывают заготовку.
2. Отмеряют и отмечают на заготовке длину первой и второй лапок скобы.
3. Зажимают в тисках заготовку между угольниками-нагубниками на уровне прочерченной риски.
4. Загибают первую лапку скобы и выколачивают первое закругление.
5. Переставляют деталь в тисках, зажав ее за вторую лапку на уровне риски.
6. Загибают вторую лапку скобы и выколачивают второе закругление.
7. Загибают полукруг ударами молотка между раздвинутыми губками тисков, оформляют полный профиль скобы по оправке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

8.Снимают деталь и нагубники с тисков.

9. Производят доводку хомутика на плите, рис. 3.215.

10. Опиливают концы лапок скобы в размер по чертежу.

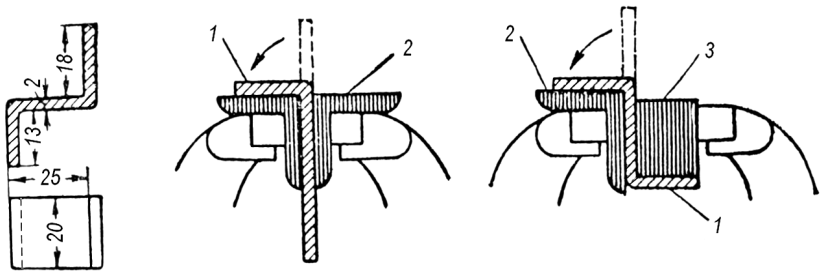


Рис. 3.213. Изготовление двойного изогнутого угольника: *1* – угольник; *2* – нагубники; *3* – подкладка

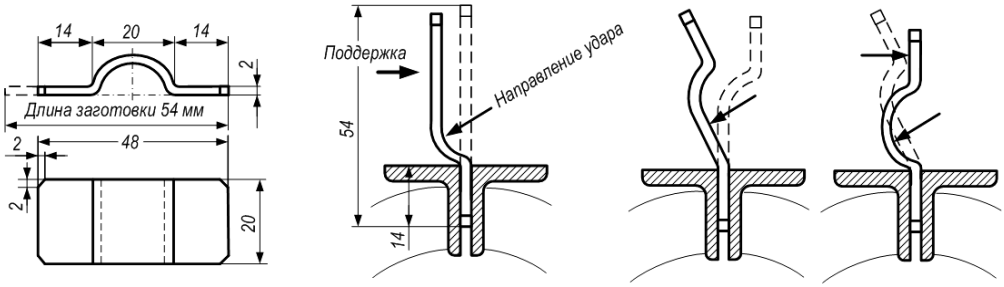


Рис. 3.214. Изготовление полукруглой скобы

Порядок изготовления прямоугольной скобы (рис. 3.216) из полосовой стали после разметки концов заготовки.

1. Зажимают заготовку в тисках между угольниками-нагубниками на уровне прочерченной риски.

2. Загибают один конец скобы.

3. Переставляют деталь в тисках, зажав ее между угольником и большим бруском-оправкой.

4. Загибают второй конец.

5. Снимают деталь с тисков и вынимают брусок оправку.

6. На загнутых концах скобы размечают длину лапок.

7. Надевают на тиски второй угольник и, вложив внутрь скобы меньший брусок-оправку, зажимают скобу в тисках на уровне рисок.

Рис. 3.215. Доводка скобы на плите

8. Отгибают первую лапку.

9. Отгибают вторую лапку.

10. Выправляют загибы по угольнику.

11. Опиливают концы лапок под размер.

12. Снимают заусенцы с острых ребер скобы.

Для крепления труб и металлических стержней различного назначения часто используется хомут из полосовой стали. Он также изготавливается на тисках. Для этого нужно взять круглую оправку нужного диаметра, зажать ее в тисках и двумя плоскогубцами загнуть на ней полоску стали необходимой ширины и длины, рис. 3.217, *а*.

Затем оправку нужно освободить из губок тисков и, зажав в них отогнутые концы хомутика, придать ему окончательную форму, рис. 3.217, *б*. Лучше наносить удары молотком не по самому хомутику (чтобы не оставить на нем забоев, вмятин и царапин), а через медную пластинку небольшой толщины, которая хорошо перераспределяет усилие удара.

Гибка полосовой стали на круглых оправках (на примере изготовления цилиндрической втулки, рис. 3.218, *г*) выполняется в следующей последовательности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

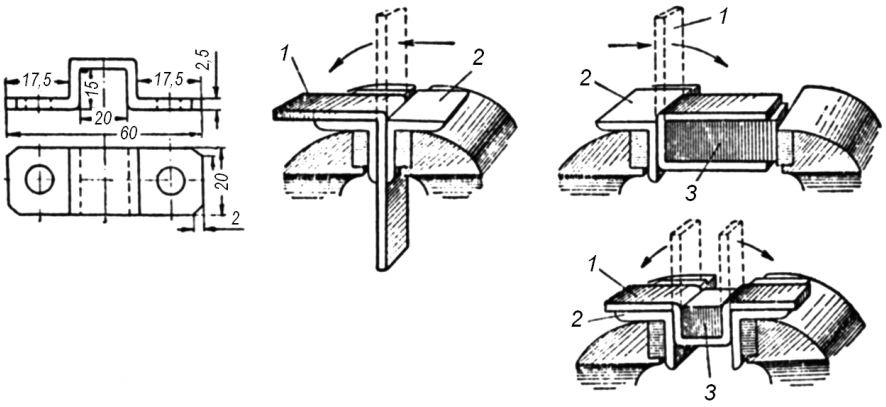


Рис. 3.216. Изготовление прямоугольной скобы: *1* – заготовка скобы; *2* – нагубник; *3* – бруски-оправки

1. Сначала определяют длину заготовки. Длина заготовки соответствует средней линии окружности. Если внешний диаметр равен 20 мм, а внутренний 16 мм, то средний диаметр буде равен 18 мм, а длина заготовки, при этом, 56,5 мм.

2. Заготовку с оправкой зажимают в тиски так, чтобы половина изгибаемой части находилась выше уровня губок тисков.

3. Ударами молотка конец полосы загибают по оправке, добиваясь плотного прилегания полосы к поверхности оправки, рис. 3.218, *а*.

4. Заготовку с оправкой переставляют обратной стороной (рис. 3.218, *б*), и сильными ударами молотка загибают заготовку примерно на половину окружности.

5. Ударами молотка загибают второй конец полосы по оправке (рис. 3.218, *в*) до плотного соприкосновения двух плоскостей в стыке.

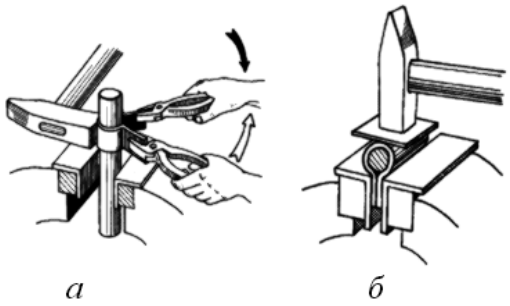


Рис. 3.217. Изготовление хомутика: *а* – загиб хомутика на оправке; *б* – придание окончательной формы

6. Заготовку освобождают из тисков, вынимают оправку и приступают к проверке качества гибки с определением диаметра по измерительной линейке.

На рис. 3.219 показан порядок изготовления ушка из полосового металла.

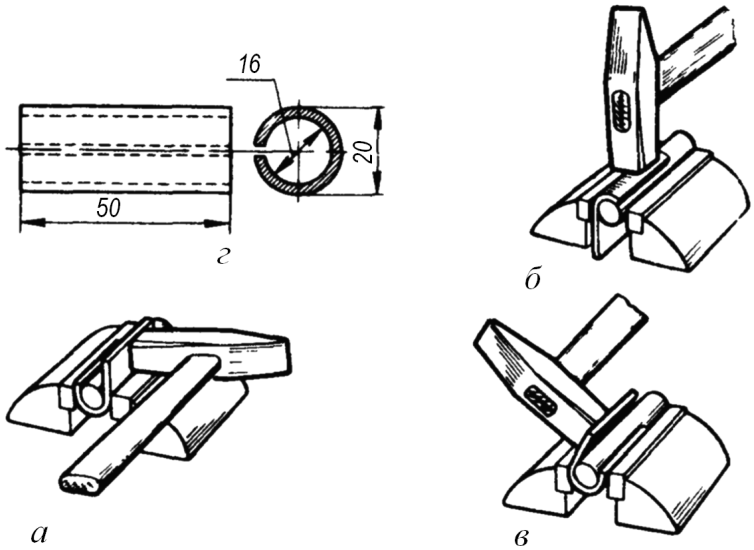


Рис. 3.218. Гибка полосового металла на круглых оправках: *а-в* – последовательность операций гибки, *г* – чертеж втулки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Гибка металла круглого сечения на круглых оправках. Гибка стального прутка круглого сечения (на примере изготовления ушка со стержнем) производится в следующей последовательности.

1. Определяют длину изгиба ушка по среднему диаметру (рис. 3.220, *а*), затем от конца прутка отмеряют (ставят риску) расстояние, равное половине окружности кольца.

2. Заготовку с оправкой зажимают в тисках так, чтобы очерченная риска для полуокружности находилась на уровне губок тисков.

3. Ударами молотка загибают полукольцо, рис. 3.220, *б*.

4. Заготовку с оправкой переставляют обратной стороной и ударами молотка средней силы загибают второе полукольцо, рис. 3.220, *в*.

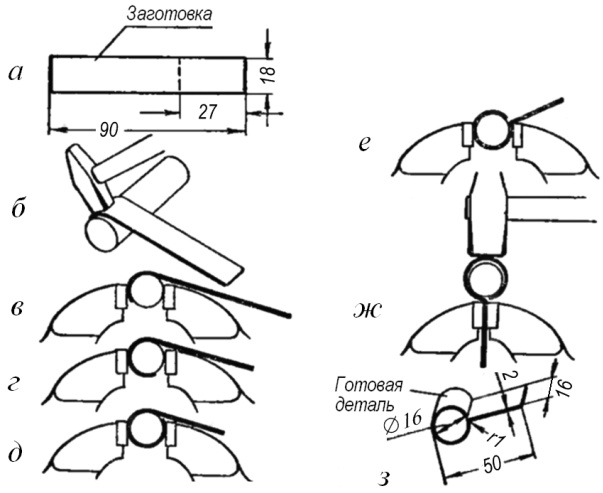


Рис. 3.219. Изготовление ушка: *а* – заготовка; *б-ж* – последовательность операций по гибке; *з* – готовая деталь

5. Ушко с оправкой зажимают в тиски и ударами молотка придают стержню правильное по отношению к кольцу положение, рис. 3.220, *г*.

Качество гибки проверяют на симметричность расположения кольца по отношению к стержню.

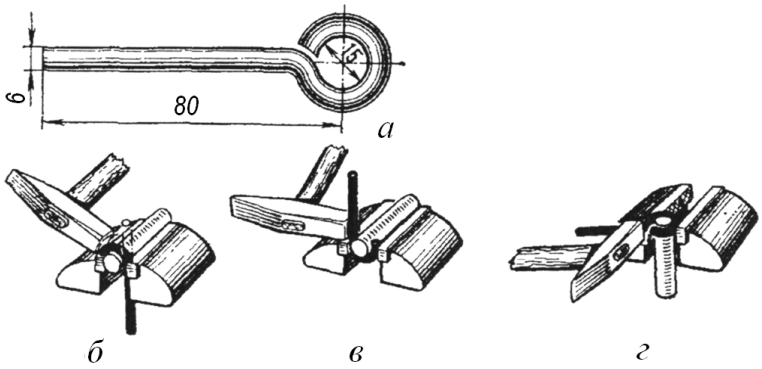


Рис. 3.220. Гибка круглого металла на круглых оправках: *а* – изделие; *б-г* – последовательность операций гибки

Гибка угловой стали. Перед изгибом углового профиля, на одной из его полок необходимо сделать краевую вырубку, как показано на рис. 3.221, и согнуть уголок, руководствуясь приемами гибки полосовой стали.

Гибка с применением приспособлений. Гибка полосовой стали на ребро с применением приспособления (рис. 3.222) выполняется в следующей последовательности.

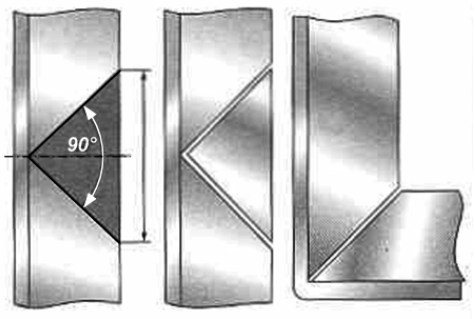


Рис. 3.221. Гибка прокатного уголка под прямым углом

1. От стальной полосы отрезают заготовку по размеру чертежа с припуском 5 мм.

2. Ролики приспособления смазывают для облегчения изгиба полосы.

3. Рычаг отводят в верхнее положение *1* (рис. 3.222, *в*), заготовку вставляют в прямоугольное отверстие так, чтобы ее выступающий конец соответствовал заданному размеру (обычно этот размер отмеряют от наружной грани приспособления). Затем заготовку зажимают в приспособлении винтами.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4. Рычаг приспособления обхватывают двумя руками и с большим усилием отводят рычаг вниз (положение *2* рис. 3.222, *в*). Обкатывая роликами заготовку по радиусной сфере приспособления, получим изгиб полосы на ребро (рис. 3.222, *б*).

5. Правильность изгиба проверяется угольником.

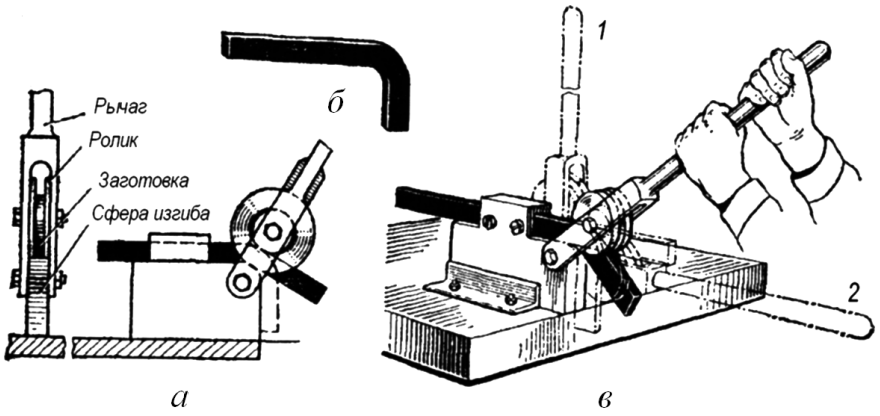


Рис. 3.222. Гибка полосовой стали на ребро: *а* – схема приспособления; *б* – образец гибки; *в* – прием гибки

Гибку полосовой стали под прямым углом можно осуществлять в приспособлении показанном на рис. 3.223, *а*. Гибка производится в следующей последовательности. Пуансон и матрицу закрепляют, с помощью встроенного магнита, на губках тисков. Между ними закладывают полосу. Вращая рукоятку тисков вдавливают пуансоном полосу в матрицу, рис. 3.223, *б*.

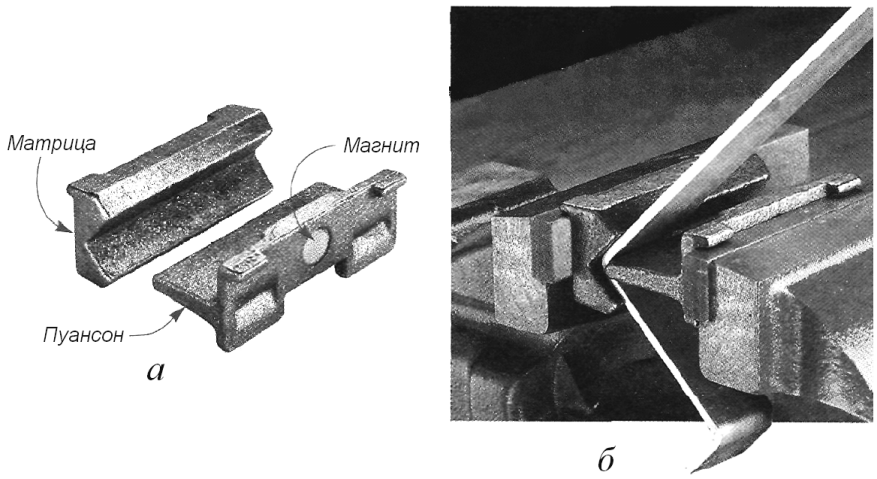


Рис. 3.223. Приспособление для гибки полосовой стали под прямым углом (*а*); гибка полосы с помощью приспособления в тисках (*б*)

Простейшим гибочным приспособлением, например, является приспособление для гибки кольца из прутка круглого сечения, рис. 3.224, *а*.

Для большого количества изделий, которые надо изогнуть одинаково, делают специальные шаблоны (постели) из толстого металла. Пластину из тонколистового металла вбивают в постель и она приобретает нужную форму, рис. 3.224, *б*.

Гибка труб. Гибку труб производят ручным и механизированным способами в горячем и холодном состоянии, с наполнителями и без них в зависимости от диаметра трубы, материала и угла загиба. При горячей гибке с наполнителем трубу отжигают и размечают. Забивают один конец пробкой для предупреждения смятия, выпучивания и появления трещин при гибке трубу плотно заполняют мелким сухим песком. Слабая набивка приводит к сплющиванию трубы в местах изгиба, поэтому песок необходимо уплотнять, обстукивая трубу снизу доверху. После заполнения песком другой конец трубы забивают пробкой с отверстиями для выхода газов, образующихся при нагреве.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

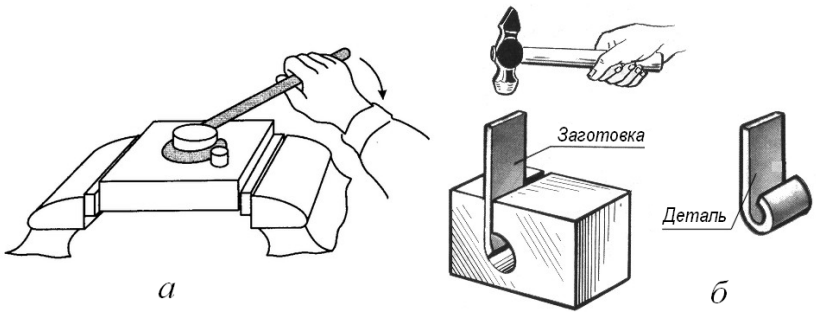


Рис. 3.224. Приспособление для гибки кольца (*а*) и шаблон для загибания кольца (*б*)

В зависимости от диаметра и материала трубы должен быть установлен минимально допустимый радиус гиба, который берется *не меньше трех диаметров* трубы. Длина нагреваемой части трубы зависит от ее диаметра и угла гиба. Если трубу изгибают под углом 60°, то нагревают участок длиной, равной четырем диаметрам трубы; если изгибают под углом 45°, то длиной, равной трем диаметрам, и т.д. Длину нагреваемого участка трубы определяют по формуле:

$$L = \alpha \frac{d}{15}, \text{ мм}$$

где: α – угол гиба трубы, градусы; *d* – наружный диаметр трубы, мм.

При гибке труб диаметром 10 мм и больше необходимы специальные приспособления. Трубы диаметром 10-25 мм изгибают в приспособлениях типа рамки. Приспособление (рис. 3.225) имеет стальные планки *1* и *15*, соединенные между собой колонками *17*. В отверстиях планок установлены пальцы *3* и *10* с роликами *12* и *16*. В центре планок установлен гидроцилиндр *6*, закрепленный винтом *5*. Передний торец трубы запрессован в головку *7*. Эксцентрик рукоятки *8* шарнирно соединен осями с проушинами головки и со штоком *4*.

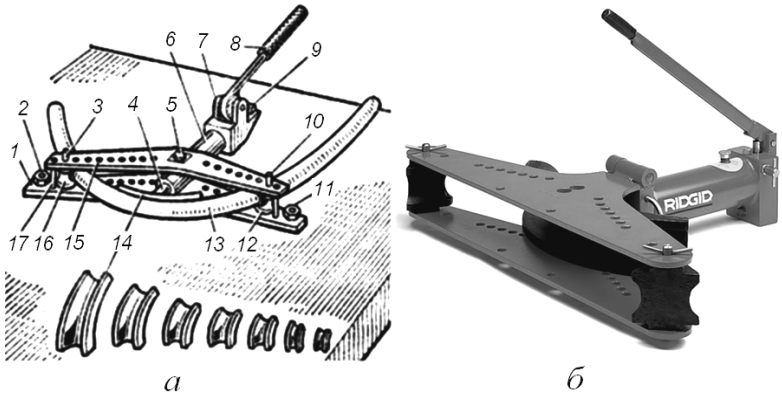


Рис. 3.225. Прием ручной гибки труб с помощью фасонных вставок на гибочном приспособлении (*а*) и гидравлический трубогиб (*б*): *1*, *15* – планки; *2*, *9*, *11* – болты; *3*, *10* – пальцы; *4* – шток; *5* – винт; *6* – гидроцилиндр; *7* – головка; *8* – рукоятка; *12*, *16* – ролики; *18* – колонки

Перед началом гибки труб приспособление крепят болтами *2*, *9*, *11* к чугунной массивной плите *18*. После этого вывинчивают винт *5* и снимают с колонок планку *15*. Затем устанавливают в другие отверстия пальцы *3* и *10* с роликами *12* и *16*, к роликам прикладывают изгибаемую часть трубы *13*, надевают на колонки планку *15* и закрепляют винтом *5*. Далее прикладывают к трубе фасонную вставку *14*, имеющую диаметр и радиус гиба трубы, и, нажимая на рукоятку *8*, производят гибку трубы.

В табл. 3.14. приведены характеристики гидравлического трубогиба RIDGID с закрытой рамой.

Трубы с наполнителем обычно гнут на деревянных или стальных оправках, шаблонах и роликовых приспособлениях. Гибка труб в холодном состоянии производится и с наполнителями и без них, а в нагретом состоянии – преимущественно с наполнителями. Трубы

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

небольшого диаметра (примерно до 20 мм) при радиусе загиба более 50 мм можно гнуть в холодном состоянии без наполнителя.

Таблица 3.14 **Гидравлический трубогиб RIDGID с закрытой рамой**

Для труб	Усилие, кН	Комплект башмаков	Вес, кг
3/8" – 1¼"	50	3/8", 1/2", 3/4", 1", 1¼"	46
3/8" – 2"	80	3/8", 1/2", 3/4", 1", 1¼", 1½, 2"	82
3/8" – 3"	130	3/8", 1/2", 3/4", 1", 1¼", 1 ½, 2", 2 ½", 3"	182
3/8" – 4"	200	3/8", 1/2", 3/4", 1", 1¼", 1 ½, 2", 2 ½", 3", 4"	420

Преимущество гнутых деталей трубопроводов по сравнению с фасонными частями заключается в плавности перехода, создании меньших сопротивлений при движении жидкости, пара и газа, в отсутствии лишних соединений.

Основные виды гнутых деталей: отводы, отступы (утки), скобы, калачи, компенсаторы и др., рис. 3.226.

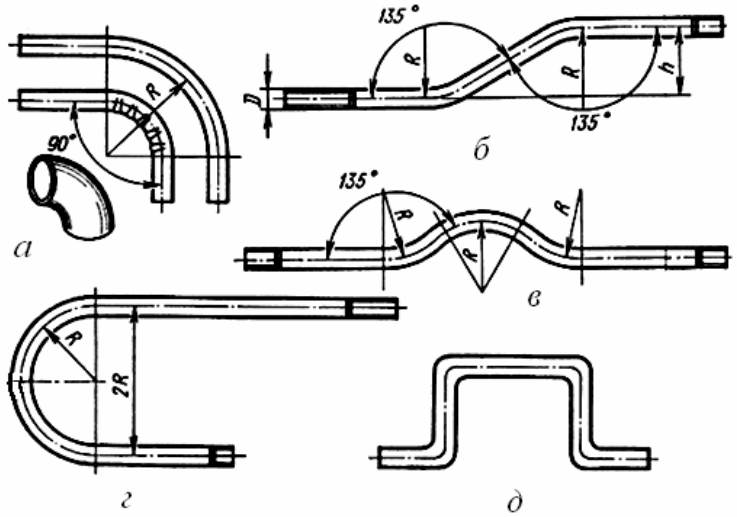


Рис. 3.226. Гнутые детали трубопроводов: *а* – отводы; *б* – отступ (утка); *в* – скоба; *г* – калач; *д* – компенсатор

Отвод – изогнутая под углом 45, 60, 90 и 135° деталь, которую используют при изменении направления трубопровода. Отводы бывают крутоизогнутые, обеспечивающие минимальный радиус поворота, складчатые, имеющие малый радиус поворота *R*, и обычные.

Отступ (утка) – деталь с двумя изогнутыми частями, обычно под углом 135°. Утки применяют в тех случаях, когда присоединяемая деталь лежит не на одной оси с трубопроводом или при обходе препятствия. Расстояние между осями отогнутых концов трубы называется вылетом *h*.

Скоба – деталь с тремя изогнутыми углами. Скобы используют при обходе другого трубопровода.

Калач – деталь с поворотом в форме полуокружности. Калач заменяет два отвода, и его используют преимущественно для соединения двух отопительных приборов, расположенных один над другим, на подводках к прибору. Расстояние между осями отогнутых концов калача равно 2*R*.

Компенсатор – деталь П-образной формы, устанавливаемая для уравновешивания влияния температурных удлинений трубопровода.

Во время гибки на выпуклой части трубы (затылке) металл растягивается, и стенка трубы становится несколько тоньше. На вогнутой части трубы, наоборот, металл сжимается. Таким образом, металл трубы испытывает на выпуклой и вогнутой частях изогнутой дета-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ли соответственно растягивающее и сжимающее усилия, ввиду чего в этих местах прочность трубы уменьшается.

В середине боковой части металл трубы также испытывает напряжение. Наименьшее напряжение металл испытывает в точках, расположенных посередине между выпуклой или вогнутой частями изгиба и серединой боковой части. Поэтому при гибке труб шов трубы как менее прочное место располагают под углом 45° к плоскости изгиба. Чем меньше радиус кривизны, тем больше растягивается металл на выпуклой стороне трубы.

В процессе гибки, особенно тонкостенных труб, в месте изгиба образуется из-за смятия *1* овальность трубы (рис. 3.227), которая не должна превышать 10%. На вогнутой части трубы может появиться волнистость *2*, величина которой не должна превышать 3%.

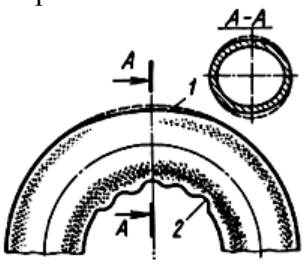


Рис. 3.227. Деформация труб при гибке: *1* – смятие; *2* – волнистость

Гибку трубы холодным способом с наполнителем – песком осуществляют следующим образом.

1. Изготовляют две деревянные пробки диаметром, равным внутреннему диаметру трубы, и длиной, соответствующей четырем-пяти ее диаметрам.

2. Пробку вставляют в один конец трубы и забивают ее молотком на глубину двух-трех диаметров.

3. Просеивают мелкий сухой речной песок. Трубу устанавливают в вертикальное положение (концом с пробкой вниз) и насыпают в нее просеянный песок.

4. Песок уплотняют, постукивая молотком по поверхности трубы или ударяя трубу о прокладку, находящуюся на полу. После уплотнения песка деревянную пробку забивают во второй конец трубы.

5. Место изгиба размечают мелом. Надевают рукавицы.

6. Изгибаемую трубу вставляют в трубный прижим, между угловой выемкой основания и сухарем с уступами, и вращением рукоятки зажимают трубу в прижиме.

7. На конец изгибаемой трубы надевают отрезок трубы большего диаметра так, чтобы ее конец немного не доходил до метки изгиба, затем охватывают трубу двумя руками и с большим усилием отводят ее в направлении изгиба, рис. 3.228, *а*. Для контроля окончания изгиба на среднюю линию трубы накладывают проверочный шаблон.

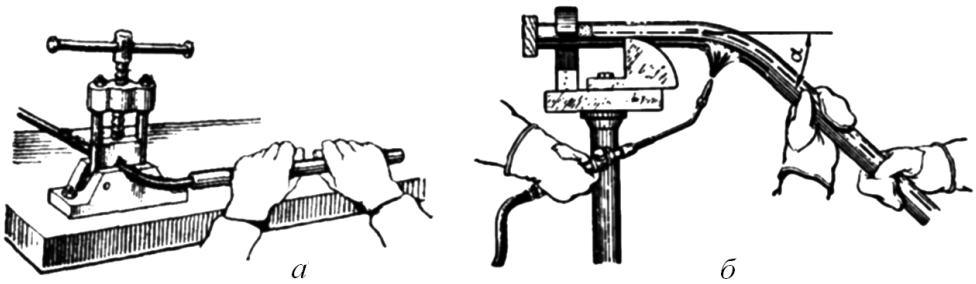


Рис. 3.228. Прием гибки стальных труб вручную: *а* – холодным; *б* – горячим способом

8. После окончания изгиба трубу освобождают из прижима, выбивают деревянные пробки и высыпают песок.

Гибка трубы горячим способом с наполнителем – песком. Тонкостенные трубы диаметром 30 мм и больше с малым радиусом изгиба гнут только в нагретом состоянии с наполнителями (рис. 3.228, *б*).

Выполняется эта операция по заранее заготовленным шаблонам. В процессе гибки трубу проверяют по месту или по изготовленному из проволоки шаблону.

Отмеряют от конца трубы длину до центра изгиба и в этом месте проводят черту поперек трубы. От метки засекают мелом по обе ее стороны по половине длины предназначенной к нагреву части трубы.

При наполнении трубы песком перед гибкой в торце одной из пробок необходимо сделать отверстие для выхода газов, иначе может разорвать трубу. При гибке труб в горячем состоянии их следует поддерживать только в рукавицах во избежание ожогов рук.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Трубы нагревают паяльными лампами, в горнах или пламенем газовых горелок до вишнево-красного цвета на длине, равной шести диаметрам. Нагревание продолжают до тех пор, пока не прокалится в трубе песок, иначе труба быстро остынет и гибку не удастся закончить за один нагрев.

В случае перегрева трубу до гибки следует охладить до вишнево-красного цвета. Трубы рекомендуется гнуть с одного нагрева, так как повторный нагрев ухудшает качество металла.

При нагреве следует обращать особое внимание на прогрев песка. Нельзя допускать излишнего перегрева отдельных участков; в случае перегрева трубу охлаждают водой. От достаточно нагретой части трубы отскакивает окалина. После нагрева трубу изгибают по шаблону или копиру вручную.

По окончании гибки выколачивают или выжигают пробки и высыпают песок. Плохое, неплотное заполнение трубы, недостаточный или неравномерный прогрев перед гибкой приводит к образованию складок или разрыву.

Гибку стальной трубы на ручном станке (трубогибе) в холодном состоянии без наполнителя выполняют в следующей последовательности.

1. Ручной станок подготавливают к гибке, устанавливают рукоятку в исходное положение.

2. На трубе мелом отмечают начало изгиба.

3. Один конец трубы закладывают между подвижным и неподвижным роликами и в отверстие хомутика так, чтобы линия разметки на трубе совместилась с риской, нанесенной на поверхности неподвижного ролика.

4. Рукоятку берут двумя руками и поворачивают ее по часовой стрелке на заданный угол по шаблону, рис. 3.229. Если усилия рук недостаточно, то для того, чтобы увеличить плечо приложения силы, на рукоятку надевают отрезок трубы.

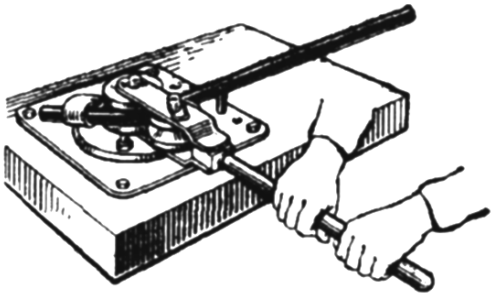


Рис. 3.228. Прием гибки стальных труб ручным трубогибочным станком

Правильность изгиба проверяют по шаблону или по детали (изогнутой трубе).

В настоящее время для гибки труб промышленностью выпускается трубогиб ручной ТР-1У, рис. 3.230.

Трубогиб предназначен для ручной гибки водогазопроводных труб в условиях строительных и монтажных участков. Отличительной чертой данного трубогиба является надежная и массивная конструкция, обеспечивающая стабильность производимых работ и не требующая высококвалифицированного обслуживания. Трубогиб закрепляется четырьмя болтами на любом жестком основании и устанавливается непосредственно на монтажной площадке.

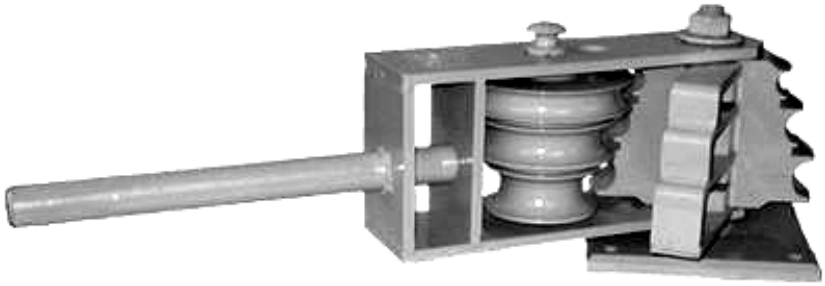


Рис. 3.230. Трубогиб ручной ТР-1У

Принцип работы трубогиба состоит в принудительном обкатывании трубы, одним концом прижатой к хомуту, вокруг неподвижного ролика подвижным роликом посредством поворота скобы на требуемый угол гибки. При гибке труб сложного профиля для установки или съема трубы с трубогиба допускается снимать подвижный ролик. Диапазон изгибаемых труб 15-25 мм, (условного прохода).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Гибка труб из цветных металлов. Медные и латунные трубы при гибке в холодном состоянии заполняют расплавленной канифолью. Деревянную пробку забивают в один из концов трубы. Трубу устанавливают вертикально (пробкой вниз) и заливают в нее канифоль, оставляя трубу в таком положении до полного затвердения канифоли. У сосуда обязательно должен быть носик для слива расплавленной канифоли в трубу.

Медные трубы, подлежащие гибке в холодном состоянии, нужно отжечь при 600-700 °С и охладить в воде. Латунные трубы отжигают при температуре 600-700 °С и охлаждают на воздухе. Дюралюминиевые трубы отжигают при температуре 350-400 °С и так же охлаждают на воздухе.

Процесс гибки аналогичен описанному выше. Канифоль после гибки выплавляют, начиная с концов трубы (при нагреве середины трубы, наполненной канифолью, трубу может разорвать). После гибки трубу необходимо отжечь при температуре 600-700° С и охладить на воздухе.

При массовом изготовлении деталей из труб применяют ручные трубогибочные приспособления (рис.3.231) и рычажные трубогибы (рис. 3.232), а для гибки труб больших диаметров – специальные трубогибочные станки и прессы.

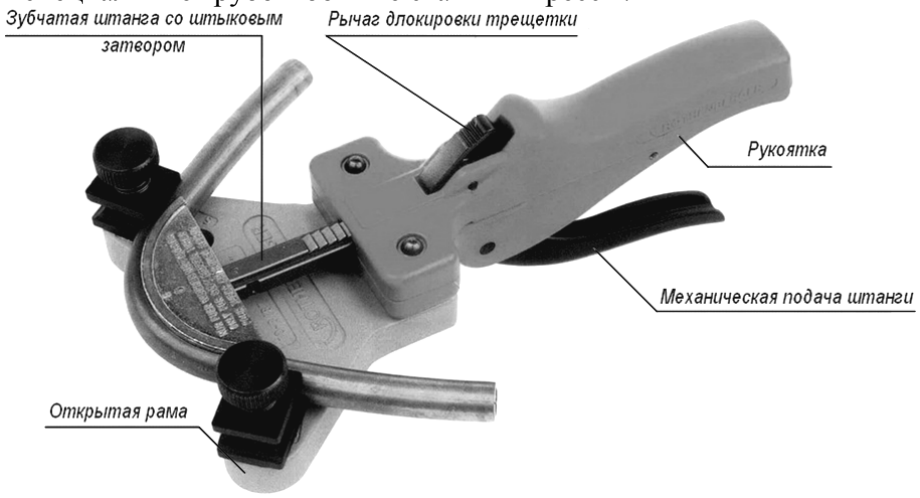


Рис. 3.231. Ручное приспособление для гибки труб из цветных металлов

При гибке трубы горячим способом на роликовом приспособлении подготовительные операции (изготовление пробок, их забивка в отверстия тубы и наполнение трубы песком) выполняются также как и при гибке в холодном состоянии. Необходимо только в пробках проделать небольшие сквозные отверстия для выхода газов при нагреве. После этой подготовки поступают следующим образом.

Рис. 3.232. Трубогиб ручной для гибки труб из цветных металлов

1. Отмеряют от конца трубы длину до центра изгиба и в этом месте проводят черту поперек трубы.

2. От метки засекают мелом по обе ее стороны по половине длины предназначенной к нагреву части трубы.

3. Нагревают трубу в размеченном месте до вишнево-красного цвета.

4. Нагретую трубу закладывают в приспособление.

5. Сгибают трубу до заданного угла и проверяют изгиб трубы по шаблону или по месту.

6. Сняв трубу с приспособления, дают ей остыть, затем вынимают из отверстий пробки и высыпают песок.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Во время нагрева трубы в горне надо наблюдать за тем, чтобы нагревалась только размеченная часть.

В качестве топлива при нагреве трубы применяют древесный уголь, торф или кокс. Кузнечный уголь менее пригоден вследствие высокого содержания в нем серы.

Механизация при гибке. Гибка – весьма трудоемкая и сложная операция, поэтому предпринимаются попытки ее механизировать. Для механизации работ при гибке используют различные гибочные машины, как ручные, так и электроприводные. Рассмотрим подробнее конструкции некоторых из них.

Универсальная гибочная машина Triod UB-100. Ручная универсальная гибочная машина UB-100 (рис. 3.233) применяется для сгибания круглых, прямоугольных и других полнотелых профилей с небольшой твёрдостью. При работе гибочная машина должна быть надежно прикреплена к неподвижному основанию.

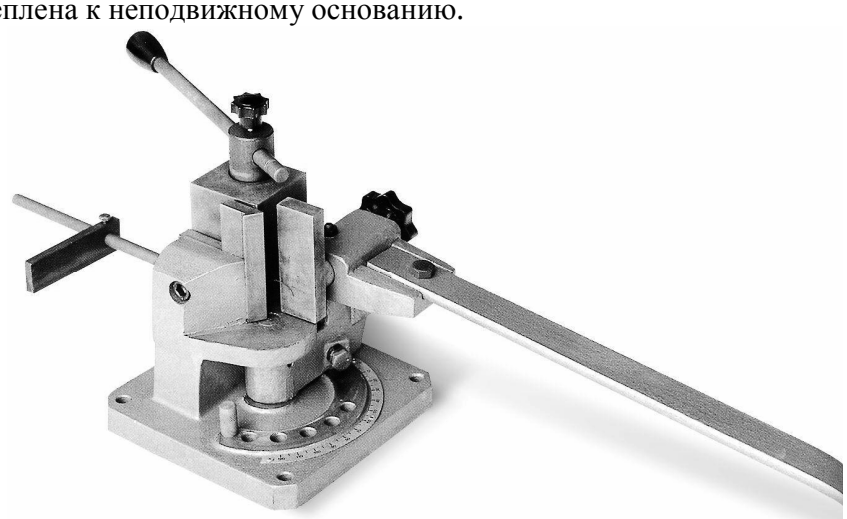


Рис. 3.233. Ручная гибочная машина Triod UB-100

UB-100 позволяет гнуть плоский профиль (сталь) 100х5 в холодном состоянии и 100х15 в горячем состоянии. Прямоугольный профиль 16х16 мм в холодном состоянии и 30х30 мм в горячем состоянии. Полосу 60х8 мм в холодном состоянии и 100х12 мм в горячем состоянии. Круглый профиль диаметром 18 мм в холодном состоянии и 30 мм в горячем состоянии. Масса машины 32 кг.

Ручная универсальная гибочная машина UNIVER BENDER (рис. 3.234) применяется для сгибания круглых, прямоугольных и других полнотелых профилей с низкой твердостью. Используется для изготовления обручей, катушек, гибку для производства сетки, дверей, ворот, балконных ограждений и т.д. Станок подходит для гибки стали, латуни, меди и алюминия. Усилие гиба 4,42 т/см. Машина позволяет гнуть профиль круглый диаметром до 15 мм, квадратный – 13х13 мм, плоский – 30х8 мм.

При работе гибочная машина должна быть надежно прикреплена к неподвижному основанию.

В производственных условиях гибка металла выполняется на гибочных станках различной конструкции. Наибольшее распространение получили трехроликовые гибочные станки как с вертикальным (рис. 3.235, *а*), так и горизонтальным (рис. 3.235, *б*) расположением роликов.

Гибочный станок состоит из верхнего ролика *2* (рис. 3.235, *а*), наладка которого относительно двух нажимных роликов *3* и *4* осуществляется вращением рукоятки *1*. Прижимы *5* устанавливают так, чтобы ролики свободно скользили по полкам профиля, не давая ему скручиваться при гибке.

Роликовые гибочные станки применяются для гибки профилей различных форм и сечений, рис. 3.235, *в*.

Станки и механизмы для гибки труб по принципу движения гибочного ролика делятся на станки с неподвижным и вращающимся роликом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

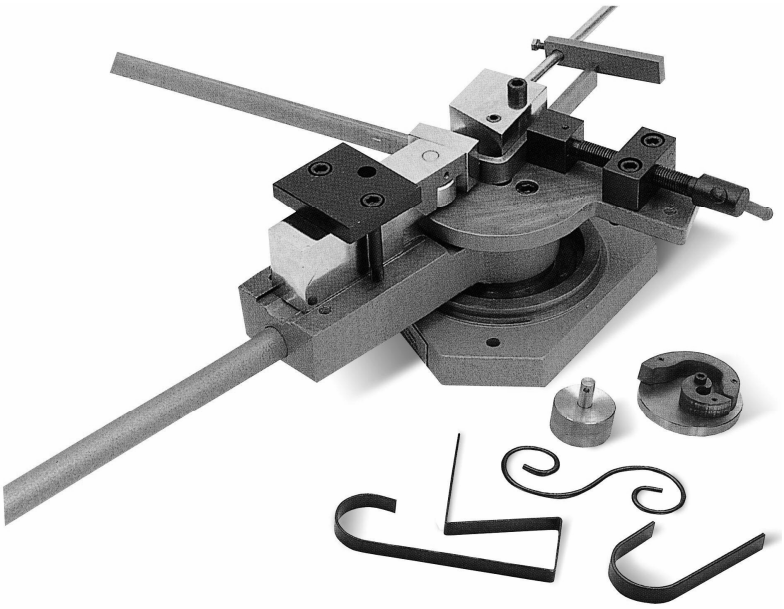


Рис. 3.234. Ручная универсальная гибочная машина UNIVER BENDER

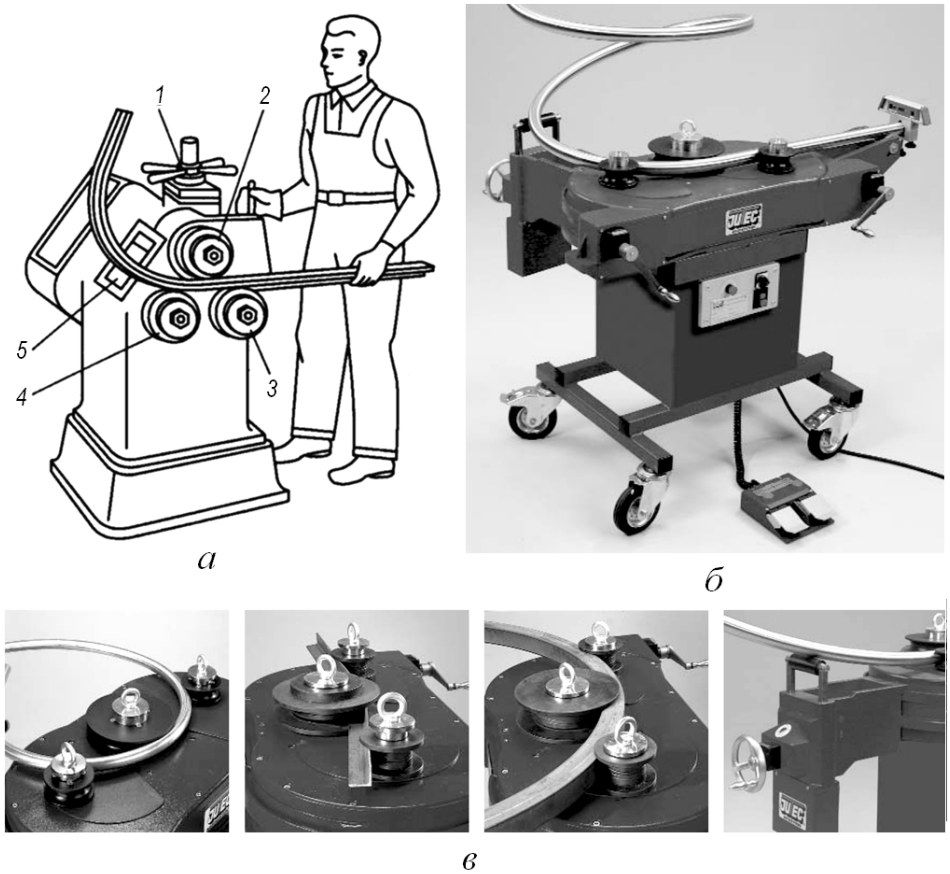
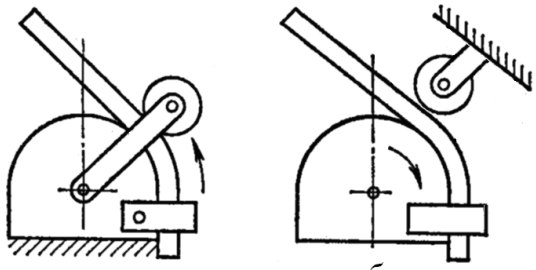


Рис. 3.235. Роликовый гибочный станок с вертикальным расположением роликов (*а*), станок RB60 с горизонтальным расположением (*б*) и примеры гибки различных профилей (*в*): *1* – рукоятка; *2* – верхний ролик; *3*, *4* – нажимные ролики; *5* – прижимы

В схеме с неподвижным гибочным роликом труба деформируется под действием перемещающегося обжимного ролика, рис. 3.236, *а*. В схеме с вращающимся гибочным роликом труба прижимается обжимным роликом, а труба как бы наматывается на ролик, рис. 3.236, *б*. На рис. 3.237 приведены приемы гибки трубы трубогибом с вращающимся гибочным роликом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

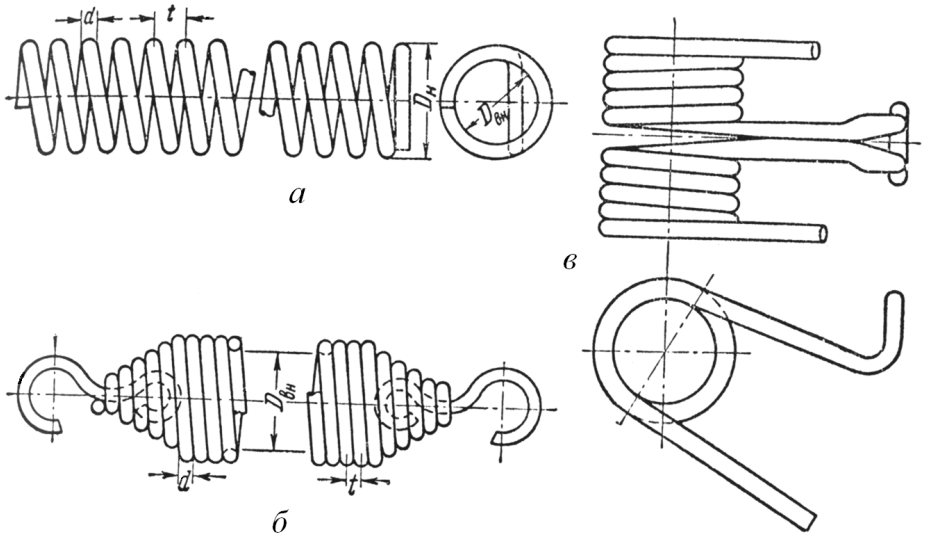


а *б*

Рис. 3.236. Схема работы трубогиба с перемещающимся обжимным роликом (*а*) и вращающимся гибочным роликом (*б*)

Рис. 3.237. Приемы гибки трубы трубогибом с вращающимся гибочным роликом

Навивка пружин. Пружиной можно назвать любую пластинку или спираль, способную пружинить, т.е. способную под действием определенной силы изменять свое первоначальное положение и восстанавливать его после прекращения действия силы. По форме пружины разделяют на цилиндрические, конические и спиральные, а по роду работы – на пружины, работающие на сжатие, растяжение и скручивание. На рис. 3.238 показаны наиболее часто встречающиеся пружины – цилиндрическая, коническая и специальная.



а *в* *б*

Рис. 3.238. Пружины: *а* – цилиндрическая, работающая на сжатие; *б* – коническая, работающая на растяжение; *в* – специальная пружина, работающая на скручивание; *d* – диаметр проволоки; $D_{Вн}$ – внутренний диаметр пружины; $D_Н$ – наружный диаметр пружины; *t* – шаг пружины

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Цилиндрическая пружина замеряется двояко: по внутреннему диаметру, если она должна быть посажена на шток или стержень (внутренний диаметр пружины необходимо также знать для подбора диаметра оправки при навивке пружины), и по наружному диаметру, если пружина должна быть заключена в трубу или в какое-либо отверстие. Наружный диаметр пружины равен внутреннему диаметру плюс два диаметра проволоки, из которой сделана пружина.

Средний диаметр пружины практически не измеряется, он служит лишь для производства технических расчетов.

У пружин различают шаг и длину.

Шагом называется расстояние между средними (осевыми) линиями двух витков, измеренное по оси пружины, или, иначе, расстояние между началом и концом одного витка при свободном положении пружины.

Длина пружины – расстояние между ее торцами.

При подсчете витков пружины подсчитываются только *рабочие витки*. У пружин, работающих на сжатие, с неприжатыми концами число рабочих витков определяется путем вычитания из числа всех витков по одному витку с каждого конца, и по ¾ витка с каждого конца, если крайние витки прижаты и сточены для образования опорной плоскости.

Перед изготовлением пружины определяют длину ее заготовки по формуле:

$$l = \pi D_0 n ,$$

где: l – длина заготовки проволоки; D_0 – средний расчетный диаметр пружины; n – число витков пружины.

Пример 1. Определить длину заготовки цилиндрической пружины, если диаметр проволоки d=3 мм, внутренний диаметр пружины $D_{Вн}$ равен 20 мм, а число витков пружины 12.

Сначала определяем средний диаметр пружины:

$$D_0 = D_{Вн} + d = 20 + 3 = 23 мм .$$

Следовательно, длина заготовки:

$$l = \pi D_0 n = 3{,}14 \times 23 \times 12 = 866{,}64 мм .$$

Пример 2. Определить длину заготовки цилиндрической пружины, если диаметр проволоки равен 2 мм, наружный диаметр пружины $D_{Н}$ равен 22 мм, а число витков пружины 10.

$$D_0 = D_H - d = 22 - 2 = 20 мм .$$

Длина заготовки:

$$l = \pi D_0 n = 3{,}14 \times 20 \times 10 = 628 мм .$$

Пример 3. Определить длину заготовки для конической пружины, если внутренний диаметр пружины у одного конца равен 22 мм, а наружный диаметр у другого конца равен 32 мм, число витков 16, а диаметр проволоки 3 мм.

Средний диаметр у одного конца:

$$D_0 = 22 + 3 = 25 мм .$$

Средний диаметр у другого конца:

$$D_0 = 32 - 3 = 29 мм .$$

Средний расчетный диаметр:

$$D_0 = \frac{25 + 29}{2} = \frac{54}{2} = 27 мм .$$

Длина заготовки:

$$l = 3{,}14 \times 27 \times 16 = 1356{,}48 мм$$

Навивка цилиндрических пружин производится в тисках (рис. 3.239, *а*), на токарном (рис. 2.239, *б*) и сверлильном (рис. 3.239, *в*) станках или специальных автоматах.

Пружины небольшого диаметра навивают в тисках на цилиндрической оправке. Диаметр оправки должен быть меньше внутреннего диаметра пружины, так как пружина после снятия ее с оправки немного расходится, т.е. увеличивается в диаметре. На конце оправки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сверлят отверстие диаметром на 0,1-0,2 мм больше диаметра проволоки, из которой навивается пружина.

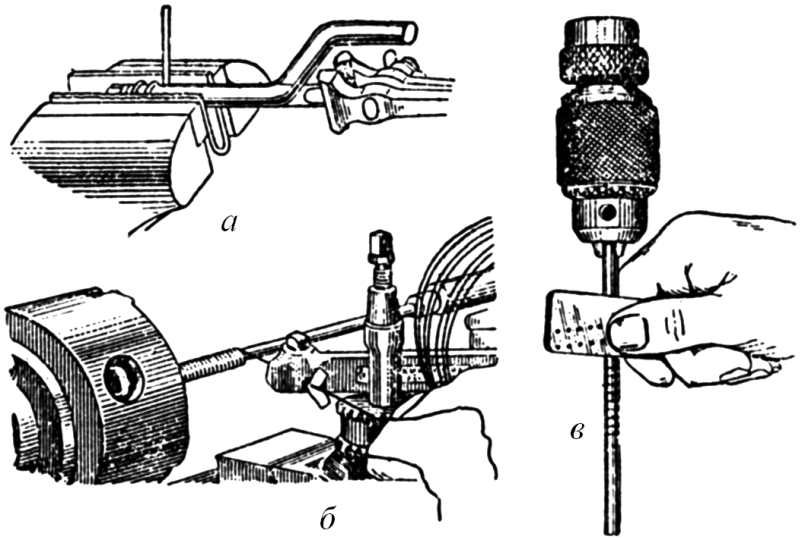


Рис. 3.239. Навивка пружины: *а* – в тисках при помощи ручных тисочков или с помощью изогнутого стержня; *б* – на токарном станке; *в* – на сверлильном станке

Конец пружинной проволоки заправляют в отверстие и в холодном или нагретом состоянии загибают проволоку под углом, для того чтобы она при навивке не соскочила с оправки. Оправку со вставленной в ее отверстие проволокой зажимают в тисках между деревянными, свинцовыми или медными нагубниками (зажим должен быть такой силы, чтобы оправка могла туго вращаться в нагубниках) и, придерживая левой рукой проволоку, начинают правой рукой вращать оправку при помощи рукоятки.

Закончив навивку пружины, откусывают конец проволоки острогубцами или отламывают его, сделав предварительно надрез трехгранным личным напильником или надфилем. Затем отрезают противоположный конец проволоки, вставленный в оправку.

Если полученная пружина по длине рассчитана на то, чтобы из нее сделать несколько отрезков (несколько пружин), то ее разрубывают на части соответственно требуемым размерам. Делают это вручную зубилом при помощи приспособления (рис. 3.240) или на реечном прессе.

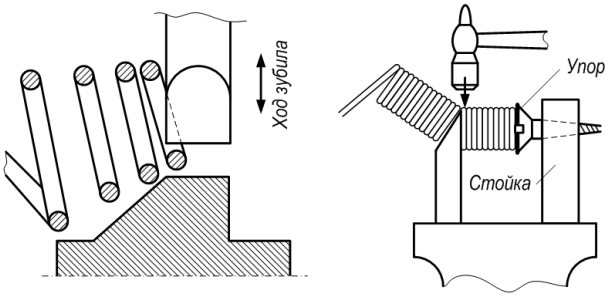


Рис. 3.240. Рубка пружины в приспособлении

У нажимных пружин ответственного назначения концы прижимают к телу пружины и, кроме того, затачивают. Обработка концов пружины показана на рис. 3.241. Чтобы прижать конец пружины, ее последний виток нагревают пламенем газовой горелки или паяльной лампы. При этом пламя пропускают через направляющую трубку. Виток пружины вставляют в трубку так, как показано на рис. 3.241, *в*. Как только виток нагреется до красного каления, его вынимают из трубки и быстро прижимают пружину к какой-либо плоской поверхности. После обжатия концы затачивают на шлифовальных кругах. Сначала делается грубая обдирка, а затем окончательная заточка.

У пружин работающих на растяжение, концам придают форму полукольца (рис. 3.241, *в*) или кольца, рис. 3.241, *д*. Сперва полукольцо или кольцо отгибают на 60 или 90°, затем его отводят в центр, рис. 3.241, *е*.

У пружин работающих на скручивание (рис. 3.242), концы заделывают при помощи специальных приспособлений. При изготовлении таких пружин заготовку изгибают в дугу и навивают одновременно обе стороны дуги.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

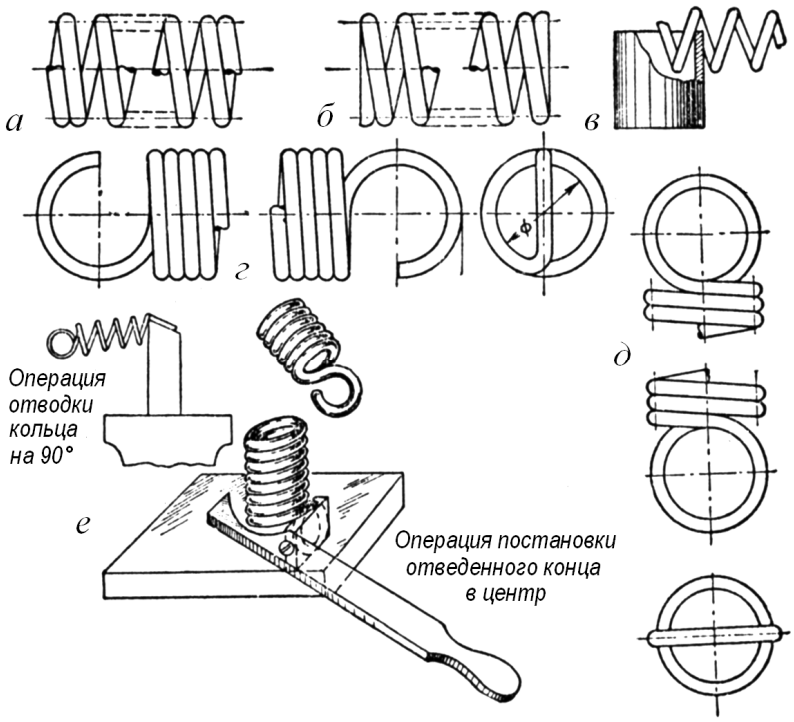


Рис. 3.241. Обработка концов пружины: *а* – концы не обработаны; *б* – концы обработаны, прижаты и обточены; *в* – нагрев конца пружины в трубе перед обработкой; *г* – концы пружины заделанные в виде полукольца; *д* – концы пружины заделаны в виде кольца; *е* – отводка кольца пружины и окончательная обработка его в приспособлении

Обкатка. Обкаткой называют процесс получения из плоской заготовки изделий, имеющих форму тел вращения, с помощью давильников, перемещающихся вдоль образующей детали.

Изделиям при обкатке придается вращательное движение. В зависимости от формы отдельные элементы деталей могут образовываться путем отгибки, обжимки, развальцовки или зиговки (рис. 3.243).

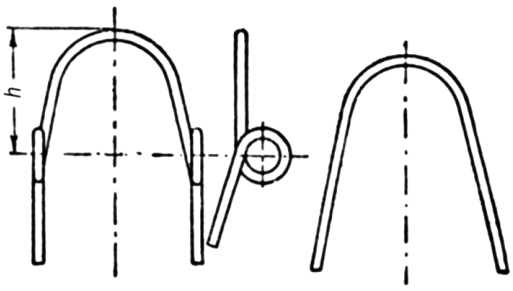


Рис. 3.242. Пружины, работающие на скручивание

Критерием величины допустимых деформаций при отгибке и развальцовке служит отношение наибольшего диаметра готовой детали к внутреннему диаметру исходной трубы или обечайки:

$$\frac{D_{BH}}{D_{ЗАГ}} \le (1{,}25-1{,}3),$$

где: D_{BH} – наибольший диаметр детали после отгибки или развальцовки; $D_{ЗАГ}$ – диаметр исходной трубы или обечайки.

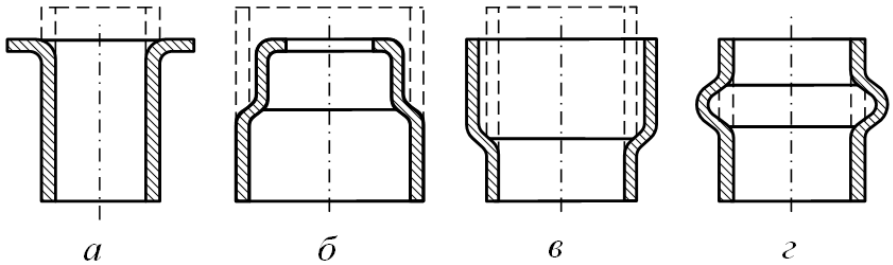


Рис. 3.243. Различные виды обкатки: *а* – отгибка; *б* – обжимка; *в* – развальцовка; *г* – зиговка

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Критерием глубины зиговки является допускаемое утончение стенки. Инструментом при обкатке служат гибочные ролики или давильники. Обкатку проводят на зиговочных машинах и давильных станках.

Развальцовка труб представляет процесс контролируемой деформации труб из меди, латуни, алюминия, тонкостенных стальных труб, для получения раструбов под 37 и 45°.

Операция развальцовки выполняется при помощи развальцовочного конуса, подаваемого ходовым винтом, рис. 3.244. Равномерность подачи конуса и твердость применяемого для его изготовления материала обеспечивают плавную деформацию металла, ровность стенок, отсутствие трещин, сгибов и искривлений.

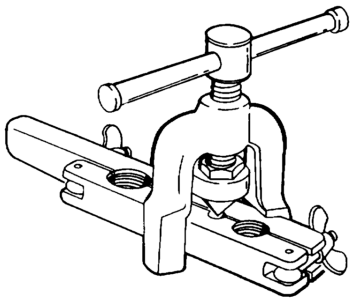


Рис. 3.244. Развальцовка

3.4.3 Жестяницкие работы

Жестяницкие работы занимают значительное место в процессе эксплуатации и ремонте сельскохозяйственной техники, оборудования животноводческих ферм, электроэнергетики.

Примерами жестяницких изделий являются:

- изделия систем вентиляции (воздуховоды);
- защитные покрытия тепловой изоляции (кожухи или футляры);
- устройства для транспортировки сыпучих грузов (лотки, бункеры);
- элементы кузовов легковых автомобилей, кабины грузовых автомобилей и сельскохозяйственных машин и механизмов (при их ремонте);
- изделия хозяйственно-бытового назначения поддоны, бидоны, ведра и др.).

Кроме того, жестяницкие операции выполняют при производстве кровельных и теплоизоляционных работ, а так же ремонтных работ на автомобильном транспорте.

Основные требования, предъявляемые к жестяницким изделиям, следующие: высокая надежность, оговоренные габаритные размеры и минимальная масса, технологичность и экономичность, удобство и безопасность обслуживания, взрыво- и пожарная безопасность, транспортабельность, эргономичность и эстетичность.

Основным материалом для выполнения жестяницких работ являются: тонколистовые (толщиной от 0,2 до 4 мм), листовые, полосовые, рулонные, ленточные и угловые стали. Тонколистовая сталь бывает в виде горячекатаной черной жести и кислото- и коррозионно-стойкой оцинкованной стали. Из цветных металлов в жестяницких работах используют алюминий, медь, титан и их сплавы.

К вспомогательным материалам, используемым при изготовлении и монтаже жестяницких изделий, относятся крепежные детали, сварочная проволока, электроды, припои, лакокрасочные материалы и др.

При изготовлении систем и устройств, в состав которых входят жестяницкие изделия, выполняют заготовительные и монтажно-сборочные работы.

При заготовительных жестяницких работах осуществляют различные технологические операции:

- правку листового металла,
- разделение (резание, рубку, пробивку отверстий);
- формоизменение заготовок (гибка, зиговка, образование бортов и т.д.);
- соединение заготовок (клепку, фальцовку).

Правку листового металла и изготовляемых из него заготовок осуществляют, преимущественно, механизированным способом на листоправильных станках.

Для формоизменения заготовок применяют образование бортов и изгибов, зиговку.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Гибкой листов из стали и цветных металлов получают заготовки для изделий цилиндрической, конической или прямоугольной формы. Для изделий цилиндрической и конической формы операцию гибки называют выкаткой. Ее выполняют в холодном состоянии на вращающихся листогибочных станках.

Для гибки профилей в одной или нескольких плоскостях применяют кромкогибочные, профилегибочные и другие станки. Ручная гибка осуществляется на опорном инструменте и в оправках.

Зиговка – операция, выполняемая с целью образования на листовом металле выступов и углублений (зигов – валиков жесткости). Операцию выполняют на фасонных роликах, между которыми пропускается листовой металл. К зиговке относятся: отгиб кромок на деталях криволинейной формы, гофрирование (создание волнообразных складок) звеньев воздуховодов и т.п.

Образование бортов в заготовке – операция, выполняемая для отгибания наружу кромок заготовок. Образование борта проводят на зиговочных машинах.

Соединение заготовок в жестяницких работах осуществляют сваркой (преимущественно контактной) холодной клепкой и фальцовкой.

Холодная клепка – это операция по получению неразъемных соединений с помощью заклепок различной формы и размеров. Для этого в соединяемых деталях сверлят или пробивают отверстия. В жестяницких работах выполняют холодную клепку заклепками диаметром до 10 мм.

Фальцовка металла – операция по получению неразъемных соединений с помощью фальцевых швов, рис. 3.245.

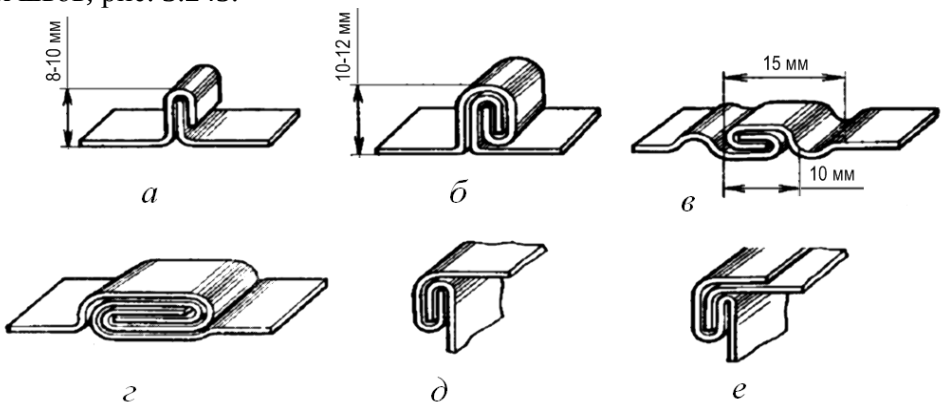


Рис. 3.245. Фальцовый шов: *а* – стоячий одинарный фальц; *б* – стоячий двойной фальц; *в* – одинарный лежачий фальц с двойной отсечкой; *г* – двойной лежачий фальц; *д* – одинарный угловой фальц; *е* – комбинированный угловой фальц

Фальцем или замком называется соединение между собой отогнутых кромок двух листов, плотно прижатых друг к другу. Ширина фальца зависит от его конструкции и толщины листовой стали. Так, например, ширина фальца для продольного шва принимается равной 6-8 мм при толщине стали 0,5 мм, 8-10 мм – при толщине стали 0,8 мм и 10-12 мм – при толщине стали 1,0-1,4 мм.

Фальцовку применяют при изготовлении из листовых заготовок и других фасонных частей воздуховодов, кожухов тепловой изоляции сосудов для хранения жидкостей и сыпучих материалов. Фальцы могут быть изготовлены с применением специального оборудования – фальцепрокатных и фальцезакаточных станков.

Гибка тонколистового металла. Изгибание занимает важное место в технологии обработки тонколистовой стали.

Заготовки из листовой стали гнут под углом в одной или нескольких плоскостях или по различным кривым.

Изгибание применяют при изготовлении жестяницких изделий из листового металла, как правило в холодном состоянии.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Крупные детали изгибают под любыми углами на верстаке. Изгиб небольших деталей удобнее выполнять на металлических приспособлениях, зажатых в тиски. Основными приспособлениями для изгибания являются: скребки (имеют высоту 300-400 мм, при ширине рабочей части 70-150 мм); наковальни; одинарные и парные оправки различной формы и др., рис. 3.246.

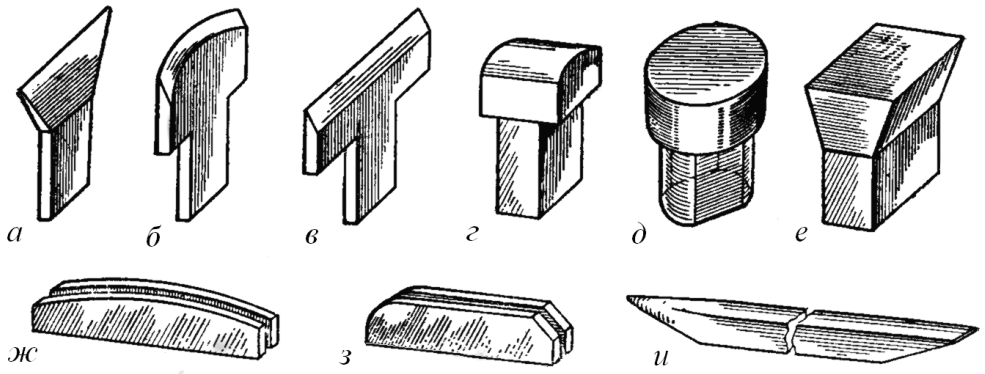


Рис. 3.246. Металлические приспособления для гибки жестяницких изделий: *а-в* – различной формы скребки; *г-е* – различной формы наковальни; *ж-з* – парные оправки для фасонного гнутья; *и* – брус оправка для гибочных и других работ

Ударными инструментами для изгибания служат молотки (рис. 3.247) – стальные (квадратные) массой 0,2 и 1 *кг;* деревянные (киянки и колотушки), а также стальные планки. Размеры деревянного молотка: 125х125х45 мм, длина рукоятки – 200 мм. Молоток-колотушка имеет диаметр 75 мм, высоту – 150 мм, длину рукоятки – 225 мм.

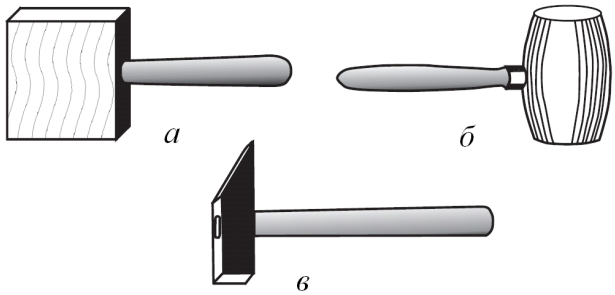


Рис. 3.247. Молотки: *а* – киянка; *б* – колотушка; *в* – стальной молоток-ручник

В основном применяют деревянные молотки; стальные молотки используют только для правки через планку. Например, если производить правку кромки на окованном верстаке или плите стальным молотком, то от ударов она растянется и примет волнистую форму. Если стальным молотком производить отгибку кромки, с последующей правкой ее на углу плиты или окантовки верстака, то кромка также станет волнистой. По этим причинам при изгибании кромок и их правке применяют только деревянные молотки.

Гибочные работы листов большого размера производят на верстаке, окованном угловой сталью. Сначала разметочным штангенциркулем проводят риску вдоль кромки листа, после этого лист укладывают на верстак так, чтобы его риска совпала с острым ребром окантовки верстака. Затем левой ладонью руки поддерживают лист, а правой рукой делают два резких удара по выступающим углам листа. Вслед за этим удары наносятся в середине и других местах отгибаемой кромки. Когда кромка вчерне будет отогнута, ее правят на окантовочном угольнике верстака. Таким образом получают отогнутую под прямым углом кромку. Если нужно уложить вдоль листа отогнутую кромку, то лист переворачивают, укладывают отогнутой кромкой вверх и несколькими ударами загибают ее.

Гибка мелких жестяных деталей выполняется на скребках, наковальнях и оправках, зажатых в тиски. На скребках производится отгиб кромки в два приема: вначале ее отгибают на угол в 40-45°, а затем доводят до 90°. Аналогичным образом производят изгибание на полукруглом или косом скребках.

Во время гибки деталь устанавливают на скребке так, чтобы риска проходила по острию скребка. Деталь, у которой отгибается кромка, должна во время гибки стоять неподвижно, иначе загиб получится не по отметке. Отгибание кромок на угол, больше 90°, или отгибание кромки с укладкой ее на лист производится на наковальне.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Более точные отгибы выполняют на специальных оправках, зажатых в тиски, рис. 3.248. В этом случае детали будут иметь ровные и чисто отогнутые кромки. Деталь *2*, подлежащая гибке, закладывается в середину с таким расчетом, чтобы риска совпала с ребром оправки *1*. После этого оправку одним концом вместе с деталью зажимают в тиски *5*, а другой конец в струбцину *3;* затем деревянным молотком *4* отгибают кромку на плоскость оправки.

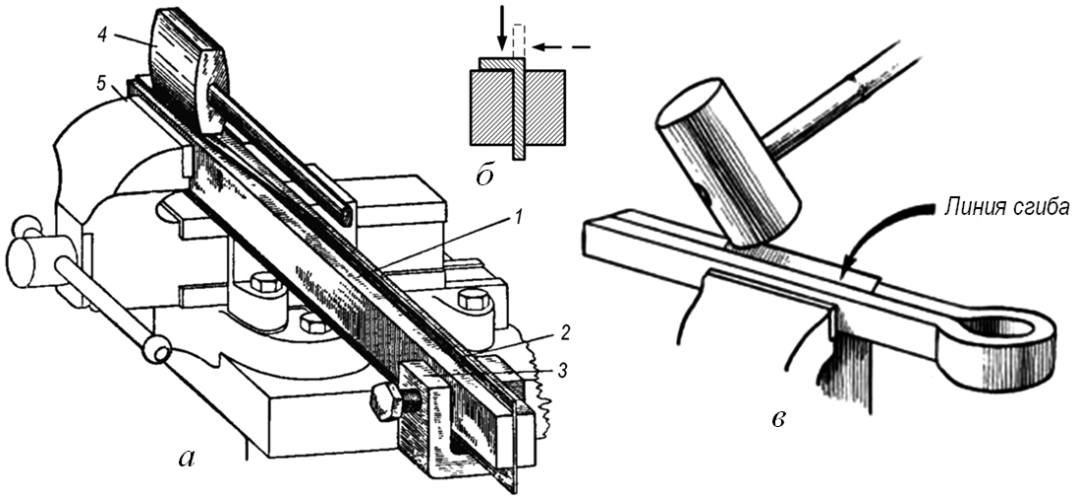


Рис. 3.248. Отгиб кромки полосы, зажатой в парные оправки: *а* – момент отгибки; *б* – сечение оправки в момент окончания гибки; *в* – отгиб в специальной оправке: *1* – оправка; *2* – полоса из истового металла; *3* – струбцина; *4* – киянка; *5* – тиски

Для удобства работы оправки соединяют между собой посредством направляющих шпилек, которые закрепляют в торцах одной из половин; вторая половина имеет отверстия, куда входят концы направляющих шпилек.

Отгиб кромок в изделиях из мягких отожженных материалов толщиной до 0,4 мм производят не ударами молотка, а путем сглаживания выступающей над оправками части листа. Для этого используют круглые металлические бруски.

В работе слесаря часто возникает необходимость изготовления больших или малых изделий из жести. Ниже приведена технология изготовления поддона.

Пример. Изготовление поддонов.

Поддоны могут быть изготовлены различных размеров. Материалом для них обычно служит кровельная сталь, как оцинкованная, так и не оцинкованная. Выбирая прямоугольник листового металла необходимого размера, в зависимости от величины изготовляемого поддона, и у краев его проводим прямые линии, показанные на рис. 3.249, *а* пунктиром. Чем выше должны получиться стороны изготовляемого поддона, т.е. чем больше должна быть его глубина, тем дальше от краев прямоугольника, но на одном и том же расстоянии будут расположены эти пунктирные линии. По этим пунктирным линиям и будет сгибаться прямоугольник для образования поддона.

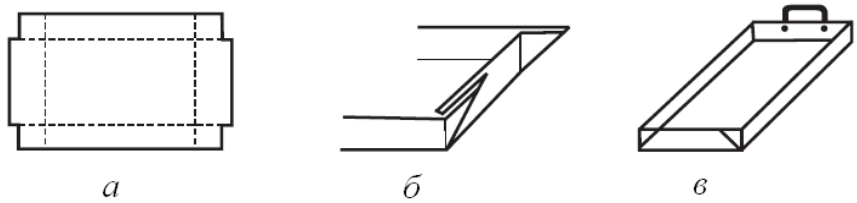


Рис. 2.249. Изготовление поддона: *а* – шаблон для поддона; *б* – получение уголков на поддоне; *в* – готовый поддон

Прежде, чем приступить к сгибанию прямоугольника, делаем на всех четырех углах узенькие вырезы, показанные на рис. 3.249, *а*, причем длина этих вырезов соответствует глубине поддона, а ширина 5 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Отгибаем на продольных сторонах прямоугольника фальц в 5 мм и прибиваем его киянкой наглухо. Такой же фальц загибаем и на поперечных сторонах прямоугольника, не забивая его до полного изготовления поддона.

Сгибаем на брусе при помощи киянки прямоугольник по линиям, указанным на рис. 3.249, *а* пунктиром, вначале сгибаются продольные стороны, а за тем и поперечные. В углах при загибе сторон получится 4 острых уголка, как это показано частично на рис. 3.249, *б*. Крепко прибиваем эти уголки киянкой на брусе и загибаем (сваливаем) их под прямым углом на поперечные стороны, как показано на рис. 3.249, *в*. Здесь на поперечных сторонах поддона фальцы остались неприбитыми. Прибиваем их теперь киянкой на брусе окончательно, причем каждый фальц захватывает и закрывает верхнюю часть пары соответствующих ему уголков.

По окончании всех этих работ углы поддона окончательно выравниваем на брусе ударами киянки. Если дно поддона получилось выпуклым, что иногда имеет место, то ставим поддон на верстак дном вверх и тупым бойком молотка ударяем по самому краю дна. Получатся четко очерченные грани дна и выпуклость его устраняется.

Для больших поддонов изготовляем ручку (или две) из полосового железа и двумя заклепками прикрепляем ее к одной (или обеим) поперечной стороне поддона.

Отбортовка. Отбортовкой называют операцию, при которой кромке раструба придают различный отгиб за счет утончения материала раструба.

Отбортовка в жестяницком деле является распространенной операцией. Ее применяют при соединении элементов стальных воздуховодов и других жестяницких изделий.

В жестяницких соединениях поперечная ширина фальца зависит от толщины соединяемых листов или их массы. В табл. 3.15 приведены практические данные по отгибам кромок в звеньях воздуховодов в зависимости от массы листа и ширины фальца.

Отбортовку производят стальным молотком массой 200-400 г на наковальне или какомлибо брусе с кромкой, имеющей прямой угол. Чтобы нагляднее уяснить и освоить процесс отбортовки, рассмотрим пример, где требуется соединить два ровнообрезанных звена воздуховода одинарным фальцем, шириной в 9 мм, рис. 3.250.

Таблица 3.15 **Величина отгиба кромок в звеньях воздуховодов**

Фальцы	Толщина листа стали, мм	Условная ширина поперечного фальца, мм	Отгиб кромки в первом звене, мм	Отбортовка кромки, мм	Отгиб кромки во втором звене (отбортовка кромки), мм
Одинарный	0,4	6	10	4	4
	0,55	7	12	5	5
	0,65	9	15	6	7
	0,8	11	18	7	9
	1,0	13	21	8	11
Двойной	0,4	6	14	4	8
	0,55	7	17	5	10
	0,65	9	22	6	14
	0,8	11	27	7	18
	1,0	13	32	8	22

Приступая к отбортовке, на расстоянии 15 мм от обреза первого звена, проводят риску. Затем, взяв левой рукой звено, прикладывают его к рабочей кромке наковальни под углом 15°, рис. 3.250, *а*. Молоток нужно держать в правой руке под углом 90° к оси трубы и острым бойком к наковальне. Далее наносят удары бойком по наклонной кромке воздуховода, который все время поворачиваем. От ударов металл ближе к кромке будет растяги-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ваться и конец воздуховода примет коническую форму. Эту операцию необходимо проделать еще дважды – под углом 30° и 60°, рис. 3.249, *б*, *в*.

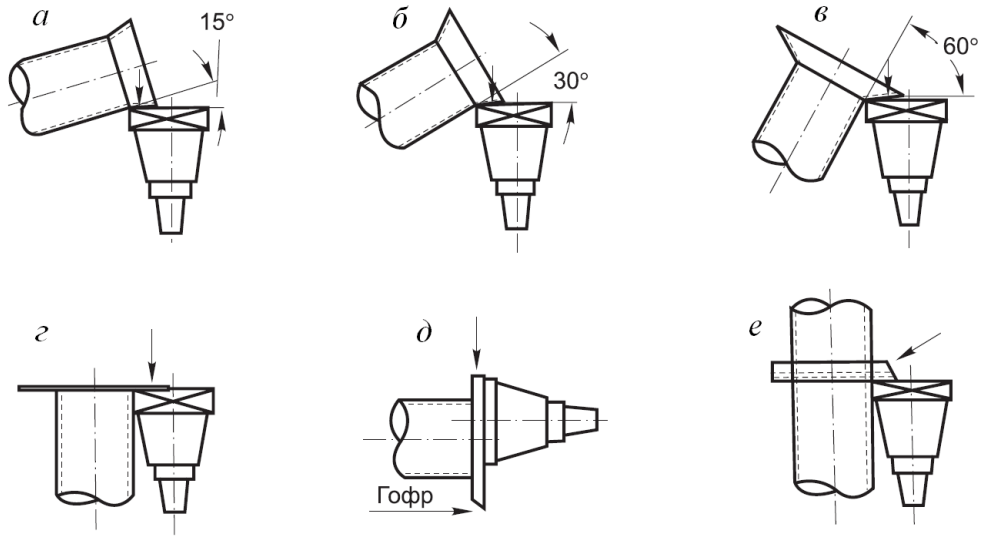


Рис. 3.250. Технология соединения двух звеньев воздуховода: *а* – отбортовка кромки под углом 15°; *б* – отбортовка кромки под углом 30°; *в* – отбортовка кромки под углом 60°; *г* – окончательная отбортовка до 90°; *д* – сваливание бортика первого звена и устранение гофра; *е* – соединение первого и второго звена.

При отбортовке следят за тем, чтобы линия перегиба все время совпадала с рабочей кромкой наковальни, а труба равномерно поворачивалась. Удары наносят так, чтобы следы от них получались в виде клина, уширенная часть которого выходила бы за кромку. В этом случае борт трубы будет правильно расширяться не разрываясь.

Последней операцией является окончательный отгиб бортика. Для этого трубу устанавливают вертикально, вплотную к наковальне и наносят удары по отбортовке тупым бойком молотка, рис. 3.250, *г*. В этом случае трубу также поворачивают, чтобы удары не приходились в одно и то же место.

Точно таким же способом производится отбортовка 5-и миллиметрового бортика второй трубы.

Следующей рабочей операцией будет изготовление вертикального бортика на первой трубе. Сначала прочерчивают круговую риску на расстоянии 5 мм от края бортика. Трубу устанавливают на круговую плиту так, чтобы наружная круговая риска совпала с острым краем плиты. После этого острым бойком молотка начинают наносить удары по свисающему бортику, отчего последний начинает собираться в складки. Здесь также необходимо все время поворачивать трубу. Получившийся гофрированный бортик выравнивают деревянным молотком, рис. 3.250, *д*.

Когда обе трубы будут отбортованы, вторую трубу вставляют в отбортовку первой. Затем горизонтальный бортик первой трубы кладут на наковальню, рис. 3.250, *е*. Придерживая и поворачивая левой рукой обе трубы, начинают постепенно острым бойком молотка загибать вертикальный бортик внутрь. Оправка шва производится тупым бойком молотка.

Аналогично производится отбортовка труб для соединения их под различными углами. Трубы при этом применяют из отожженного материала. В некоторых случаях бортик сочлененных труб требуется положить на трубу. Для этого внутрь трубы вводят массивную металлическую поддержку, после чего легкими ударами молотка наклоняют бортик до тех пор, пока он не ляжет на трубу. Трубу все время поворачивают.

Фальцевые соединения. Фальцевые швы по своему конструктивному выполнению подразделяются на одинарные, двойные, комбинированные (полуторные) и угловые, а по виду – на лежачие и стоячие. По расположению в изделиях фальцы подразделяются на продольные и поперечные. Кроме того, для жестяницких изделий применяют реечные соединения, рис. 3.251.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Долголетняя практика жестяницкого дела выработала нижеследующую ширину фальца, зависящую от толщины листа. Для листов толщиной до 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 мм, соответственно применяют фальцы шириной 6, 8, 10 и 12 мм. Надо отметить, что ширина фальца, изготовленного вручную, не является величиной строго постоянной, поэтому отклонение в сторону увеличения или уменьшения до 1 мм считается в пределах допустимого.

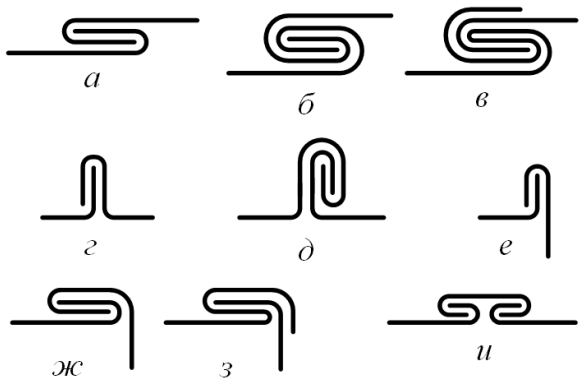


Рис. 3.251. Сечения фальцевых швов: *а* – одинарный лежачий; *б* – двойной лежачий; *в* – комбинированный (полуторный); *г* – одинарный стоячий; *д* – двойной стоячий; *ж* – одинарный угловой (сваленный); *з* – комбинированный; *и* – реечный

Листы толщиной более 1,0 мм соединяют исключительно электросваркой. Ширина фальцев для листов, толщина которых имеет промежуточные значения, устанавливается по ближайшему большему.

В табл. 3.16 приведены практические данные по отгибам кромок фальца в зависимости от веса листа.

Одинарные лежачие фальцы применяют для продольных соединений во всех жестяницких изделиях, где от швов не требуется особой плотности, а также для изготовления промежуточных продольных соединений всевозможных звеньев толщиной стальных листов более 0,8 мм.

Таблица 3.16 **Величина отгиба кромок фальца**

Фальц	Толщина листа стали, мм	Условная ширина фальца, мм	Отгиб кромки на листе, мм	Припуск на полный фальц, мм
Одинарный	До 0,4	6	5	16
	0,6	8	7	24
	0,8	10	8	30
	1,0	12	10	34
Двойной	До 0,4	7	4 и 6	28
	0,6	11	6 и 9	45
	0,8	13	7 и 10	52
	1,0	15	6 и 11	56

Двойные лежачие фальцы применяют для промежуточных продольных швов различных звеньев и изделий с толщиной стальных листов до 0,8 мм включительно, а также во всех случаях, когда от фальцев требуется прочность и повышенная плотность.

Стоячие одинарные и двойные фальцы в жестяницкой практике применяют для поперечных соединений круглых звеньев, когда они должны обладать высокой механической прочностью. Упомянутые фальцы широко применяют при устройстве кровель из листовой стали.

Полуторные фальцы по своим механическим качествам приближаются к двойным фальцам. Их применяют в тех случаях, когда выполнение двойных фальцев затруднительно.

Угловые фальцы применяют для донных соединений, а также для соединений различных прямоугольных звеньев (в переходных углах).

Реечные фальцы применяют в тех случаях, когда требуется выполнить продольные замыкания, например, в переходных тройниках и при соединении прямоугольных воздуховодов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

На рис. 3.252 показана последовательность изготовления различных фальцев. Стрелками показаны направления наносимых ударов при заготовительных работах, а цифрами – размеры, мм.

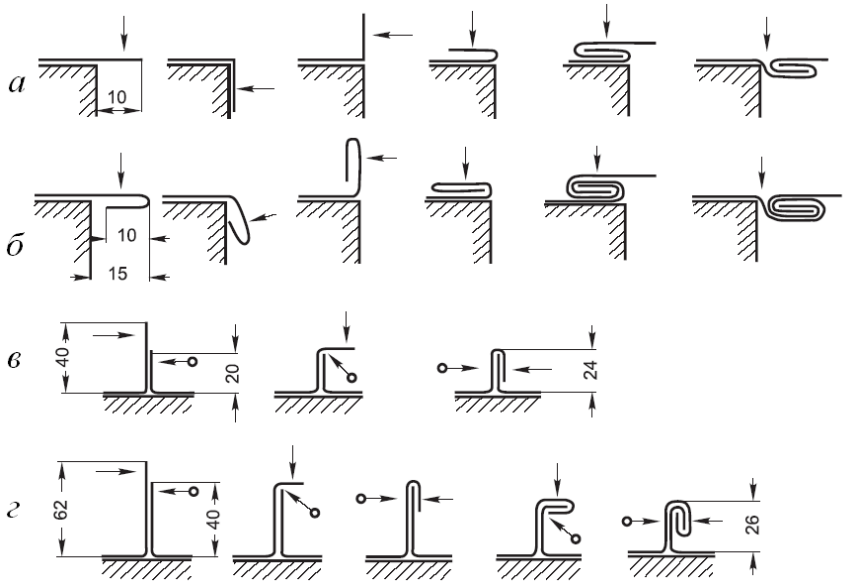


Рис. 3.252. Технология изготовления фальцев: *а* – одинарного лежачего; *б* – двойного лежачего; *в* – одинарного стоячего; *г* – двойного стоячего

Одинарные стоячие фальцы относятся к простым видам соединений. Двойные лежачие фальцы относятся к сложным видам соединений. На рис. 3.252, *а* показаны рабочие стадии изготовления одинарного, а на рис. 3.252, *б* – двойного лежачих фальцев. В обоих случаях первые 4 операции относятся к заготовке. Двойной лежачий фальц получается путем вдвигания одной кромки в другую. Пятая операция относится к уплотнению фальцев. Заключительной операцией является подсечка фальцев внутрь или наружу. Осаживание одинарных и двойных лежачих фальцев производится специальной оправкой, называемой фальцмейселем.

На рис. 3.252, *в* и 3.252, *г* показаны рабочие стадии изготовления одинарного и двойного стоячих фальцев. Стрелками с кружочками на рис. 3.252, *в* и 3.252, *г* показаны направления установки упоров, которые необходимы во время гибки.

Основные рабочие приемы. При изготовлении изделий из жести основной работой является соединение между собой отдельных частей изготовляемого изделия. Нарезав из листового железа или жести отдельные части и придав им требуемые формы при помощи соответствующих жестяницких инструментов, соединяют их в одно целое, прибегая для этого к особо выработанным практическим приемам.

Одинарный лежачий фальц выполняют следующим образом. Лист укладывают на край верстака и разметочным штангенциркулем прочерчивают линию для оттиба кромки требуемого фальца. Ширину кромки определяют по табл. 3.16.

Отгиб кромок производят деревянным молотком. Для предотвращения смещения листа во время гибки его придерживают левой рукой. Кроме этого, на его концах строго по риске делают два маячных отворота (рис. 3.253, *а*), для чего риску совмещают с ребром уголка на верстаке. Затем по риске отгибают всю кромку, рис. 3.253, *б*. Далее переворачивают лист и отогнутую кромку сваливают на его плоскость, рис. 3.253, *в*, *г*.

Таким же образом заготавливают кромку и на втором листе. Если обрабатываемый лист имеет лицевую сторону и изнанку, то во втором листе вышеуказанные операции (отгиб и пригибание) производят в обратную сторону, т.е. с изнанки листа. Отогнутые края, или фальцы обеих листов, вкладывают друг в друга (рис. 3.253, *д*), укладывают листы фальцами на край верстака, окантованного угловым железом, или на стальной брус, и ударами кианки по всему протяжению фальцов скрепляют их (сплющиванием), получая, таким образом, достаточно прочное соединение листов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

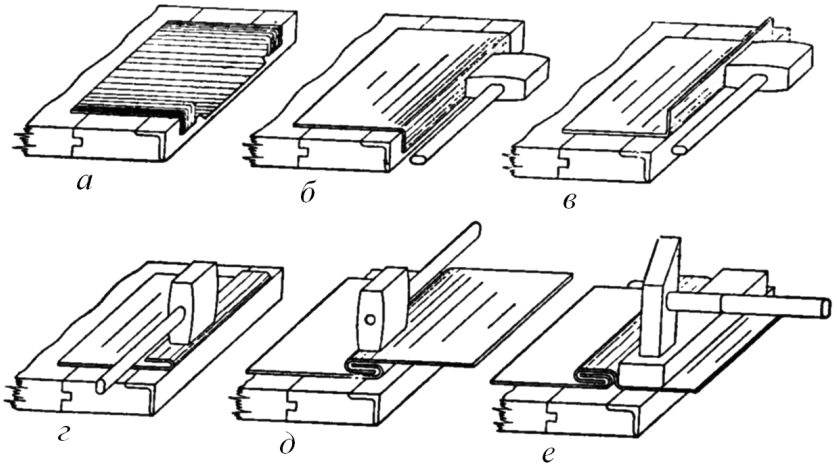


Рис. 3.253. Технология формирования одиночного лежачего фальца: *а* – отгиб маячных отворотов; *б* – отгиб кромки на угол 90°; *в* – кромка приготовленная к сваливанию; *г* – сваливание кромки на плоскость; *д* – соединение листов и их уплотнение; *е* – подсечка фальца

Если листовое железо слишком толстое, то взамен киянки приходится при скреплении пользоваться молотком, которым, однако, следует действовать равномерно, во избежание получения забоин.

Далее, для предупреждения раздвижки фальца ему делают подсечку посредством металлической планки и стального молотка (рис. 3.253, *е*), или фальцмейселем, рис. 3.254, *а*.

Двойной лежачий фальц несколько отличается от описанного выше. Первые четыре операции выполняют в соответствии с рис. 3.253, *а-г*. Следующей операцией является отгиб вниз на 90° заготовленной кромки, рис. 3.255, *а, б*. Затем лист переворачивают на верстаке отогнутой кромкой кверху и сваливают его на плоскость, рис. 3.254, *в-г*. Таким же образом приготавливают второй лист, кромки обеих листов выравнивают (от небольших вмятин) фальцоправкой, рис. 3.254, *б*. В заключение подготовленные кромки листов вдвигают друг в друга (рис. 3.255, *д-е*), после чего фальц уплотняют деревянным молотком; подсечку фальца производят фальцмейселем или посредством планки и молотка.

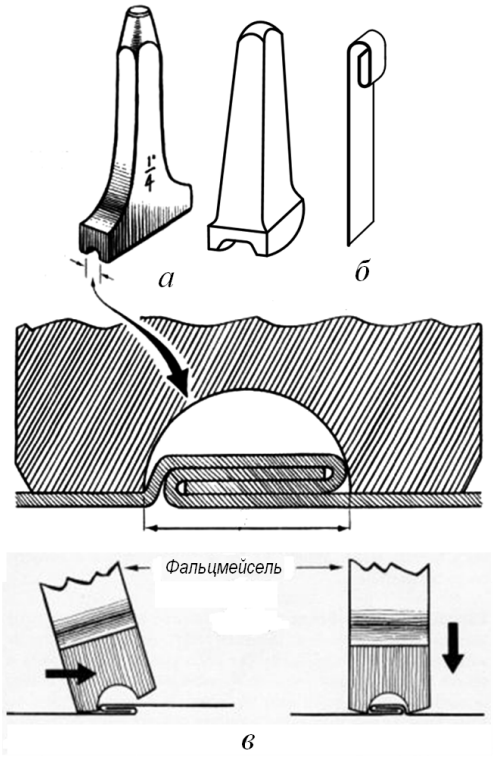


Рис. 3.254. Фальцмейсель (*а*) и фальцоправка (*в*); прием работы фальцмейселем

Для получения полуторного фальца нужно взять два ровно обрезанных листа, отогнуть в них кромки по рис. 3.253, *г*, причем широкую кромку на одном из упомянутых листов нужно уплотнить, рис. 3.256, *а*. Эту кромку делают в 3,5 раза больше условной ширины фальца: другую же кромку делают шире только в 1,5 раза.

Затем лист с большим отгибом укладывают так, чтобы двойная кромка его свисала на ширину фальца. После этого на кромку накладывают массивный брусок таким образом, чтобы его край совпадал с окантовкой верстака. Ударами снизу отгибают ее в вертикальное положение, рис. 3.256, *б*. Вслед за этим кромку сваливают на плоскость листа, рис. 3.256, *в*. В образовавшуюся щель кромки заводят ранее отогнутую кромку в другом листе, рис. 3.256, *г*. Потом свободную кромку первого листа посредством зубила и молотка поднимают и отги-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

бают вокруг оформившегося фальца, рис. 3.256, *д*. После этого фальц уплотняют (рис. 3.256, *е*) и производят подсечку.

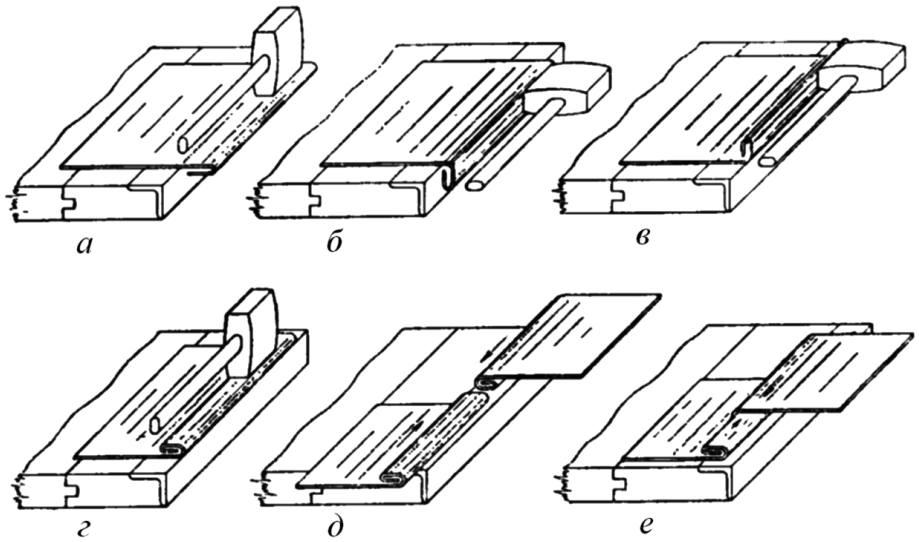


Рис. 3.254. Технология формирования двойного лежачего фальца: *а* – лист приготовленный к отгибке кромки; *б* – момент отгибки кромки; *в* – лист приготовленный к сваливанию; *г* – правка сваленной кромки; *д* – подготовка перед соединением листов; *е* – момент вдвижки листов

Заготовку кромок для угловых фальцев производят так же, как и для одинарных фальцев. Для этого у листов подготовляют кромку по рис. 3.257, *а*. Вслед за этим вкладываем один фальц в другой таким способом, как это показано на рис. 3.257, *б*. Фальц этот покроет вложенный фальц второго листа, и будет получено соединение, которое будет иметь вид, как показано на 3.257, *в*. Равномерными ударами молотка по всему протяжению фальца – края обеих листов плотно прижимают друг к другу.

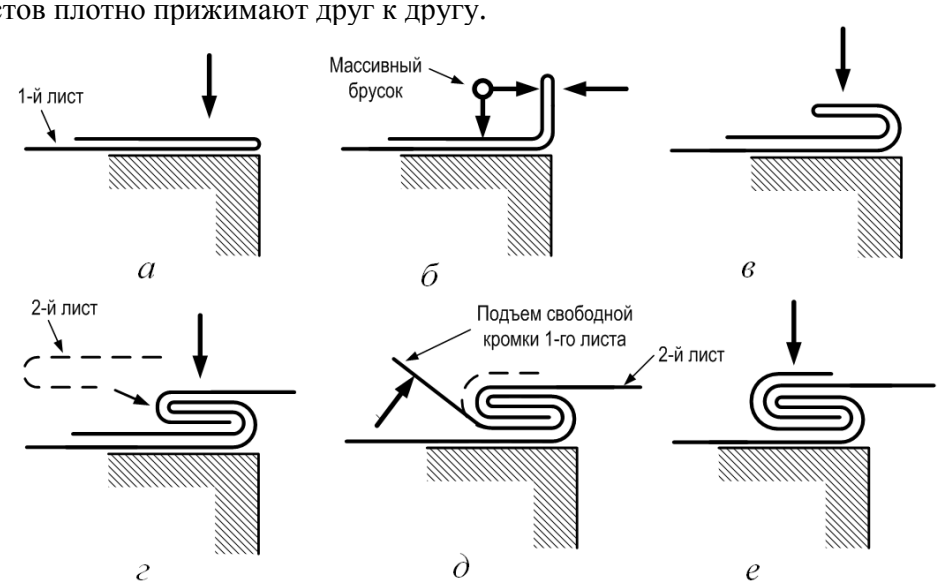


Рис. 3.256. Последовательность гибки полуторного фальца: *а* – отгиб кромки; *б* – отгиб кромки в вертикальное положение; *г* – сваливание кромки; *д* – подъем свободной кромки первого листа; *е* – уплотнение фальца

Соединение, показанное на рис. 3.257, *в*, поворачиваем полученным углом вверх и этим же углом накладываем его на брус, как показано на рис. 3.257, *г*.

Последняя операция соединения листов под углом состоит в том, что стальным молотком отгибают влево или как говорят, сваливают соединенные фальцы, которые примут положение, указанное на рис. 3.257, *д*. Равномерными ударами молотка по всему протяжению фальца – края обеих листов плотно прижимаются друг к другу.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

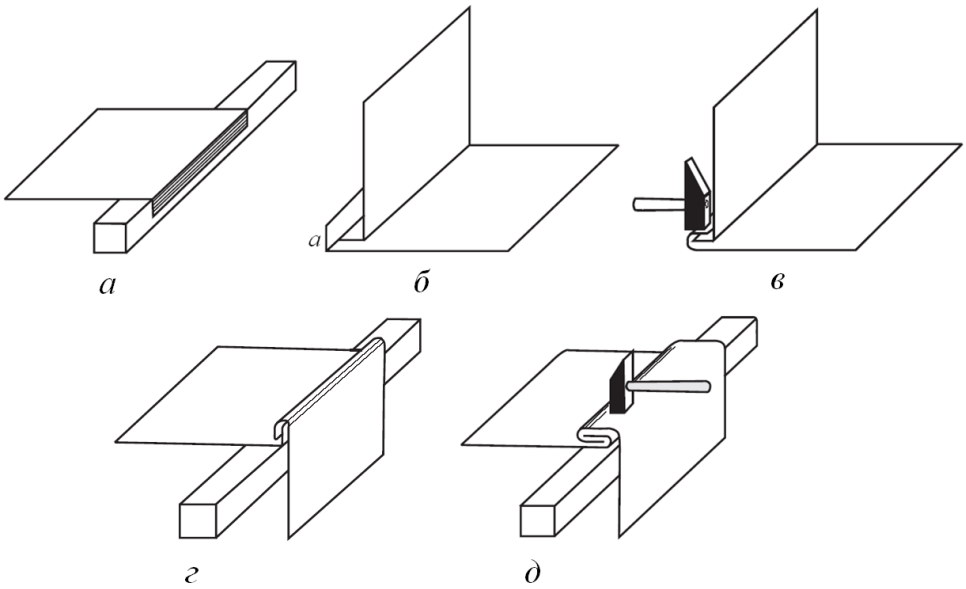


Рис. 3.257. Последовательность гибки угловых фальцев: *а* – отгибание края листа под прямым углом; *б* – вкладывание одного фальца в другой; *в* – соединение одного фальца с другим; *г* – накладывание фальцев на брус; *д* – сваливание соединенных фальцев

Изготовление трубы или цилиндра. На прямоугольном листе, при помощи бруса и киянки, по известному уже способу, зафальцовывают два противоположных края листа в противоположные стороны. Сгибают этот лист в трубу или цилиндр, причем загнутые края его примут вид, как показано на рис. 3.258, *а*.

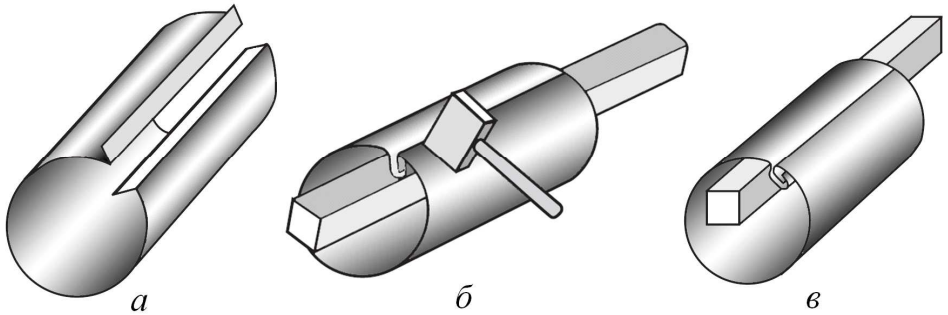


Рис. 3.258. Изготовление трубы или цилиндра: *а* – сгибание листа с зафальцованными краями; *б* – пригибание шва на цилиндре; *в* – получение цилиндра без выступающего шва

Сцепляют загнутые края, прижимают полученный шов киянкой или колотушкой к брусу и равномерно пригибают киянкой шов на получившейся трубе или на цилиндре, как это показано на рис. 3.258, *б*.

Далее, для предупреждения раздвижки фальца ему делают подсечку фальцмейселем, рис. 3.259, *а*. При таком способе шов, хоть и прижатый (прибитый) к поверхности трубы или цилиндра, будет выдаваться или выступать. Если желательно, чтобы шов на поверхности трубы или цилиндра не выступал, то поступают следующим образом: готовый цилиндр с уже полученным по вышеуказанному способу швом поворачивают на брусе таким образом, чтобы шов лежал не на самом брусе, а только около ребра его сбоку, рис. 3.358, *в*. Ударяя киянкой по шву, находящемуся в вышеуказанном положении, его осаживают его и получают цилиндр без выступающего шва. Можно осадить и другим способом, рис. 3.259, *б*. На стальной круглой поверхности, вдоль, профрезерован паз, как и на фальцмейселе. Ударами киянки шов осаживается в паз.

Соединение цилиндра с кругом. Это часто встречающееся соединение в слесарно-жестяницких работах основано на том же способе отгибания фальцев, который был рассмотрен выше. Однако приходится считаться с тем, что фальц должен быть отогнут с одной стороны на цилиндре, а с другой – на круге.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

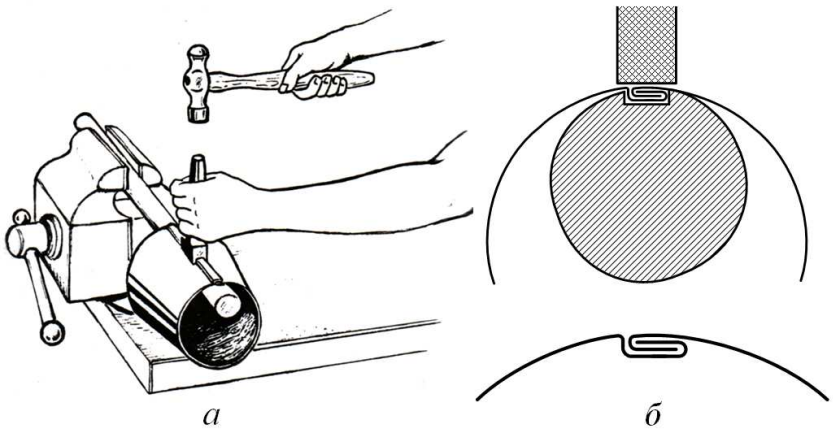


Рис. 3.259. Осаживание выступающего шва фальцмейселем (*а*) и утопленного шва на брусе с пазом (*б*)

При вставке днищ, изготовлении крышек и в других случаях применяют так называемые донные фальцы, которые разделяются на простые и двойные. На рис. 3.260, *а* показана последовательность изготовления простого донного фальца, на рис. 3.260, *б* – последовательность изготовления двойного донного фальца, а на рис. 3.260, *в* – варианты фальцев в изделии. Стрелками показаны направления ударов.

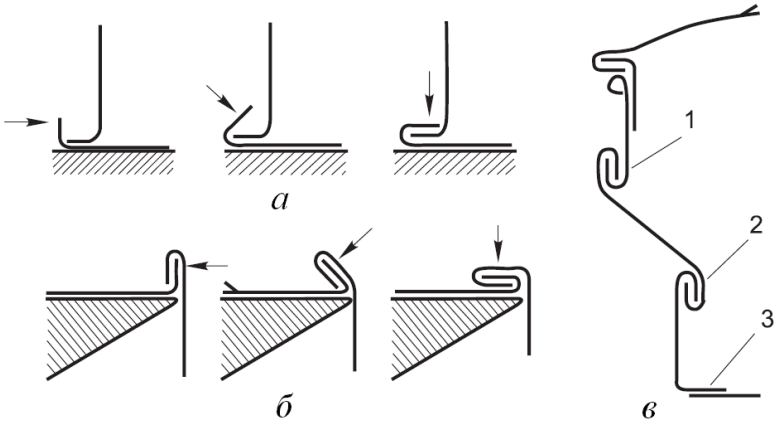


Рис. 3.260. Изготовление донных фальцев: *а* – простого; *б* – двойного; *в* – варианты соединений; *1* – двойной наружный фальц; *2* – двойной внутренний фальц; *3* – соединение внахлестку

Соединение цилиндра с кругом производится следующим образом: берут цилиндр, скрепленный взамок указанными ранее приемами, прикладывают к ребру бруса – под углом приблизительно в 45°, ту часть цилиндра, верхнюю или нижнюю, которую необходимо соединить с кругом, и, постукивая заостренной стороной молотка начинают отгибать фальц в сторону бруса, слегка поворачивая от себя цилиндр, по мере постепенного отгибания фальца цилиндра. Первоначальное положение цилиндра относительно бруса и начало обстукивания молотком показано на рис. 3.261, *а*.

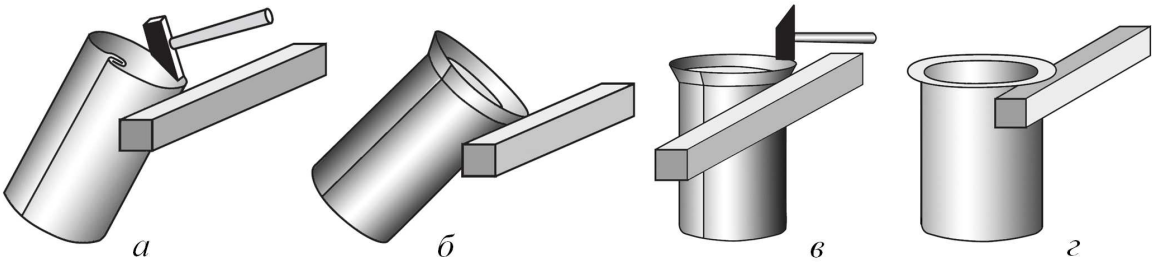


Рис. 3.261. Последовательность гибки донного фальца на цилиндре: *а* – начало гибки; *б* – фальц под углом 45°; *в* – завершение гибки фальца; *г* – фальц цилиндра после выравнивания

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Ширина отгибаемого края цилиндра такая же приблизительно, как и для получения замка, т.е. от 3 до 5 мм, причем нужно следить за тем, чтобы получалась одинаковая ширина фальца по всей окружности цилиндра.

Постукивая заостренной стороной молотка (острым бойком молотка), пройдя по всему краю цилиндра в результате чего получится фальц, показанный на рис. 3.261, *б*.

Так как обработка фальца цилиндра производилась заостренной стороной молотка, то отогнутый край цилиндра получится отчасти волнистым, и недостаточно ровным. Чтобы выровнять фальц, прикладывают цилиндр вплотную к брусу (3.261, *в*) и тупой стороной молотка (тупым бойком) окончательно отгибают и выравнивают фальц цилиндра.

Пройдя несколько раз тупым бойком молотка по отогнутому фальцу цилиндра, окончательно отгибают его под прямым углом, как это показано на рис. 3.261, *г*.

После завершения подготовительных работ с цилиндром переходят к работам с кругом, с которым требуется соединить цилиндр. Круг этот (например, донышко кружки или ведра) вырезается по уже обработанному цилиндру. С этой целью на лист металла ставят изготовленный цилиндр отогнутыми краями вниз и по этим краям очерчиваем чертилкой окружность.

Полученный круг вырезают ножницами, причем снаружи очерченной чертилкой окружности оставляет каемку в 5 мм. Круг, таким образом, получается несколько шире цилиндра, включая и отогнутые его края.

Отгибают фальц у круга, применяя для этого киянку и полукруглый скребок. Фальц круга отгибают на те же 5 мм, которые прибавили к очерченной по цилиндру окружности.

Загнув, таким образом, края у круга, вставляют цилиндр отогнутыми краями в загнутый круг-основание, как это схематически показано на рис. 3.262, *а*. Легкими ударами заостренной части молотка загибают внутрь фальц круга, который, вследствие этого захватывает отогнутые края цилиндра. Эта операция по соединению краями цилиндра с отогнутым фальцем круга схематически показано на рис. 3.262, *б*.

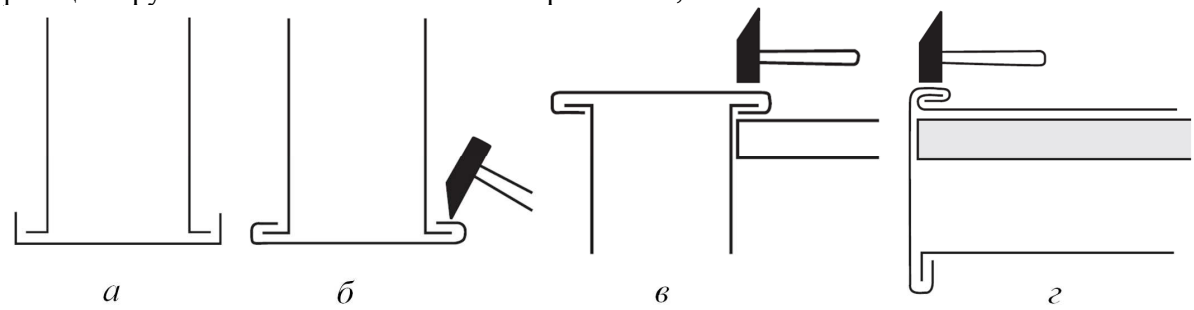


Рис. 3.262. Вставка цилиндра в зафальцованный круг (*а*), загибание внутрь фальца круга (*б*), обстукивание фальца на брусе (*в*) и сваливание фальца (*г*)

Круг, как видно из рисунков, уже соединен с цилиндром. Но операция соединения этим еще не заканчивается. Полученный фальц должен быть еще соответствующим образом обработан. С этой целью переворачивают полученное соединение цилиндра с кругом дном вверх, прикладывают выступающий фальц соединения к брусу, как это схематически показано на рис. 3.262, *в*, и тупым бойком молотка крепко обстукивают фальц соединения, постепенно поворачивая цилиндр на брусе. Благодаря этому приему, отогнутые края цилиндра и загнутые края круга крепко присоединяются друг к другу.

Остается еще окончательно загнуть фальц соединения (свалить его). С этой целью надевают цилиндр на брус и сильными ударами молотка по фальцу пригибаем его внутрь к стенке цилиндра. Постепенно поворачивая цилиндр, таким образом, обстукивают весь фальц по окружности. Способ сваливания фальца при соединении цилиндра с кругом схематически показан на рис. 3.262, *г*.

Необходимо заметить, что в последовательности указанных работ весьма важную роль играют аккуратность и постепенность их выполнения, так как при несоблюдении этих условий отогнутый фальц, например, может дать трещину, надломиться или же принять неподходящую форму и т.п.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Соединяя цилиндр с кругом вышеописанным способом иногда получают выпуклое дно (рис. 3.263, *а*), что не всегда является желательным.

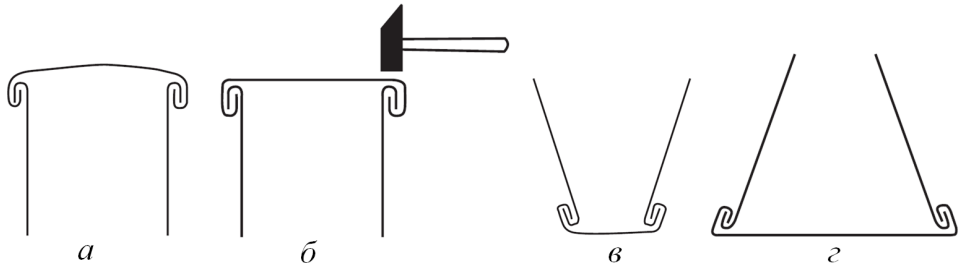


Рис. 3.263. Выпуклое дно (*а*), выравнивание выпуклого дна (*б*), соединение круга с узкой стороны конуса (*в*), и широкой стороны конуса (*г*)

Чтобы устранить эту выпуклость, устанавливают получившееся соединение цилиндра с кругом дном вверх на верстак (рис. 3.263, *б*) и по самому краю дна цилиндра ударяем молотком по всей окружности, вследствие чего дно выравнивается, и получаются резко очерченные грани (ребра) соединения.

Вышеописанным способом можно соединять также конус с кругом, как в узкой стороне (рис. 3.263, *в*), так и в широкой его части, рис. 3.263, *г*.

Закатка проволоки. Закатку проволоки применяют для придания жесткости изделиям из жести: приемным воронкам, зонтам, дефлекторам и т.п. Закатка проволоки находится в прямой зависимости от толщины изделия и его габаритных размеров: чем больше диаметр изделия, тем толще должна быть проволока. Однако в практике проволоку с диаметром свыше 6 мм для указанных целей не применяют. Для изделий, изготовленных из жести, закаточная проволока берется значительно тоньше, чем для изделий из кровельного железа.

Перед тем как приступить к закатке проволоки в кромку прямого изделия необходимо произвести следующую подготовку: кромка листа должна быть обрезана под линейку и размечена. Выполняется это следующим образом: первую риску делают на расстоянии, равном 2,5 диаметрам проволоки, а вторую на расстоянии, равном $^1/_3$ припуска, рис. 3.264, *а*.

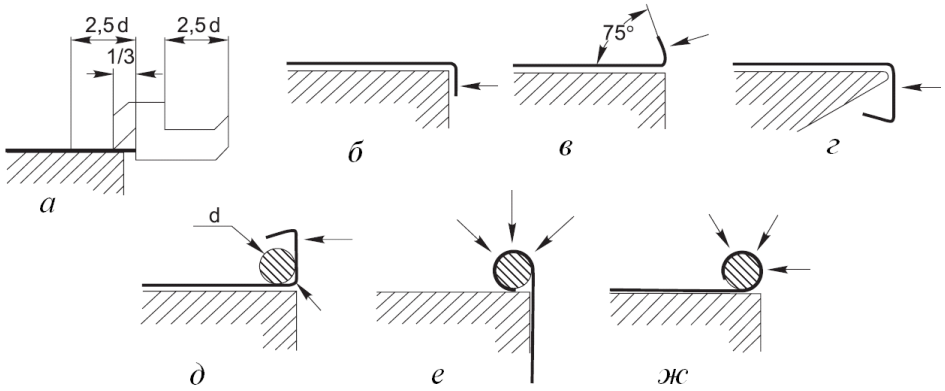


Рис. 3.264. Рабочие операции по закатке проволоки: *а* – разметка листа *б* – отгиб кромки по первой риске; *в* – подгибка кромки; *г* – отгиб кромки по второй риске; *д* – сваливание кромки; *е-ж* – обжимка проволоки

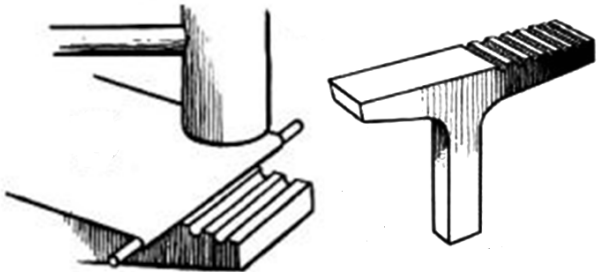
После этого на краю верстака деревянным молотком отгибают кромку по первой риске под прямым углом, 3.264, *б*. Затем, перевернув лист, на том же брусе производят подгибку кромки внутрь на 15°, рис. 3.264, *в*.

После этого по второй риске делают следующий загиб, также под прямым углом, рис. 3.264, *г*. Эта операция выполняется на заостренной рейке. Желательно чтобы рабочие ребра бруса и рейки были притуплены.

В полученный желобок закладывают определенной длины кусок выправленной проволоки и деревянным молотком начинают сваливать кромку, рис. 3.264, *д*. В процессе обжимки проволоки лист на верстаке устанавливают вертикально и производят окончательную обжимку проволоки из разных положений приколачивая закатку молотком, рис. 3.264, *е* и рис. 3.264, *ж*. Стрелки схематически показывают направления ударов молотка.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Обжимку проволоки (операции рис. 3.264 *е-ж*) легче выполнить на шперакеканавочнике, рис. 3 265, *а*.

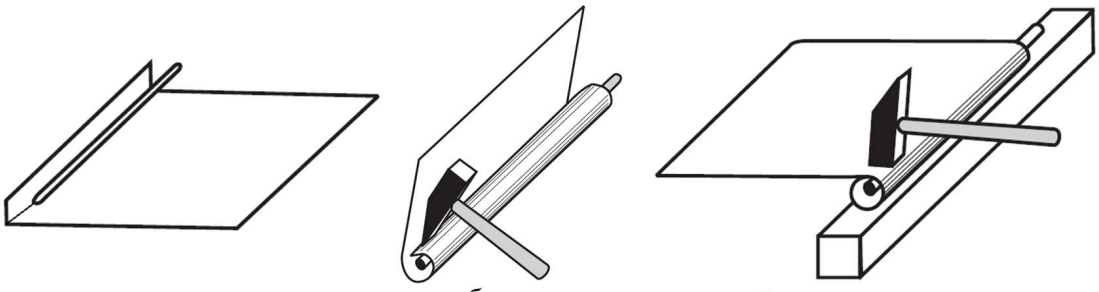


а *б*

Рис. 3.264. Обжимка проволоки на шперакеканавочнике (*а*) и общий вид шперака (*б*)

Закатка проволоки в заготовку цилиндра несколько отличается от закатки в прямолинейные детали. Проволоку закладывают в угол фальца, рис. 3.266, *а*. При этом проволока с левой стороны несколько отступает от наружного края полосы, с правой же стороны на такую же длину выступает наружу. Это делается для того, чтобы при изгибе полосы с закатанной в ней проволокой в цилиндр или в конус выступающая справа часть проволоки зашла в образовавшуюся на левой стороне полосы трубку, благодаря чему шов полосы получается значительно крепче.

Полоса с закатанной в ней проволокой изгибается в зависимости от формы изготовляемого изделия, в цилиндр, конус и т.д.



а *б* *в*

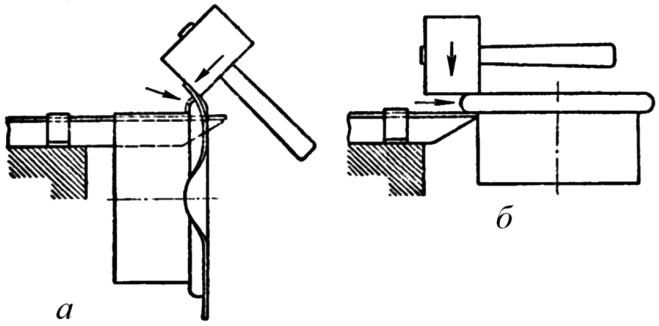
Рис. 3.266. Закладывание проволоки в угол фальца (*а*), обколачивание фальца с закатанной проволокой (*б*) и выправление неровностей закатки (*в*)

Внутреннюю часть закатанной проволоки удобно обколачивать острым бойком молотка, как это показано на рис. 3.266, *б*.

Обработанный закаткой фальц, благодаря ударам молотка, иногда получается неровным. Неровность эту выправляют на брусе ударами тупого бойка молотка вдоль всего фальца полосы, как это показано на рис. 3.266, *в*.

Закатка проволоки в кромки круглых изделий несколько сложнее. В этом случае вначале нужно произвести отбортовку на овальном скребке, а затем в отбортовку вложить проволочное кольцо по размеру отбортовки. Затем на брусоправке или наковальне делают захватку в трех-четырех местах (рис. 3.267, *а*), сваливают отгиб и укладывают его на кольце. После этого на наковальне округляют круговую кромку, а вслед за этим на бортовочном скребке окончательно доводят закатку, проколачивая ее, рис. 3.267, *б*.

Закатка проволоки машинным способом во много раз производительнее, поэтому в настоящее время им широко пользуются. Для закаточных целей используют зигмашины и фальцепрокатные станки (будут рассмотрены далее).



а *б*

Рис. 3.267. Закатка проволоки в кромки круглых изделий: *а* – захватка проволоки; *б* – проколачивание закатки

Машинный способ закатки проволоки в цилиндрические изделия состоит в том, что вначале на зигмашине отгибают бортовую кромку, а затем закладывают проволочное кольцо и закатывают его. В этом случае отбортовочные ролики заменяют закаточными.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Выделка трубок. Изготовление тонких трубок из тонкой листовой стали или жести, производится при посредстве тех же приемов, что и описанная выше закатка проволоки.

Изготовляется такая трубка следующим образом: отгибается узкий фальц на полоске тонкого листовой стали или жести, причем ширина этой полоски должна быть равна длине изготовляемой трубки.

Закладывают в угол фальца проволоку такого же диаметра, что и требуемый диаметр изготовляемой трубки, и закатывают проволоку, пользуясь вышеописанными приемами, в полоску тонкой листовой стали или жести. При этом если трубка изготавливается из тонкой листовой стали, то работа производится молотком, жестяная же трубка обрабатывается киянкой.

Закатав проволоку, отрезают ножницами лишнюю часть листового железа или жести у самого края получившейся закатки, как это и показано на рис. 3.268 пунктирной линией, и ударами киянки выправляют края шва трубки, для придания ей правильной цилиндрической формы.

Вслед за этим из образовавшейся трубки осторожно вытягивают проволоку, послужившую шаблоном и выгнутую на одном из своих концов, в целях удобства, в виде круглой ручки.

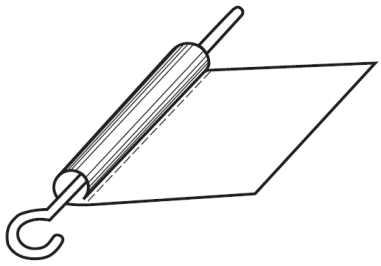


Рис. 3.268. Изготовление тонкой трубки

Если требуется изготовить трубку с одного конца уширенную (коническую) или же каких-либо других очертаний, как треугольную, овальную или четырехугольную, то, вместо проволоки, пользуются шаблоном соответствующей формы, который закатывается вышеуказанными приемами, а потом вытягивается из получившейся трубки требуемой формы.

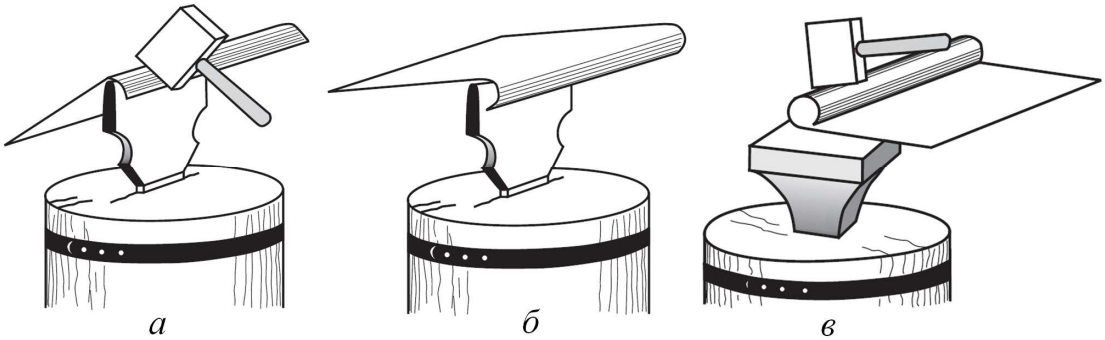
Трубки из жести после изготовления обычно запаиваются по всему шву трубки.

Ложная закатка. Закатка проволоки обеспечивает изготовляемому изделию повышенную прочность и жесткость. Чтобы придать небольшим изделиям из жести требуемую жесткость, обходятся чаще всего без закатки проволоки, применяя в этом случае так называемую ложную закатку. Способ этот заключается в следующем.

На прямом скребке отгибают, при помощи киянки, слегка округленный узенький фальц вдоль всего края жестяного листа, из которого изготовляется данное изделие. Работа эта показана на рис. 3.269, *а*. Скребок укреплен в деревянном чурбане, обтянутом с верхней стороны, для крепости, обручем.

Получив узенький фальц вдоль всего края листа, продвигают обработанную часть изделия немного вверх, вдоль того же прямого скребка, и той же киянкой снова слегка округленно огибают фальц несколько шире прежнего. Фальц получится полукругло-загнутым, как показано на рис. 3.269, *б*.

Перекладывают обрабатываемый лист, фальцем вверх, на наковальню-пестик и осторожно, чтобы не смять фальца, постукивают киянкой вдоль всего его протяжения вплоть до получения такого же закругленного фальца, как и при закатке проволоки. Фальц этот, после обработки его киянкой, примет такой вид, как показано на рис. 3.268, *в*.



а *б* *в*

Рис. 3.269. Отгибание фальца на прямом скребке (*а*), округление фальца (*б*) получение ложной закатки (*в*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Если такой закатанный лист или полоску жести согнуть в цилиндр, то края цилиндра в месте закатки не будут прилегать друг к другу, так как будет мешать выступ закатки. Вследствие этого, шов цилиндра по всей его длине пропаять будет невозможно.

Что бы устранить этот выступ, еще до закатки вырезают ножницами в обрабатываемом листе жести уголок, как это показано на рис. 3.270, *а*, соответствующий ширине закатки. Тогда после закатки обрабатываемый лист жести будет иметь закатку на уровне срезанного угла, как это и показано на рис. 3.270, *б*.

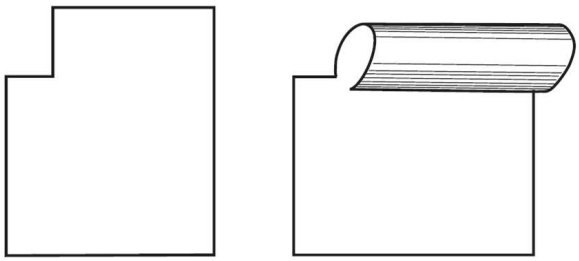


Рис. 3.270. Вырезание угла перед закаткой (*а*) и закатка со срезанным углом (*б*)

Ложную закатку можно получить тем же способом, что и закатку проволоки, с той лишь разницей, что, закатав не очень туго проволоку, ее после закатки вытягивают, как это было показано при изготовлении трубок. В этом случае закатка может получиться какой угодно формы – в зависимости от формы закатываемого шаблона.

Механизированная гибка тонколистового металла и заготовка фальцев. Одной из основных технологичесикх операций листовой металлообработки является вальцовка, позволяющая формировать из плоского листа объемные детали: трубы, обечайки, конуса, желоба круглой, овальной и конусной формы. Вальцовка является составляющей процесса производства водосточных труб, воздуховодов, дымоходов, кожухов систем теплоизоляции и связанных с этим элементов.

Процесс вальцовки производится при помощи вальцовочного механизма (или вальцов). Вальцы, как правило – это трех- или четырехвальцовые гибочные станки с симметриично или ассиметрично расположенными валами. Подаваемый в вальцы лист металла захватывается и прокатывается между двумя расположенными горизонтально друг над другом валами.

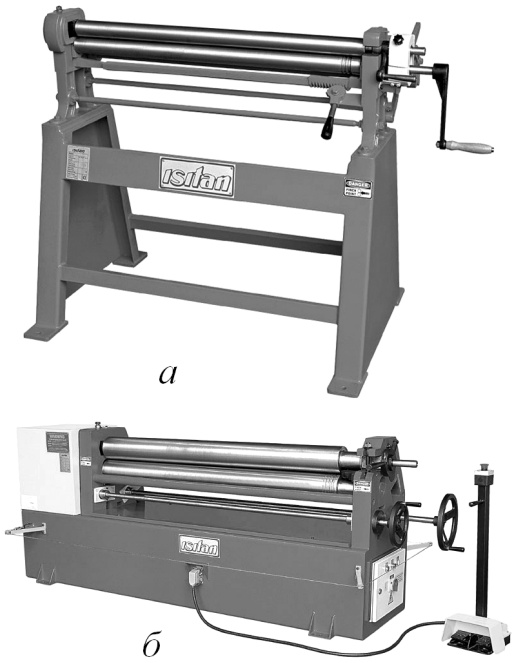


Рис. 3.271. Трехвальцовый гибочный станок: *а* – ручной; *б* – электроприводной

Обычно верхний и нижний валы являются приводными и настраиваются таким образом, чтобы лист между ними не скользил. Настройка слишком большого натяжения может вызвать повышенные нагрузки на валы и вызвать деформацию и внутреннее напряжение в материале.

Различают ручной привод валов и электрический – от электродвигателя через понижающую передачу, рис. 3.271. Электропривод на вальцах всегда оснащен тормозом или самотормозящим редуктором. Точная остановка и реверс вальцов необходим при вальцовке детали, пока она еще не приобрела окончательную форму окружности, а также при вальцовке желобов. Зажатый между валами лист далее попадает на третий задний изгибающий вал, при помощи которого и происходит закругление металлического листа. Положение заднего вала относительно двух ведущих валов определяет радиус закругления и форму детали.

Если задний вал установлен параллельно ведущим валам, то деталь имеет циллиндрическую форму. Если под углом – то деталь имеет конусную форму. Чем ближе прижат задний вал к верхнему валу, тем меньше радиус закругления. Минимальный радиус закругления практически может быть равен радиусу верхнего вала. Настройка положения заднего вала в вальцах проводится при помощи подающего винта.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Простейшим видом вальцов является трехвалковая симметричная машина, рис. 2.272. Рабочее движение сообщается нижним валкам с неподвижной осью вращения. Верхний валок выполняется подвижным, это необходимо для получения требуемого радиуса гибки, который регулируется вертикальным перемещением верхнего валка, и для снятия заготовки, когда верхний валок выводится из рабочего состояния, рис. 3.273, *а*. В некоторых моделях вальцовочных станков отводится в сторону опорная стойка вала, рис. 3.273, *б*.

В зависимости от механических свойств формуемого листа и состояния его поверхности, валы в вальцах также могут иметь повышенную твердость, полированные либо обрезиненные рабочие поверхности.

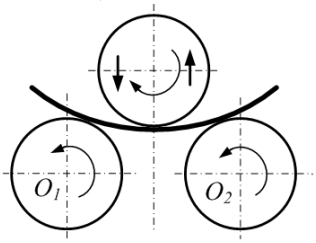


Рис. 3.272. Трехвалковая симметричная машина

Заданный радиус гибки достигается в несколько проходов при реверсивном движении валков. Кривизна изгиба, достигаемая за один проход, ограничена силой сцепления приводных валков с заготовкой.

Основной недостаток трехвалковых машин заключается в том, что конец заготовки длиной, равной примерно половине межцентрового расстояния нижних валков ($0{,}5O_1O_2$), остается плоским, так как наибольший изгибающий момент приходится на средний верхний валок, т.е. середину O_1O_2. Подгибка концов при этом выполняется как самостоятельная операция.

а *б*

Рис. 3.273. Откидной верхний приводной вал (*а*) и откидная опорная стойка (*б*)

Машины с асимметричным расположением валков позволяют проводить практически полную гибку обечайки рис. 3.274, *в*. Одна из схем таких машин представлена на рис. 3.274, *а*. Для подгибки второго края листа заготовку вставляют в вальцы с другой стороны, рис. 3.274, *б*.

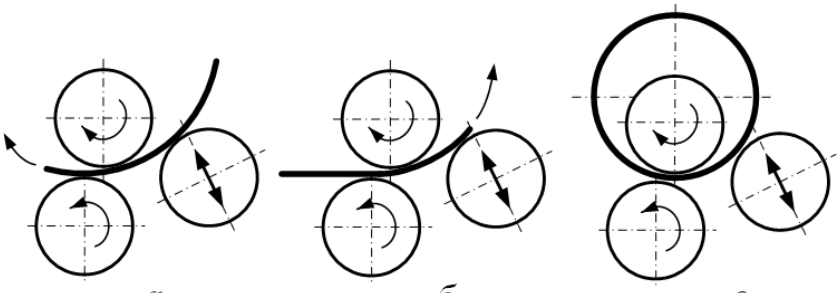

а *б* *в*

Рис. 3.274. Схема гибки листа с асимметричным расположением валков (*а*), подгибка противоположной кромки (*б*) гибка цилиндра (*в*)

Находят свое применение также машины с регулировкой боковых валков в горизонтальном направлении и с перемещающимся верхним валком.

Недостатки трехвалковых машин устранены в четырехвалковой машине. Схема одной из них представлена на рис. 3.275. Средние валки имеют принудительное вращение. Нижний валок можно устанавливать по высоте в зависимости от толщины листа. Боковые валки, перемещаясь, определяют радиус гибки и выполняют подгибку концов заготовок. При этом можно избежать подгибки концов как самостоятельной операции.

После установки листа между приводными верхним и нижним валами, благодаря перемещению переднего гибочного вала вверх происходит подгибка передней кромки. Это

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

способствует оптимальному закруглению формуемого листа при дальнейшей вальцовке. Передний гибочный вал приводится в действие пневматической системой, дополнительно установленной на вальцах.

Вальцы выбираются по технической характеристике в зависимости от длины и толщины изгибаемого проката, в соответствии с мощностью, необходимой для выполнения операции гибки. В частности, четырехвалковые машины используются для гибки листов с толщиной до 80 мм и шириной до 5 м.

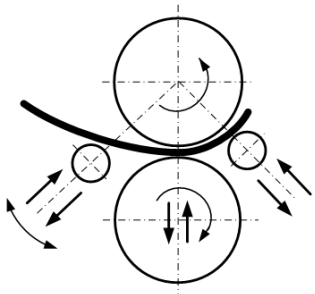


Рис. 3.275. Четырех валковая листогибочная машина

Минимальный радиус гибки на вальцах определяется диаметром среднего валка.

Точность заготовки после проведения гибочной операции во многом определяет качество готового изделия. Поэтому необходимо рассмотреть возможные дефекты формы при гибке с указанием причин их возникновения.

Перекос кромок (рис. 3.276, *а*) происходит вследствие того, что в начале гибки край листа перекошен относительно осей валков. Дефект исправляется обратным перекосом листа.

Конусность (рис. 3.276, *б*) возникает из-за непараллельности осей верхнего и нижнего валков. Для исправления дефекта необходимо опустить верхний валок со стороны большего радиуса.

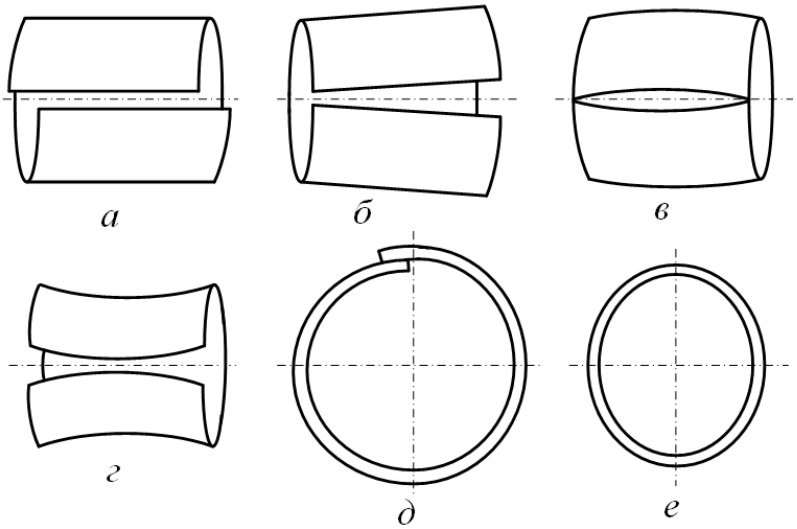


Рис. 3.276. Дефекты возникающие при гибке на вальцах: *а* – перекос кромок; *б* – конусность; *в* – выпуклая бочкообразность; *г* – вогнутая бочкообразность; *д* – чрезмерная кривизна; *е* – овальность

Бочкообразность (рис. 3.276, *в*, *г*) – с выпуклой (*в*) и вогнутой (*г*) образующими является следствием чрезмерного прогиба валков по длине. Выпуклая бочкообразность получается при меньшем изгибе листа посередине, а вогнутая (седловидность) – при меньшем изгибе на концах.

Чрезмерная кривизна (рис. 3.276, *д*) возникает как следствие излишнего усилия гибочного валка из-за неправильно назначенного радиуса гибки, а овальность (рис. 3.276, *е*) из-за непостоянства усилия зажима листа между валками (по всей длине), часто из-за его проскальзывания.

Требуемый радиус кривизны контролируется шаблонами.

Прокатка жестяницких изделий на зигмашине. Жестяницкие изделия цилиндрической формы (воздуховоды, дефлекторы, водосточные трубы и др.) часто снабжают валиками жесткости (зигами). Эти валики, в зависимости от их числа, придают деталям значительную прочность. Чаще всего этим пользуются при изготовлении изделий с большими диаметрами. В настоящее время валики жесткости и прочие прокатные работы выполняют исключительно на механизмах, называемых зигмашинами.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Зиговочные машины включают в себя оборудование для обработки кромок деталей из листового металла для последующей их сборки. Зиговочная машина необходима при производстве фасонных частей вентиляции, а именно для прокатки соединительных загибов, для скрепления круглых воздуховодов между собой.

Зигмашины широко используется для производства различных сегментов, отводов и элементов воздуховодов. Они позволяют выполнять следующие операции: зиговку, отбортовку кромок, закатку фальцев в соединяемых деталях и резку листового металла.

Применение специальных приспособлений и комплекса инструментов значительно расширяет технические возможности зиговочных машин и позволяет им дополнять функции профилировочных и гибочных машин.

Зиговочный станок (зиговочные машины) подразделяются по типу привода. В производстве используются станки с ручным, электромеханическим и гидравлическим приводами в зависимости от толщины обрабатываемого металлического листа. Зигмашина с ручным приводом обеспечивает работу с металлом толщиной до 1,2 мм и может использоваться непосредственно на объекте монтажа. Электромеханический и гидравлический привод оправдан при значительных объемах производства и работе с металлом толщиной до 4 мм. Управление оборудованием осуществляется с помощью педали или пульта.

Ручная настольная зигмашина типа ВМС-71 показана на рис. 3.277, *а*. Она состоит из литого корпуса *1*, в котором помещается механизм машины, струбцинообразного кронштейна *2*, который посредством упорного винта *3* прикрепляют к верхней доске верстака *4*. Рабочими органами машины являются два прокатных фасонных ролика *5* и *6* (вращаются в противоположные стороны), укрепленные на концах горизонтальных валиков *7* и *8*. Последние опираются на подшипники, вмонтированные в литой корпус. Валики получают вращательное движение от зубчатого механизма *9*, который приводится в движение посредством рукоятки *10*.

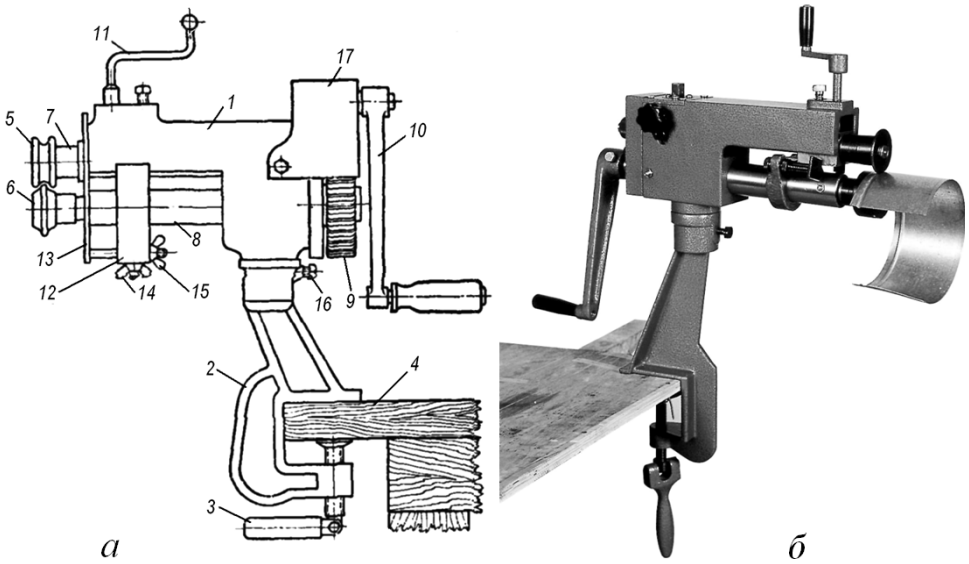


Рис. 3.277. Ручная настольная зигмашина типа ВМС-71 (*а*) и кромкозагибочный станок Triod Rotary Machine (*б*): *1* – корпус; *2* – кронштейн; *3* – упорный винт; *4* – верстак; *5*, *6* – фасонные прокатные ролики; *7*, *8* – горизонтальные валики; *9* – зубчатый механизм; *10* – рукоятка; *11* – рычажный винт; *12* – скользун; *13* – ограничительная рама; *14-16* – винты; *17* – кожух

Другими деталями машины являются: рычажный винт *11*, посредством которого валик *7* вместе с роликом *5* могут перемещаться по вертикали относительно ролика *6*; скользун *12* с ограничительной рамкой *13*; винты *14* и *15* предназначаются для фиксирования и регулирования положения рамки. Винт *16* служит для закрепления корпуса, который может быть установлен под углом к кронштейну. Зубчатый механизм сверху закрывается кожухом *17*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Прокатные ролики являются сменными деталями. Каждая пара роликов имеет фасонный профиль и предназначена для выполнения определенной операции. Например, меняя на зигмашине ролики, можно произвести выкатку валика жесткости (зига), отгибку бортика на 90° (гибки в два приема – вначале отгибают на 45°, а затем на 90°), отгибку двойного бортика, отгибку кругового бортика под закатку проволоки, уплотнение поперечного торцевого фальца, гофрирование конца обечайки, резку листового материала и др.

Для того чтобы прокатать валик жесткости, надо прежде всего установить рамку *13* на заданную величину (при прокатке торец обечайки должен все время упираться в рамку). Затем поднять верхний ролик так, чтобы конец обрабатываемой детали вошел между роликами. После этого деталь два раза пропускают между роликами; в это время ролик *5* постепенно поджимают рычажным винтом *11*.

Когда размер валика достигает требуемой величины, вращение прекращают. При прокатке необходимо следить за тем, чтобы изделие все время соприкасалось с рамкой и плавно опускался верхний ролик. Во время прокатки нельзя быстро вращать ролики и резко поджимать рычажный винт, так как от этого могут образоваться трещины в прокатываемой детали. После завершения прокатки ролик поднимают кверху и снимают деталь.

Зигмашину обслуживает один слесарь, производя на ней любые операции по прокатке при толщине листа до 0,8 мм.

Существуют различные типы зиговочных роликов.

«V» – зиговочные ролики используют в зигмашинах для формовки краев изоляционных кожухов, рис. 3.278, *а*. Также с помощью этих роликов подготавливают края труб для последующей закатки проволоки на роликах типа «Z» и «ZB», рис. 3.279, *г*, *д*.

«E» и «EV» ролики (рис. 3.278, *б*, *в*) применяют при производстве водосточных и вентиляционных систем, а также дымоходов; гофрируют конец трубы, что уменьшает ее диаметр для последующего соединения с трубой одинакового диаметра. Ролики типа «EV» (рис. 3.277, *в*) одновременно с гофрированием наносят стопорный зиг. Если требуется изготавливать гофру длиной 40 мм и более, зиг-машину следует выбирать с запасом по мощности.

«KA», «F» (рис. 3.278, *г*, *к*) и «BS» (рис. 3.279, *з*, *и*) ролики применяют для изготовление длинного (двойного) фальца стоячего замка на зиг-машине. Высота отбортовки может быть 4, 6, 8, 10 или 12 мм в зависимости от толщины металла.

«SK» ролики (рис. 3.278, *д*) используют для изготовления зигов прямоугольной формы. Широкие зиги прямоугольной формы могут использоваться для крепления резиновых уплотнений при производстве круглых воздуховодов.

«S» ролики (рис. 3.278, *е*, *ж*) применяют для изготовления усиливающих и стопорных зигов.

«BC» ролики (рис. 3.278, *з*) позволяют осуществлять на зигмашине кромкогибочные операции на плоских заготовках при производстве круглых заглушек и отбортовки частей отводов прямоугольных воздуховодов.

«BD» ролики (рис. 3.278, *л*) используют для выполнения отбортовки на краях длинных круглых труб.

«AV» ролики (рис. 3.279, *а*, *б*) дают винтовое соединение ровных врезок систем вентиляции. Надежное герметичное соединение возможно изготовить на зигмашине без использования контактной точечной сварки.

«KB» ролики (рис. 3.279, *в*) позволяют осаживать на зигмашине стоячий замок. Длинный и короткий фальцы стоячего замка зигуются на роликах типа «F» или «BS» и «BB», а также используются для сопряжения сегментов круглых переходов и отводов на стоячем фальце, заготовок воздуховодов и водостоков.

«ZA» и «ZB» – ролики (рис. 3.279, *г*, *д*), закатывающие проволоку на краю труб. Край трубу должен быть предварительно загнут на зиговочной машине с помощью роликов типа «V». Проволоку в край трубы закатывают для придания ей жесткости, особенно если труба изготовлена из тонкой стали, эту операцию возможно выполнить только на зиговочных машинах.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

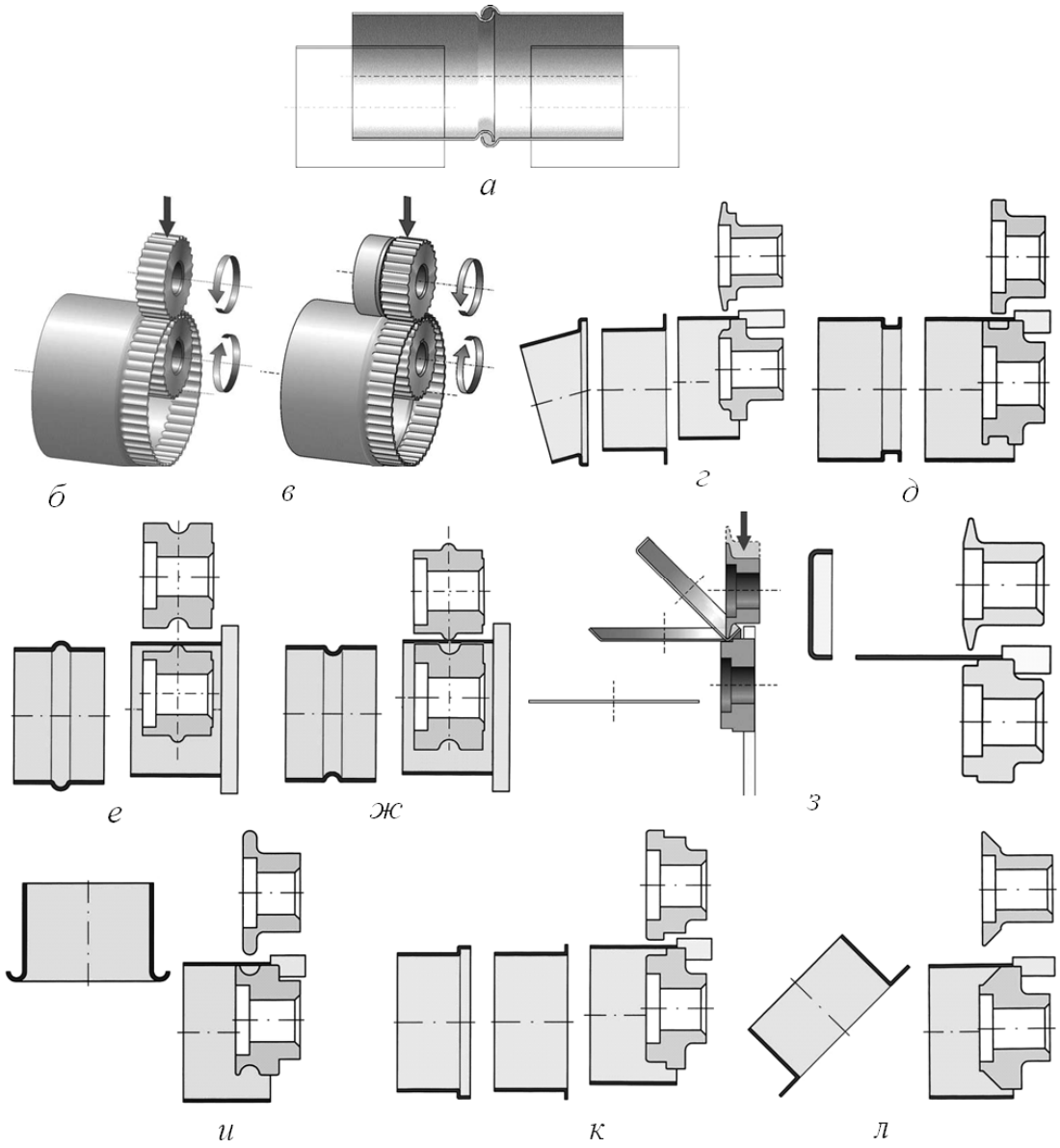


Рис. 3.278. Основные типы серийно выпускаемых зиговочных роликов: *а* – формовка краев изоляционных кожухов «V» роликами; *б* – гофрирование конца трубы «E» роликами; *в* – гофрирование конца трубы со стопорным зигом «EV» роликами; *г* – «KA» ролики для изготовления стоячего фальца; *д* – «SK» ролики для зигов прямоугольной формы; *е, ж* – «S» ролики для усиливающих и стопорных зигов; *з* – «BC» ролики для кромкогибочных операции на круглых заглушках; *и* – «V» ролики; *к* – «F» ролики для изготовления стоячего фальца; *л* – «BD» ролики для отбортовки

«M» – отрезные ролики (рис. 3.279, *е*) для зигмашин используемые на поперечной резке труб. Использование специального держателя позволяет вырезать круги из листовых заготовок. Для обеспечения качественного реза отрезными роликами зигмашина должна быть оборудована параллельным прижимом валов.

«Полукруглый упор» (рис. 3.279, *к*) – специальный упор для зигмашин который используется одновременно с ровными роликами типа «BB» при изготовлении наружной отбортовки внутри круглого отверстия в плоской заготовке.

Более производительным механизмом является зигмашина с электроприводом и педальным устройством для включения механизма передачи вращения. На ней можно выполнять те же операции, что и на ручной. В отличие от последней прокатку металла производят за один раз (установ), причем изделия могут иметь толщину стенок до 2 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

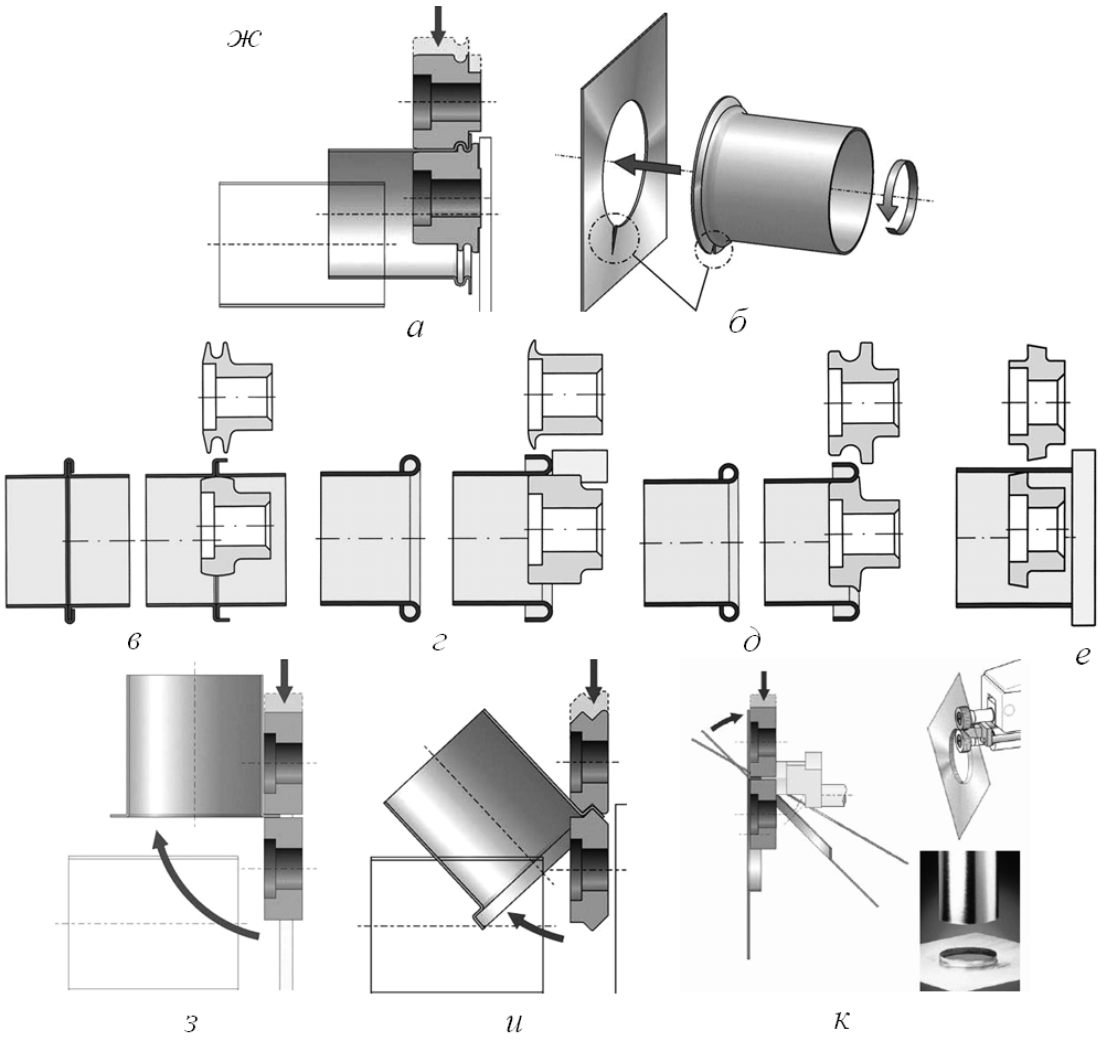


Рис. 3.279. Основные типы серийно выпускаемых зиговочных роликов: *а*, *б* – «AV» – винтовое соединение ровных врезок систем вентиляции; *в* – «KB» осаживание стоячего замка; *г*, *д* – «ZA» и «ZB», соответственно, ролики для закатки проволоки; *е* – отрезные «M» ролики; *з*, *и* – «F» и «BS», соответственно, ролики для изготовления двойного фальца; *к* – «полукруглый упор» с роликами «BB»

Машинное изготовление фальцевых швов осуществляют на фальцепрокатных и фальцезакаточных станках. Фальцепрокатные станки предназначены для получения фальцевых соединений и различного вида профилей: С-образных реек и элементов защелочного соединения, применяемых как в отделочно-строительных работах, так и при изготовлении круглых и прямоугольных воздуховодов. Прокатка, в отличие от гибки, позволяет получать деталь с более качественным фальцем.

Кромки фальцев, выполненных на фальцепрокатных станках, имеют особую форму, отличную от формы кромок, изготовляемых вручную, рис. 3.280. Машинные фальцы обладают большей прочностью, чем ручные, и поэтому в большинстве случаев могут заменить двойной или полуторный фальц.

Рабочим органом фальцепрокатного станка с электроприводом является приводной механизм, состоящий из пяти пар прокатных роликов (существуют модели, имеющие до 10 пар роликов). Ролики расположены в два яруса (рис. 3.281); нижний ярус помещается внутри шкафа и называется нижним пакетом. В этом пакете ролики располагаются несколько выше плоскости стола. Верхний ярус роликов образует, так называемый, верхний пакет. Для лучшей протяжки листа ролики подпружинены; причем один пакет можно регулировать относительно другого при изменении толщины металла.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

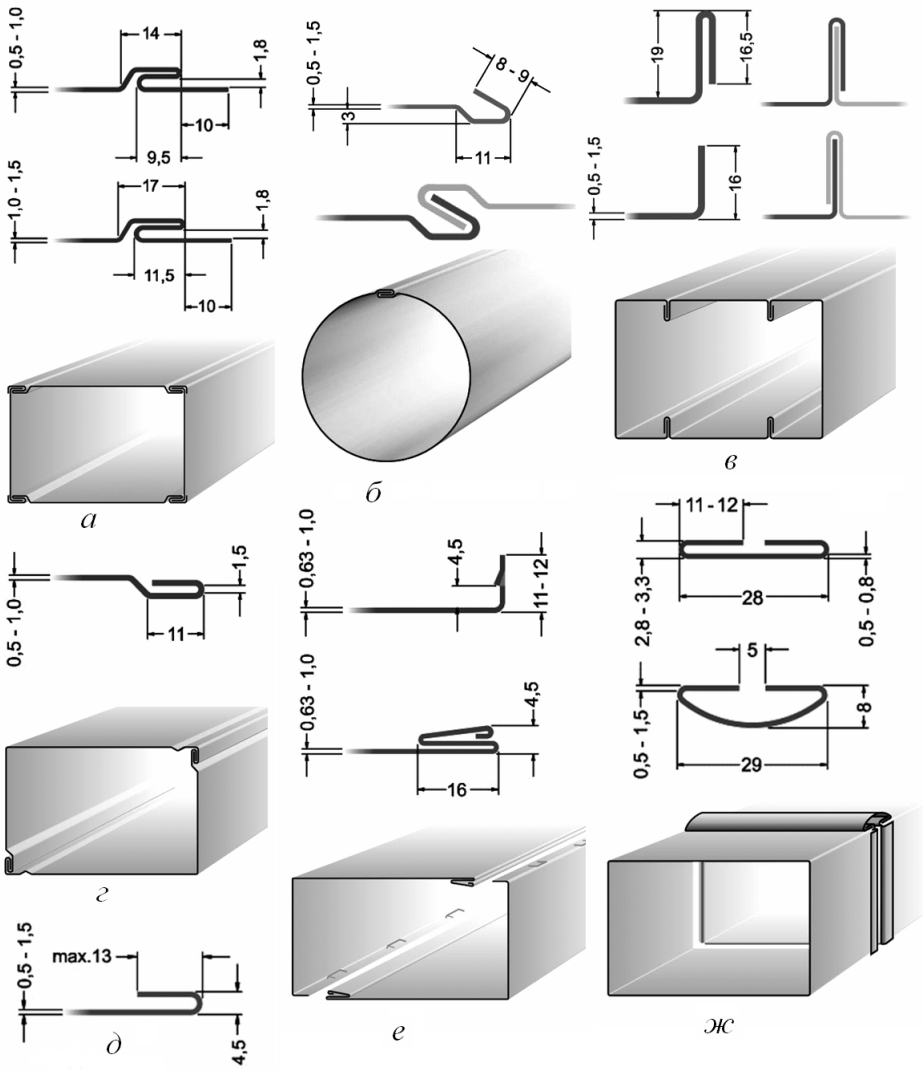
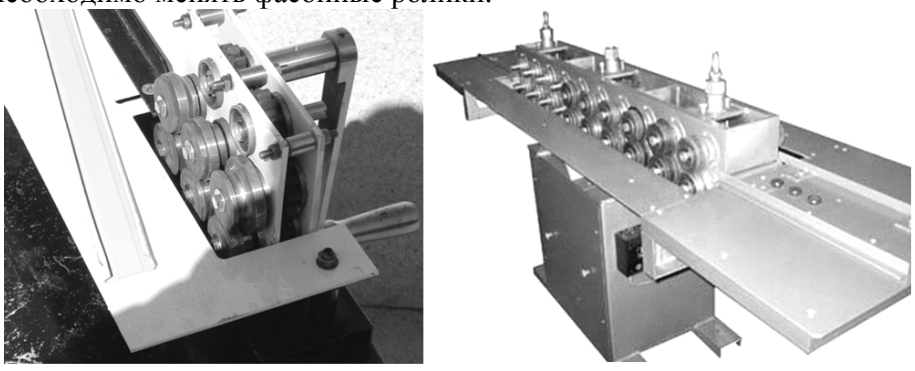


Рис. 3.280. Фальц, выполненный на фальцепрокатных станках: *а* – питтсбургский фальц; *б* – лежачий фальц; *в* – вертикальный и двойной вертикальный фальц; *г* – закрытый продольный фальц; *д* – отгибаемый фальц; *е* – защелкивающийся фальц; *ж* – соединительная рейка для сдвижного фальца

Кромка листа, пропускаемая через прокатные ролики, претерпевает пять последовательных операций (при пяти парах роликов) и постепенно приобретает форму питтсбургского фальца (рис. 3.282, *а*) или закрытого продольного фальца (рис. 3.282, *б*) или соединительной рейки (рис. 3.282, *в*). В соответствии с этим при переходе с одного вида прокатки на другой необходимо менять фасонные ролики.



а *б*

Рис. 3.281. Ручной фальцепрокатный станок МФР (*а*) и фальцепрокатный станок СТД-11019-01 *(б)*

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

На станке за последней прокатной парой роликов, в некоторых моделях, установлен рассекатель особой формы. Рассекателем выполняют калибровку кромок, т.е. раскрытие кромок на строго определенную величину, чтобы можно было легко и быстро соединить одну кромку с другой при образовании фальца.

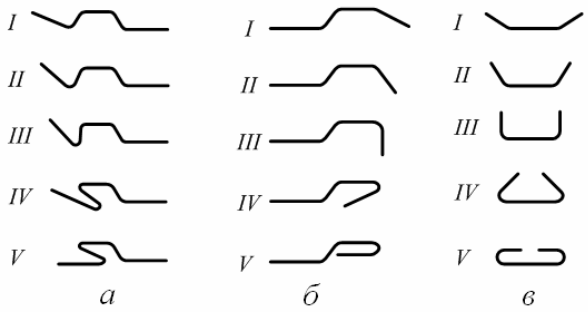


Рис. 3.282. Последовательность рабочих операций при прокатке кромок питтсбургского фальца (*а*); закрытого продольного фальца (*б*) и соединительной рейки (*в*)

Прокатку на фальцопрокатном станке производят следующим образом: лист укладывают на стол и прижимают к упорной планке, при этом угол кромки листа должен войти между роликами первой пары. Затем лист протягивается вперед без усилия рабочего. В этом случае надо только придерживать лист и следить, чтобы кромка все время была прижата к упорной планке. На станке можно прокатывать кромки в стальных листах толщиной до 1,5 мм.

Вторую кромку на листе прокатывают на фальцепрокатном станке тем же способом, что и первую кромку фальца. Для прокатки второй кромки фальца на звеньях воздуховодов круглого сечения эти звенья предварительно немного разгибают. В этом случае звенья крупных воздуховодов обычно деформируются, поэтому их затем подгибают и правят ручным способом.

Фальцеосадочный станок – станок для закрытия фальца используется для осадки лежачего фальца. Фальцеосадочный станок состоит из металлической рамы *1* (рис. 3.283, *б*), головки нажимной *2*, воротка *3*, верхнего *4* и нижнего *5* роликов, рукояти привода *6* и нижней трубы *7*.

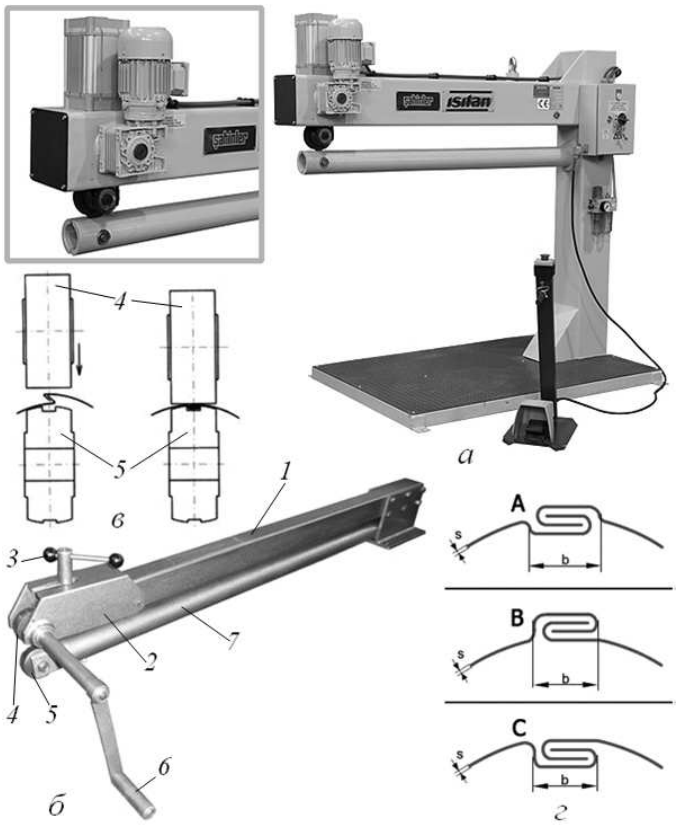


Рис. 3.283. Фальцеосадочный станок ZL-1a (*а*) и ФОР-1 (*б*); осадка лежачего фальца (*в*); фальц после осадки (*г*): А – средний; В – верхний; С – нижний; *1* – рама; *2* – головка нажимная; *3* – вороток; *4* – верхний ролик; *5* – нижний ролик; *6* – рукоять привода; *7* – нижняя труба

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для того чтобы закатать фальц необходимо заранее соединить кромки в замок, а затем звено поместить на нижнюю трубу *7* швом кверху. Зафиксировать край заготовки между верхним и нижним роликами, таким образом, чтобы фальц был в центре рабочей зоны роликов. Воротком сжать ролики. Вращением рукояти привода *6*, по часовой стрелке осадить фальц и придать ему требуемую форму, до окончательного выхода заготовки.

Фальцеосадочный станок ZL-1a (рис. 3.283, *а*) допускает закатку фальцев длиной до 1320 мм, в изделиях с толщиной металла не более 1,2 мм. Таким образом, при осадке с двух сторон может быть оформлен фальц длиной до 2500 мм, при этом минимальный внутренний диаметр осаживаемой трубы может быть равен 120 мм.

Изготовление изделий из тонколистового металла. Для изготовления труб, отрезают заготовки нужного размера. Берут одну из отрезанных заготовок и на верстаке или на брусе, при помощи киянки отгибают вдоль его длины, с обеих сторон, фальцы в противоположных направлениях (рис. 3.284). При этом необходимо иметь ввиду, что если применяется ниппельное соединение труб, то они должны своими концами плотно входить одна в другую.

С этой целью фальц трубы отгибается на одном конце шире, чем на другом, как это и показано на рис. 3.282, причем от 5 мм отгибаемого фальца на одном конце листа переходим последовательно к 15 мм отгибаемого фальца на другом конце.

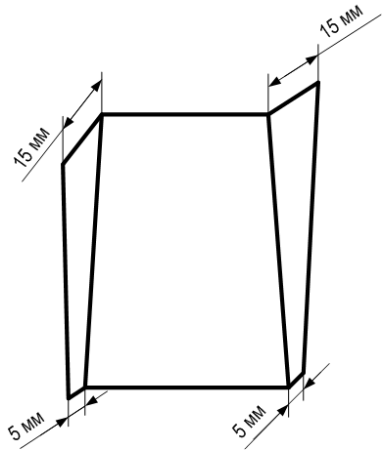


Рис. 3.284. Фальц для изготовления трубы для ниппельного соединения

Благодаря такому отгибу фальца неодинаковой ширины труба получается на одном конце шире, чем на другом и при соединении труб более узкий конец одной трубы входит в уширенный конец другой, рис. 3.285. Так как у каждой из изготовленных таким образом труб один конец получается уже или тоньше другого, то, в случае надобности, может быть соединено (наращено) какое угодно количество труб.

Загнув указанным способом фальцы обрабатываемого листа, руками сгибают лист в трубу (в цилиндр), зацепляют друг за друга отогнутые в противоположные стороны фальцы и киянкой на брусе, прибивают получившийся шов по всей его длине.

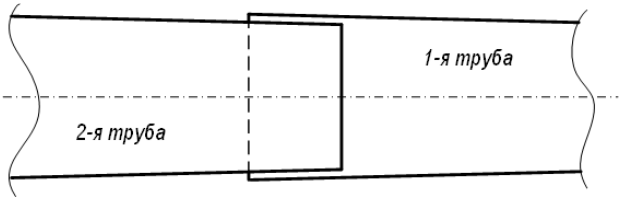


Рис.3.285 Узел стыковки – труба в трубу

Иногда удлинение трубы приходится делать не путем вкладывания конца одной трубы в другую, а с помощью соединительного шва. В этом случае соединение нарезанных частей листов, из которых должны быть изготовлены трубы, производится еще до сгибания их в цилиндр, причем соединение это делается обычными приемами крепления взамок.

Трубы из тонколистового металла приходится соединять под углом при помощи так называемых колен. Само колено также представляет собой соединение двух труб под углом под прямым или тупым углом, рис. 3.286.

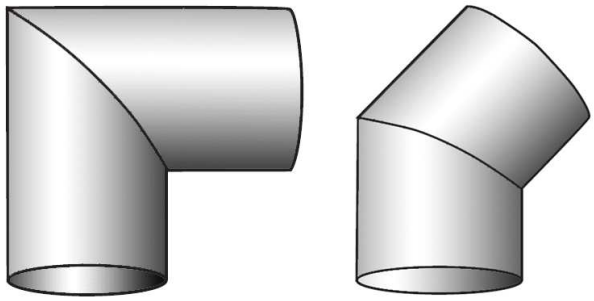
Изготовление прямоугольного колена начинается с изготовления шаблона. Окружность трубы нетрудно получить, если изогнутую в правильный цилиндр трубу поставим отверстием (раструбом) на лист бумаги и аккуратно обведем трубу карандашом по бумаге. Окружность эта будет соответствовать и окружности изготовляемого колена, конец которого должен быть надет на данную трубу.

Пользуясь полученной окружностью, переходим к вычерчиванию той кривой линии, по которой должен быть отрезан лист металла, прежде чем выгнуть из него часть колена. Для этого поступают следующим образом: полученную окружность делят на четное число час-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

тей, например, на восемь. Из каждой точки деления верхней полуокружности (рис. 3.286, *а*) проводят вверх прямые линии, показанные пунктиром. Каждую из этих линий доводят только до наклонной *БД*. Изменяя их направление и продолжая вести их уже не вверх, не вертикально, а горизонтально, параллельно линии *БВ*. Пунктирные линии, как показано на рис. 3.287, *а*, выводят вправо от начерченного прямого колена.

Вслед за этим на уровне линии *АЕ* проводят горизонтальную линию *ЖЗ*, на которой откладывают длину окружности трубы. Получившуюся линию *ЖЗ* также делят на восемь равных частей и проводят вверх пунктиры, как показано на рис. 3.286. В местах их пересечения с пунктирными линиями, выведенными ранее из начерченного прямого колена, ставят точки.

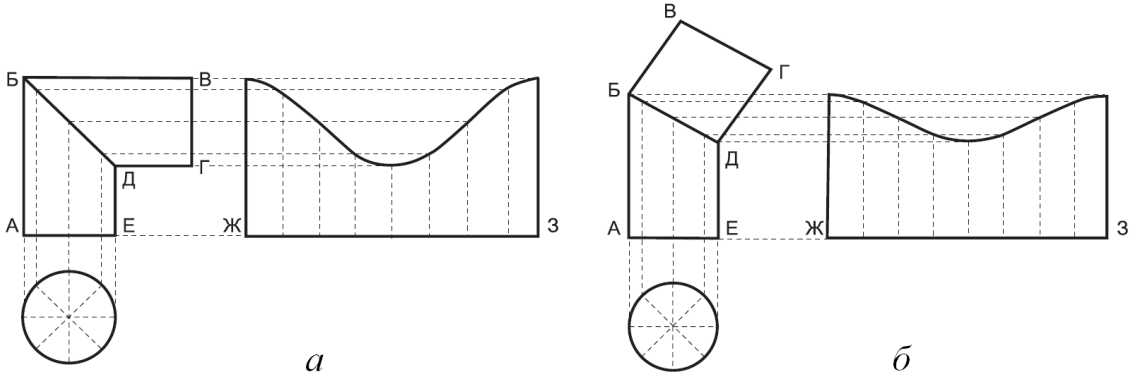


а *б*

Рис. 3.286. Прямое колено (*а*) и тупое колено (*б*)

Если эти точки соединить кривой линией то именно по этой кривой надо обрезать лист металла, чтобы согнуть из него одно плечо прямого колена.

Для второго плеча колена может быть использован тот же шаблон, что и для первого, причем для второго, кривая линия шаблона будет направлена в противоположную сторону. Поэтому при изготовлении обеих плеч колена на прямоугольном листе металла очерчивают чертилкой шаблон, полученный на рис. 3.287, и разрезают лист по кривой *АБ* (рис. 3.288).



а *б*

Рис. 3.287. Вычерчивание шаблона для прямого (*а*) и тупого (*б*) колена

Тогда нижняя отрезанная часть прямоугольного листа железа будет согнута в цилиндр для одного из плеч прямого колена, а верхняя отрезанная часть того же прямоугольника – для второго плеча прямого колена.

Шаблон для вычерчивания тупого колена вычерчивают таким же способом, как и шаблон для прямого колена. Разница заключается лишь в том, что пунктирные линии, далее идут не параллельно прямой *БВ*, которая в тупом колене отклонена вверх, а горизонтально, т.е. параллельно линии *АЕ*, рис. 3.287, *б*. Все остальные операции производят точно так же, как и для прямого колена.

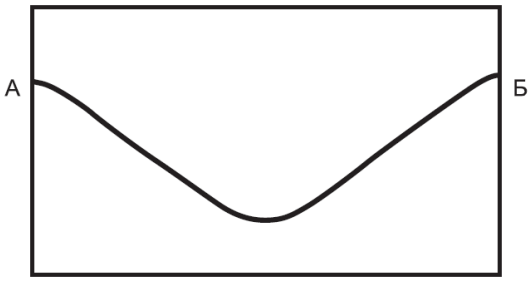


Рис. 3.288. Кривая линия разреза шаблона

Дальше переходят к изготовлению колена при помощи шаблонов. Для этого сгибают каждую из полученных частей в цилиндр (в трубу) и соединяют швом, как всякий цилиндр. При этом одно плечо будет одеваться на трубу (рис. 3.289, вертикальное плечо колена), а другое (горизонтальное плечо колена) само, наоборот, будет входить в трубу. Поэтому в горизонтальном плече колена, входящем в трубу, фальц отгибается с уширением, как и при изготовлении шва трубы для ниппельного соеди-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

нения, у которой фальц отгибается на одном конце шире, чем на другом (рис. 3.284). Горизонтальное плечо колена, благодаря этому, получается на правом конце суженным и может быть соединено с трубой.

Швы у каждого плеча располагаются не на одинаковых местах: у вертикального плеча шов расположится с правой стороны, а у горизонтального плеча – сверху.

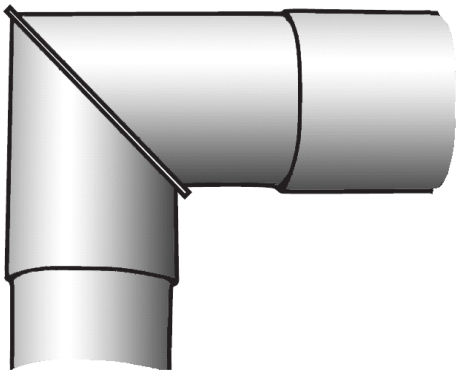


Рис. 3.289. Соединение труб коленом

Получив, таким образом, два плеча, представляющих собой по цилиндру со скошенными под углом основаниями, приступают к соединению этих плеч скошенными основаниями в колено.

С этой целью отгибают на одном плече фальц в 10 мм, а на другом плече в 5 мм. Фальц отбивают на брусе острой стороной молотка, причем удары молотком производятся не по всей ширине фальца, а по самому его краю (рис. 3.290), во избежание разрыва материала. Обойдя несколько раз острым бойком молотка по всему краю фальца, и поворачивая, по мере обстукивания, цилиндр, получают на каждом из плеч по фальцу, отогнутому так, как это показано на рис. 3.291, *а*, причем один фальц будет широкий (отогнутый на 10 мм), а второй – узкий (отогнутый на 5 мм).

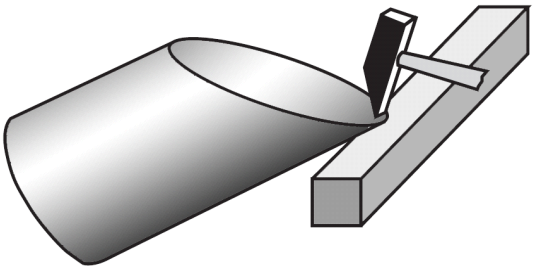


Рис. 3.290. Отгибание фальца при изготовлении колена

Вслед за этим плечо с широким фальцем ставят скошенным основанием вниз на край бруса (рис. 3.291, *б*) и по всей окружности плеча равномерно отгибаем фальц вниз приблизительно на 5 мм.

Получив на этом плече углубление в виде гнезда, вставляют в него плечо с более узким фальцем и шов загибают острым бойком молотка, рис. 3.291, *в*.

Чтобы окончательно укрепить шов, надевают колено на конец бруса и обстукивают шов коленного соединения по всему его протяжению тупым бойком молотка.

Для регулирования потока воздуха в системах вентиляции применяются шибера. Шибер для круглых труб (рис. 3.292) состоит из двух коротких отрезков труб, между которыми и укрепляется собственно шибер.

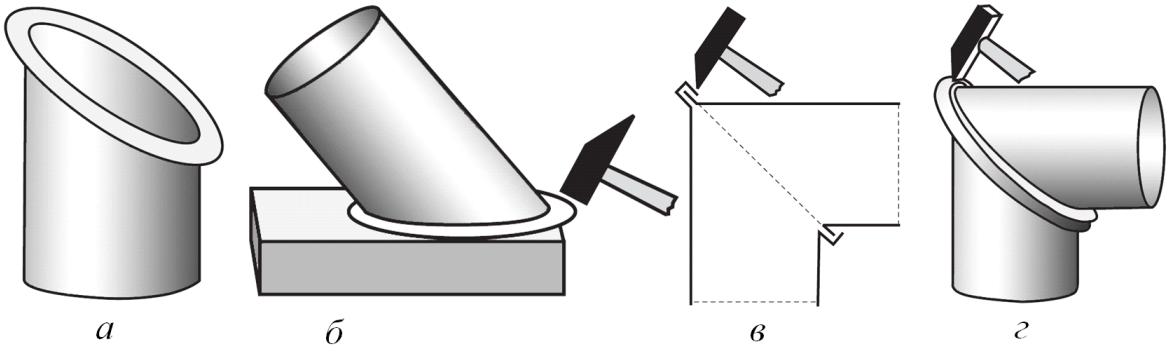


Рис. 3.291. Фальц на скошенной стороне цилиндра (*а*) отгибание фальца вниз (*б*), схема соединения шва (*в*) и загибание шва (*г*)

Изготовление шибера начинается с вырезания двух прямоугольников. Сгибают их в цилиндры, после чего соединяют каждый цилиндр швом. При этом у одной из шиберных труб, которая должна быть одета на трубу, фальц делается нормальной ширины, т.е. с одинаковым отгибом по всей длине шва, а у другой (которая сама должна входить в трубу), фальц отгибается с уширением, вследствие чего труба эта получается суженной на одном конце.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для задвижки вырезают из листового металла два квадрата. У одной стороны каждого квадрата загибают узкий фальц, примерно 3 мм шириной, который крепко забивают киянкой. Вслед за этим вырубают уголки у одного из квадратов (рис. 3.293, *а*), причем каждая сторона вырубываемого уголка должна имеет размер 10 мм.

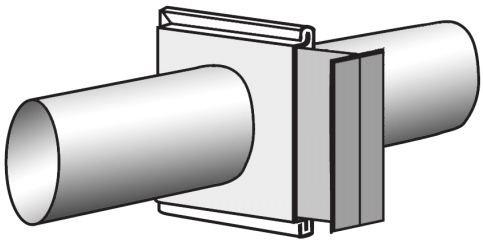


Рис. 3.292. Шибер

Ставят на середину квадрата трубу, изготовленную для задвижки, аккуратно очерчивают окружность трубы и, сняв ее с квадрата, вырубывают зубилом в каждом квадрате круглое отверстие, но не точно по очертаниям окружности, а отступив во внутрь этой окружности на 5 мм. Отгибают фальц в этом круглом отверстии ударами киянки на брусе, причем этот фальц должен быть не шире 5 мм и загнут внутрь, под прямым углом.

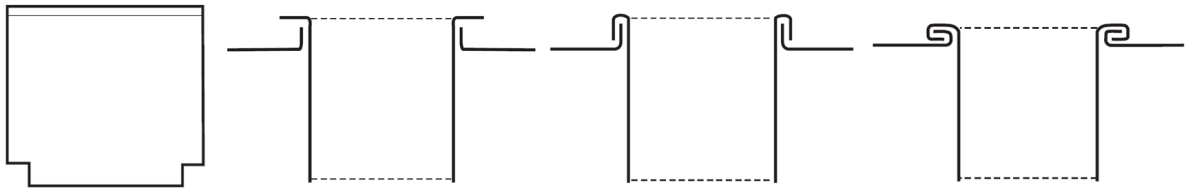


Рис. 3.293. Отгиб фальца и вырубывание уголка (*а*), труба вставленная в отверстие квадрата (*б*), отгибание фальца вставленной трубы (*в*); сваливание фальца соединения (*г*)

На трубах, которые должны быть прикреплены к квадратной задвижке, также отгибают фальц на брусе при помощи киянки под прямым углом, причем фальцы эти также должны быть равны 5 мм.

Вставляют каждую трубу с приготовленным фальцем в круглое отверстие, пробитое в квадрате, как это схематически показано на рис. 3.293, *б*, и отгибают киянкой фальц на брусе, согласно рис. 3.293, *в*.

Вслед за этим на брусе, острым бойком молотка, окончательно отгибают (сваливают) фальц, образующий соединение квадрата с трубой, рис. 3.293, *г*.

Получают, таким образом, два соединения трубы с квадратом, каждое из которых имеет вид, показанный на рис. 3.293, *г* и 3.294, *а*.

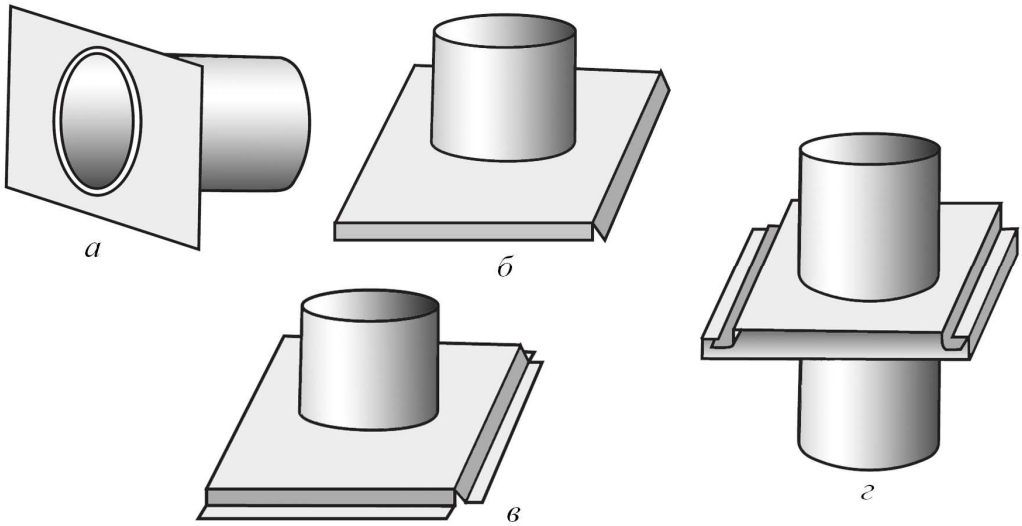


Рис. 3.294. Соединение трубы с квадратом (*а*), загибание сторон квадрата (*б*), вторичное сгибание фальца (*в*) и соединение квадратов (*г*)

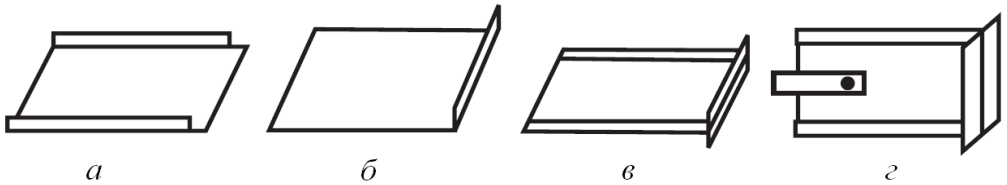
Дальше переходят к соединению между собой квадратов с прикрепленными к ним трубами. С этой целью загибают при помощи киянки три стороны одного из квадратов, кроме

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

той стороны на которой был раньше загнут фальц. Загиб делают под прямым углом и вниз на 10 мм, рис. 3.294, *б*.

Получившийся фальц вновь сгибают пополам и вправо, под прямым углом, как показано на рис. 3.294, *в*. У второго квадрата, у которого уголки не вырубали, загибают фальц с трех сторон на 5 мм и, сложив квадраты, друг против друга, соединяют фальцы, прибивая их киянкой, рис. 3.294, *г*.

Остается изготовить заслонка задвижки, т.е. ту ее часть, которая движется между скрепленными квадратами. Для этого вырезают из листового железа два прямоугольника. В первом, большем, прямоугольнике на одной из узких его сторон вырезают уголки, как на рис. 3.295, *а*, а вдоль обеих длинных сторон прямоугольника отгибают фальц шириной 20 мм, рис. 3.295, *а*.



а *б* *в* *г*

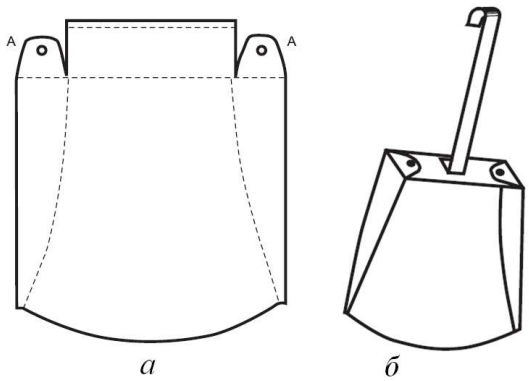
Рис. 3.295. Стадии изготовления заслонки задвижки: *а*, *б* – прямоугольники для заслонки; *в* – заслонка; *г* – укрепление заслонки

Во втором, меньшем, прямоугольнике отгибают один край на 10 мм, рис. 3.295, *б*.

Вкладывают меньший прямоугольник в больший, прибивают фальцы большего прямоугольника киянкой и отгибают на нем сторону с вырезанными уголками вниз. Тогда скрепленные между собой прямоугольники, образующие заслонку задвижки, будут иметь вид, показанный на рис. 3.295, *в*.

Чтобы язычок не выпадал из задвижки, прикрепляем к нему, при помощи заклепки, узенькую полоску металла как показано на рис. 3.295, *г*. Когда заслонка вставлена в задвижку, рукой отгибают эту полоску листового железа вниз под углом, благодаря чему заслонка не сможет быть вытянута полностью из задвижки.

В завершение описания жестяницких работ опишем порядок изготовления совка, используемого для сбора мусора, ремонтных материалов и других целей.



а *б*

Рис. 3.296. Шаблон для совка (*а*) и сам совок (*б*)

Для этого подготавливают шаблон согласно рис. 3.296, *а* и вырезают ножницами полученную фигуру из листового железа. Пробивают отверстия в зубцах, помеченных на рис. 3.296, *а* буквами *А*, отгибают узенький фальц и крепко прибивают его на брусе киянкой. Сгибают на брусе и аккуратно обивают киянкой вырезанный лист, под прямым углом, по направлению линий, показанных на рис. 3.296, *а* пунктиром. Пригибают зубцы А, и заклепками прикрепляют их к получившейся после загиба грани совка, рис. 3.296, *б*.

Ручку совка изготовляют из полосового железа. Лучше всего ручку делать полуовальной, для придания ей большей жесткости. С этой целью можно пользоваться галтелью или же металлической трубой, на которой выгибают полосу овально ударами киянки по всей длине этой полосы.

Отгибают один конец ручки полукругом, а другой – под прямым углом, пробивают пробойником (или сверлят электродрелью) два отверстия в конце ручки и прикрепляют ее заклепками к задней грани совка.

При необходимости получения более жесткой конструкции совка большого размера, вместо узенького фальца закатывают проволоку в края совка.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.4.4 Приемы правки металла

Получаемые слесарем заготовки из полосового, пруткового или листового материала часто бывают погнутыми, кривыми или покоробленными. Устранение этих недостатков заготовок называется правкой.

Правка представляет собой первую операцию по подготовке заготовки или металла для ее последующей технологической обработки. Она предназначается для устранения искажений формы (вмятин, выпучиваний, волнистости, коробления, искривления и т.п.) путем пластического деформирования. Металл подвергается правке, как в холодном, так и в нагретом состоянии.

Править можно заготовки или детали из пластичных металлов и сплавов (сталь, медь, латунь и т.д.). Заготовки или детали из хрупких металлов править нельзя. Правят также заготовки или детали после термической обработки, сварки и паяния.

Листовой материал и заготовки из него могут быть покороблены как по краям, так и в середине, иметь изгибы и местные неровности в виде вмятин и выпуклостей различных форм. При рассмотрении деформированных заготовок легко заметить, что вогнутая сторона их короче выпуклой. Волокна на выпуклой стороне растянуты, а на вогнутой сжаты.

Металл подвергается правке как в холодном, так и в нагретом состоянии. Выбор способа зависит от величины прогиба, размеров изделия, а также характера материала. Правку в нагретом состоянии производят в интервале температур 800-1000 °С (для Ст. 3) и 350-470 °С (для дюралюминия). Выше нагрев не допускается, так как это может привести к пережогу металла.

Правка с нагревом детали до 140-150 °С называется правкой с подогревом.

Правка металла может быть машинной (на правильных валках, прессах и всякого рода приспособлениях) и ручной, выполняемой слесарным молотком на стальной или чугунной плите или наковальне. При ручной правке лучше пользоваться молотком с круглым, а не с квадратным бойком. Как и при рубке, молоток нужно держать за конец ручки, рис. 3.297. Удары должны наноситься только выпуклой частью бойка. От ударов ребром бойка на поверхности выправляемой детали остаются глубокие забоины. Для правки нужно брать молоток с гладкой и хорошо отшлифованной поверхностью бойка.

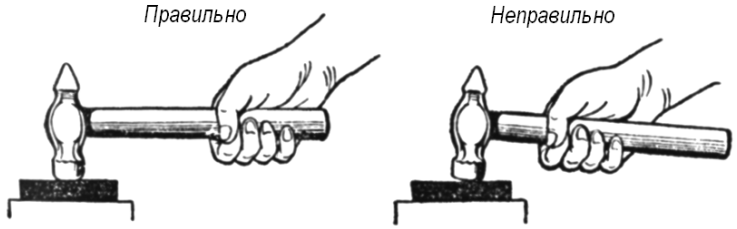


Рис. 3.297. Держание молотка и нанесение ударов при правке

Правка производится стальным молотком. Только для правки деталей с обработанной поверхностью, а также тонких стальных изделий или деталей из цветных металлов и сплавов применяют молотки из мягких материалов – медные, латунные, свинцовые, деревянные. При правке особенно тонкого металла пользуются металлическими и деревянными брусками-гладилками.

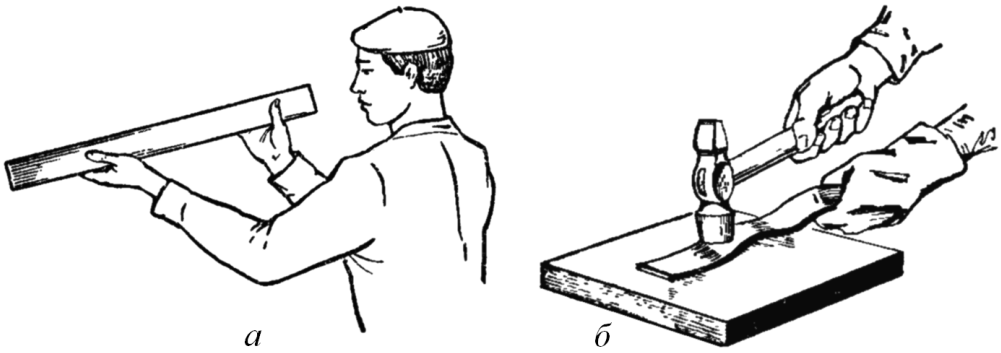
Иногда производят правку стальным молотком и уже обработанной поверхности. В этих случаях на выправляемое изделие накладывают прокладку из цветного металла и уже по ней наносятся удары.

Кривизну деталей проверяют на глаз (рис. 3.298, *а*) или же по зазору между плитой и уложенной на нее деталью. Изогнутые места отмечают мелом.

При правке нужно правильно выбирать места, по которым следует наносить удары. Удары должны быть по силе, соразмерны с величиной кривизны и постепенно уменьшаться по мере перехода от наибольшего изгиба к наименьшему. Правка считается законченной,

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

когда все неровности исчезнут и деталь станет прямой, что можно определить наложением линейки. Править деталь нужно на плите или надежных подкладках, исключающих возможность соскальзывания детали при ударе.



а *б*

Рис. 3.298. Проверка результатов правки на глаз (*а*) и прием правки стальной полосы (*б*)

Правка полосового металла. Осуществляется в следующем порядке. Обнаруженный изгиб отмечают мелом, после чего на левую руку надевают рукавицу. Берут за один конец искривленную деталь и кладут на плиту или наковальню выпуклой частью кверху. Принимают рабочее положение. Стоять при правке надо прямо, свободно и устойчиво. В правую руку берут молоток и наносят сильные удары по наибольшей выпуклости, уменьшая их по мере выпрямления полосы. Заканчивают правку легкими ударами, рис. 3.298, *б*.

Полосу располагают на правильной плите с контактом в двух местах, так как при неплотном прилегании в момент удара молотком возможна отдача в левую руку.

Удары наносят молотком по выпуклым частям широкой стороны полосы, поворачивая по мере необходимости полосу с одной стороны на другую. В процессе правки регулируют силу удара в зависимости от величины искривления (чем толще полоса и чем больше ее кривизна, тем сильнее должны быть удары). Постепенно по мере выпрямления полосы ослабляют силу ударов и заканчивают правку легкими ударами, часто поворачивая полосу со стороны на сторону. При наличии нескольких изгибов сначала правят крайние изгибы, а затем расположенные в середине.

Закончив правку широкой стороны, приступают к правке ребра. Для этого поворачивают полосу на ребро и наносят вначале сильные удары, а по мере устранения кривизны – все слабее и слабее в направлении от вогнутой части к выпуклой. После одного-двух ударов полосу следует поворачивать с одного ребра на другое.

Результаты правки (прямолинейность заготовки) проверяют на глаз (рис. 3.298, *а*) а более точно – на разметочной плите по просвету или наложением линейки на полосу.

Выправленный материал может иметь дефекты, в основном из-за неправильного определения места, по которому наносились удары, из-за неравномерной силы удара, отсутствия меткости удара.

Края заготовок, отрезанных на станках, обычно имеют коробления и волнистую форму. Перед правкой покоробленные места обводят мелом или простым карандашом. После этого заготовку кладут на плиту, прижимают ее левой рукой, а правой наносят удары молотком рядами по всей длине полосы, постепенно переходя от нижней кромки к верхней. Сначала наносят сильные удары, а по мере перехода к верхнему краю с меньшей силой, но чаще.

Правка тонкой полосовой стали производится несколько иначе. Предыдущий способ здесь не пригоден, так как от ударов молотком по выпуклому ребру тонкая полоса будет изгибаться в стороны, а соприкасающиеся с плитой места будут сминаться.

Тонкую полосу кладут на плиту, рис. 3.299. Прижав ее левой рукой, правой наносят удары молотком рядами по всей длине полосы, постепенно переходя от нижней кромки к верхней. Вначале удары должны быть сильными. По мере перехода к верхнему краю их ослабляют, но наносят чаще. При таком способе правки нижняя кромка вытягивается больше, чем верхняя, и полоса становится ровной.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

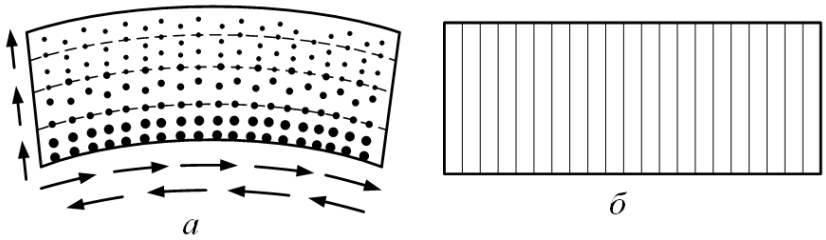


Рис. 3.299. Правка тонкой стальной полосы: *а* – кривая полоса; *б* – выпрямленная полоса (точками показаны места ударов)

Правку ведут до тех пор, пока нижняя и верхняя кромки полосы не выправятся по всей длине под линейку.

Правку полосового металла, изогнутого по ребру, выполняют следующим образом.

На полосе линейкой или на глаз определяют кривизну, отмечая ее границы мелом. Широкой плоскостью полосу кладут на плиту и наносят удары поперек полосы по краю вогнутой стороны, рис. 3.300. Удары должны быть несильными, для того чтобы исключить возможности вмятин и забоин на поверхности.

Уменьшив силу ударов, наносят их на вогнутой части в других местах (рис. 3.299, *а*). Полоса при этом односторонне вытягивается за счет «разгона» металла, принимая прямолинейную форму.

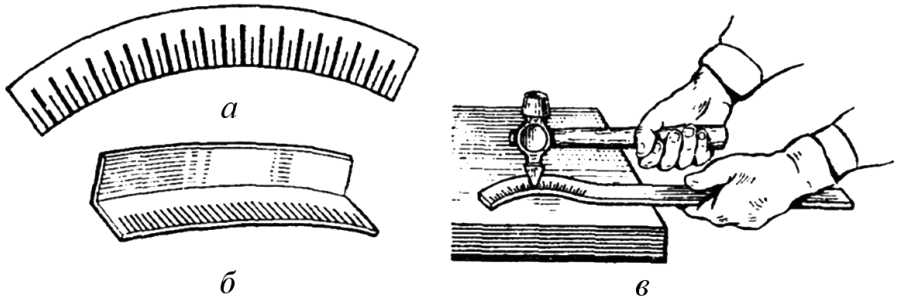


Рис. 3.300. Правка полосовой стали по ребру: *а* – схема нанесения ударов при правке полосы на ребро; *б* – схема нанесения ударов при правке угловой стали, изогнутой по узкой грани; *в* – прием работы

Этот способ применяют также при правке угловой стали с небольшой кривизной полки, рис. 3.300, *б*. Правка кривизны по ребру вызывает деформацию полосы по плоскости, поэтому приходится сочетать правку на прямолинейность по ребру с правкой плоскости.

Правку полосового металла со спиральным изгибом выполняют следующим образом. Один конец заготовки зажимают в тиски, а второй зажимают в ручных тисках. Между губками ручных тисков вставляют рычаг (стержень) и поворотом с равномерным усилием разворачивают изгиб до полного выпрямления спиральной кривизны, рис. 3.301. В случае необходимости окончательную правку производят на плите.

Результат правки полосы проверяют на глаз или с помощью проверочной плиты, для чего заготовку кладут на плиту, контролируя ее полное прилегание по всему периметру, или с помощью линейки, (качество правки определяется равномерным просветом между линейкой и плоскостью заготовки по всей ее длине).

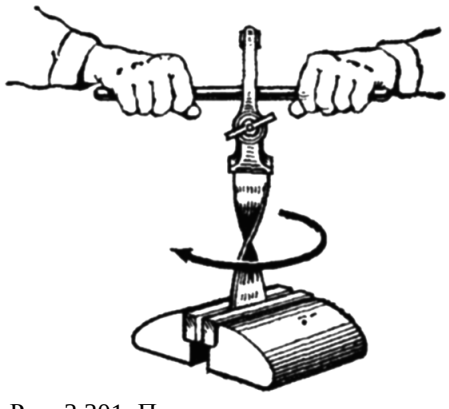


Рис. 3.301. Прием правки спирального изгиба

Правка листового металла на плите. Особую аккуратность, внимательность и осторожность соблюдают при правке заготовок из тонкого листового материала. По материалу наносят несильные удары, так как при неправильном ударе боковые грани молотка могут легко пробить листовую заготовку.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Самой сложной операцией при правке листового металла является устранение выпуклостей, которые могут быть в различных местах заготовки. Если при правке наносить удары непосредственно по выпуклостям, то они не только не будут пропадать, а даже увеличатся. Поэтому правку листов надо вести так, чтобы их края соответственно растягивались.

При правке заготовок с выпуклостями выявляют покоробленные участки, устанавливают, где больше вытянут металл. Выпуклые участки обводят мелом или мягким графитовым карандашом, затем заготовку кладут на плиту выпуклыми участками вверх так, чтобы края ее не свешивались, а лежали полностью на опорной поверхности плиты. Правку начинают с ближайшего к выпуклости края, по которому наносят один ряд ударов молотком в пределах, указанных на покрытой кружочками поверхности, рис. 3.302, *б*. Затем наносят удары по второму краю. После этого по первому краю наносят второй ряд ударов и переходят опять ко второму краю и так до тех пор, пока постепенно не приблизятся к выпуклости, как показано стрелками на рис. 3.302, *б*. Удары молотком наносят часто, но не сильно, особенно перед окончанием правки. После каждого удара учитывают воздействие его на заготовку в месте удара и вокруг него. Не допускают нанесения нескольких ударов по одному и тому же месту, так как это может привести к образованию нового выпуклого участка.

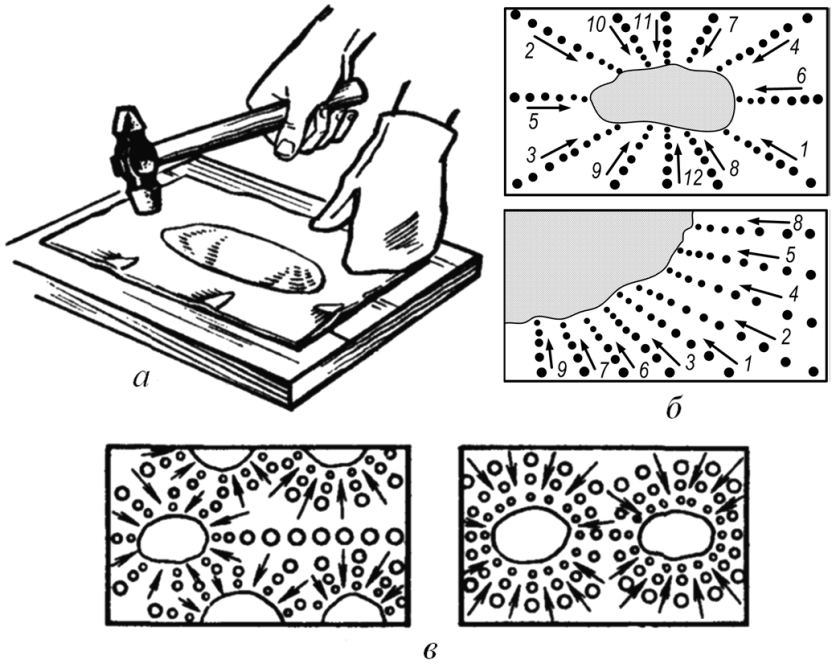


Рис. 3.302. Правка листовой стали молотком (*а*) и схема нанесения ударов для правки выпуклости, расположенной в середине листа (*б*) и для нескольких выпуклостей (*в*)

Под ударами молотка материал вокруг выпуклого места вытягивается и постепенно выравнивается. Если на поверхности заготовки на небольшом расстоянии друг от друга имеется несколько выпуклостей (рис. 3.302, *в*), ударами молотка у краев отдельных выпуклостей заставляют соединиться в одну, которую потом правят ударами вокруг ее границ, как указано выше.

Во время правки нужно следить за действием ударов: улучшается ли поверхность листа, не остаются ли на нем забоины от ударов молотка (появляются, если слабо держать молоток в руке)?

Листовую сталь толщиной до 1 мм и листовой цветной металл правят деревянными молотками или молотком с мягкими вставками в такой же последовательности. Качество правки проверяют линейкой.

Правка тонкого листового металла. Тонкие листы правят деревянными молотками, рис. 3.303, *а*. Очень тонкие листы, толщиной до 0,3 мм, выглаживают на гладкой и ровной плите деревянными или металлическими брусками (рис. 3.303, *б*) в следующем порядке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

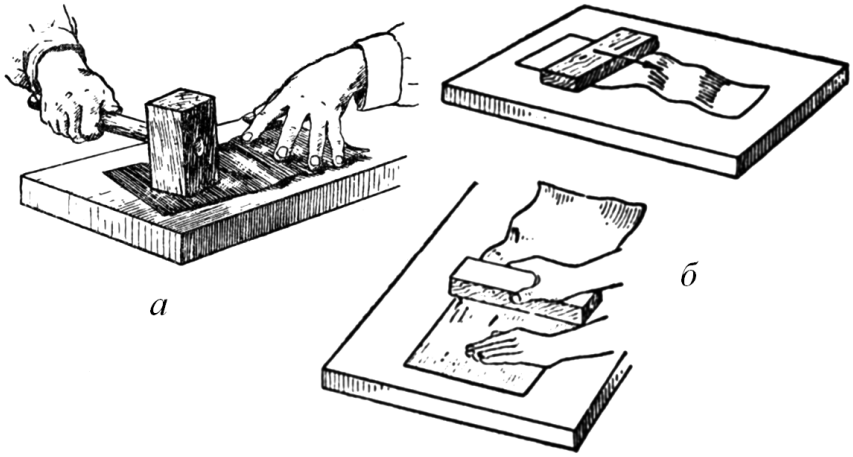


Рис. 3.303. Правка тонкого листового материала: *а* – деревянным молотком; *б* – деревянным бруском

Лист металла укладывают на плиту выпуклостью вверх, плотно прижимая его левой рукой к поверхности плиты. Правой рукой берут брусок, накладывают его на выпрямляемый лист с небольшим нажимом. Брусок перемещают вдоль плоскости листа по всей его длине слева направо. В конце границы правки нажим на брусок ослабляют и движением в другую сторону (без усилия) перемещают его в первоначальное положение. Эти движения повторяют до тех пор, пока лист полностью не выправится от выпуклостей, складок и других неровностей.

Лист поворачивают в плоскости плиты и завершают разглаживание одной стороны (при одностороннем выглаживании листа бруском на его поверхности образуется вогнутость, подлежащая исправлению). Переворачивают лист другой стороной и повторяют разглаживание бруском всей плоскости.

В конце правки лист несколько раз переворачивают, повторяя разглаживание до его полного выпрямления. Качество правки проверяют на глаз, располагая лист на ровной плоскости плиты.

Правка пруткового материала. Работу выполняют в следующем порядке.

На глаз определяют границы изгибов и делают отметки мелом. На левую руку надевают рукавицу. В правую руку берут молоток с мягкими вставками, в левую – круглый пруток и принимают рабочее положение.

Пруток укладывают на плиту так, чтобы изогнутая часть находилась выпуклостью вверх. Удары молотком наносят по выпуклой части от краев изгиба к средней его части (рис. 3.304, *а*), регулируя силу удара в зависимости от диаметра прутка и величины кривизны. По мере выправления кривизны силу удара ослабляют. Правку заканчивают легкими ударами, поворачивая пруток вокруг своей оси. При наличии нескольких изгибов сначала правят ближние изгибы, а затем расположенные в середине. Прямолинейность прутка проверяют на глаз или на просвет между плитой и прутком.

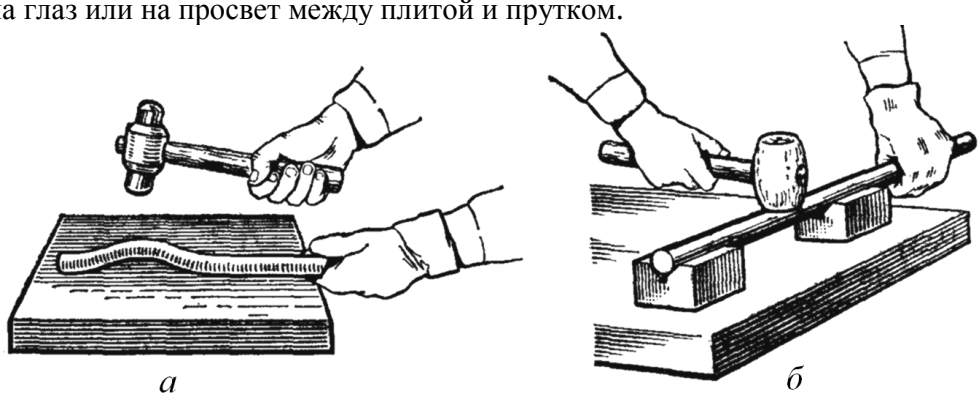


Рис. 3.304. Правка круглого прутка на плите (*а*) и с применением призм (*б*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Сильно пружинящие, а также очень толстые заготовки правят на двух призмах, нанося удары через мягкую прокладку во избежание забоин на заготовке. Пруток располагают в призмах так, чтобы его изогнутая часть была обращена вверх. Пруток должен плотно лежать в угловых выемках призм.

Удары молотком наносят по выпуклой части прутка от краев изгиба до средней его части, рис. 3.304, *б*. Если же усилия, развиваемые молотком, недостаточны для правки, то применяют ручные или механические прессы.

Правка труб, валов и угловой стали. В том случае, когда сила удара молотком не обеспечивает выполнение правки, применяют ручные винтовые прессы, с помощью которых можно выполнять операции по правке труб, валов, полосовой и угловой стали. Работу по правке выполняют двое рабочих – один вращает маховик пресса, а другой устанавливает и удерживает исправляемую заготовку и контролирует качество правки.

Правку труб и валов (рис. 3.304) выполняют в следующей последовательности.

Места прогибов намечают мелом, вращая вал в центрах, как показано на рис. 3.305, *в*. На стол устанавливают две призмы (расстояние между призмами должно быть приблизительно 150-200 мм), на которые размещают изогнутый вал или трубу так, чтобы призматический наконечник на штоке пресса находился на месте наибольшей кривизны, рис. 3.305, *б*. Во избежание вмятин между наконечником и валиком помещают прокладки.

Маховик плавно вращают и подводят наконечник винта к месту изгиба. Затем винтом нажимают на исправляемый вал до тех пор, пока он не выпрямится. Чрезмерные усилия при правке могут вызвать обратный прогиб вала или трубы, что усложнит дальнейшую правку.

После снятия вала (трубы) качество правки можно проверить следующими способами:

- на глаз – при повороте валика вокруг оси;
- по просвету – путем прокатывания валика по проверочной плите;
- в центрах с помощью мела.

Правка угловой стали выполняется следующим образом. Устанавливают призму на столе пресса. В призму укладывают деформированную заготовку уголка, между полками которого кладут закаленный стальной валик, рис. 3.306, *а*.

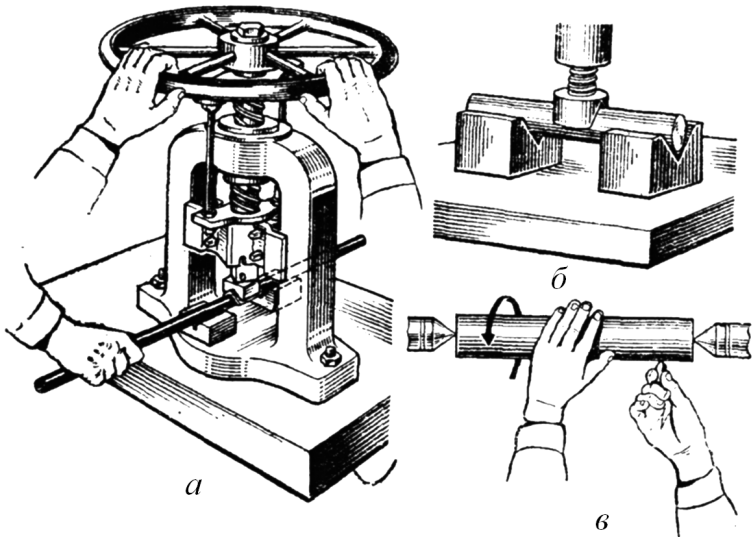


Рис. 3.305. Правка труб и валов на ручном винтовом прессе: *а* – прием работы; *б* – положение наконечника на винте; *в* – проверка валика в центрах

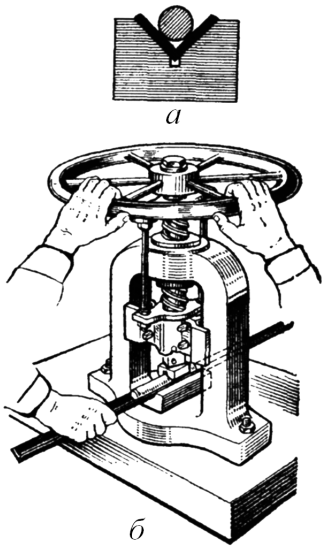


Рис. 3.306. Правка уголка на ручном прессе: *а* – положение валика в уголке; *б* – прием работы

Вращая винт пресса, нажимают призматическим наконечником на валик. Валик, обжимая изогнутые места полок уголка на угловых поверхностях призмы, придает ему правильную форму, рис. 3.306, *б*.

При большой кривизне изгиба уголок с валиком перемещают по угловой выемке призмы и давлением винта восстанавливают правильную форму уголка.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Правку заканчивают при достижении прямолинейности полок по длине на глаз или на плите на просвет, а поперечное расположение полок – по угольнику.

Иногда валы правят наклепом. Для этого под вал, повернутый вогнутой стороной вверх, в месте наибольшего прогиба подкладывают деревянную или медную подставку рис. 3.307. Прочно удерживая вал с помощью надетого на него хомута, наносят удары молотком из мягкого металла в зоне наибольшего прогиба. Последовательность и направление ударов показаны на рис. 3.307. Силу ударов по мере выпрямления вала уменьшают.

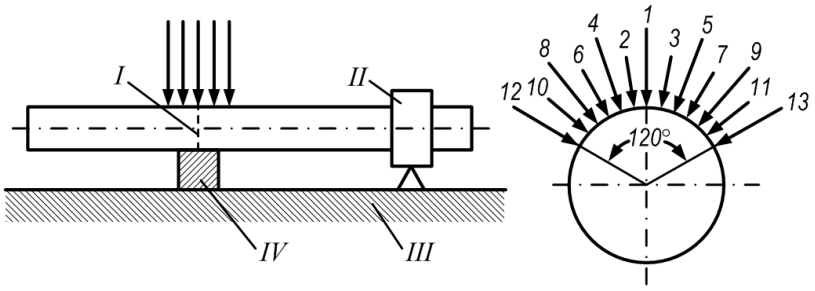


Рис. 3.307. Схема правки вала наклепом: *I* – место наибольшего прогиба вала; *II* – хомут; *III* – металлическая плита; *IV* – подставка

Термически необработанные валы можно править путем местного нагрева. Если нагревать изогнутый участок вала пламенем газовой горелки, то металл в месте нагрева начнет расширяться. Поскольку холодная часть. вала сопротивляется этому расширению, возникают внутренние напряжения, которые могут превысить предел упругости материала и вызвать пластическую деформацию вала в желаемом направлении, если только место и температура нагрева выбраны правильно. В зависимости от характера изгиба и размеров вала нагрев производится до температуры 350-900 °С.

Правка закаленных предметов. Некоторые детали, прошедшие закалку, иногда оказываются покоробленными по плоскости или по ребру или одновременно по плоскости и по ребру. Правка закаленных деталей называется *рихтовкой*. Точность рихтовки может быть достигнута в пределах 0,01-0,05 мм.

В зависимости от характера рихтовки применяют различные молотки с закаленным бойком или специальные рихтовальные молотки с закругленной узкой стороной бойка. Деталь при этом лучше располагать не на плоской плите, а на рихтовальной бабке, рис. 3.308, *б*. Удары наносят не по выпуклой, а по вогнутой стороне детали, работая предусмотрительно и осторожно, чтобы не сломать деталь, рис. 3.308, *а*.

Изделия толщиной не менее 5 мм, если они закалены не насквозь, а только на глубину 1-2 мм, имеют вязкую сердцевину, поэтому рихтуются сравнительно легко; их нужно рихтовать как сырые детали, т.е. наносить удары по выпуклым местам.

Правка стальной полосы (линейки) выполняется в следующей последовательности. На левую руку надевают рукавицу. В правую руку берут молоток, в левую – закаленную полосу (линейку) и принимают рабочее положение. Полосу располагают на правильной плите так, чтобы ее плоскость лежала на плите вогнутой стороной вверх, рис. 3.308, *а*.

Удары молотком наносят поперек плоскости в месте соприкосновения полосы с плитой, так как при неплотном прилегании в момент удара молотком возможна отдача в левую руку. Удары молотком наносят, начиная с середины и постепенно переходя к краю. Удары необходимо наносить точные, частые и не слишком сильные.

Необходимо регулировать силу удара в зависимости от толщины полосы и величины ее кривизны. Чем больше искривление и чем толще полоса, тем сильнее должны быть удары. По мере исправления полосы следует ослаблять силу удара. Во время нанесения ударов молотком нужно смотреть только на место удара.

Перехватывают левой рукой второй конец полосы и продолжают правку. Закончив правку, убедиться в полном восстановлении прямолинейности полосы (определяется проверочной линейкой).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

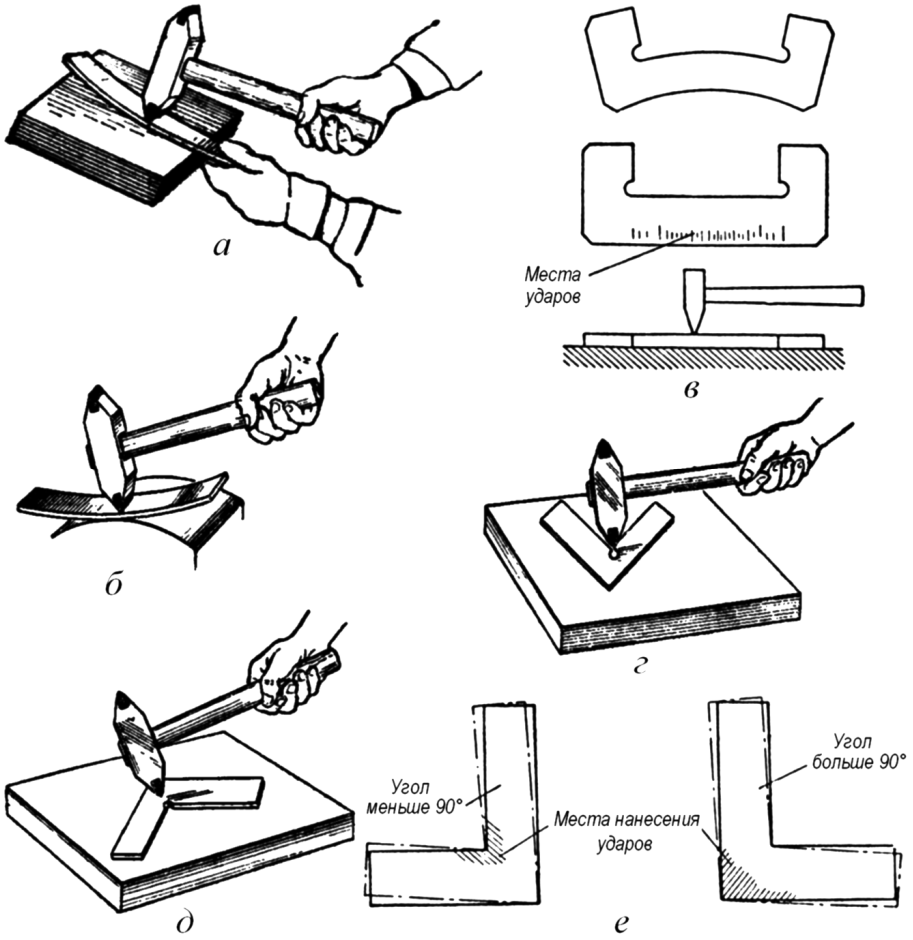


Рис. 3.308. Правка стальной полосы на плите (*а*) и на рихтовальной бабке (*б*); правка плоской скобы (*в*); правка угольников с углом меньше 90° (*г*) и больше 90° (*д*); места нанесения ударов при правке угольников (*е*)

Правка плоской скобы, рис. 3.308, *в*. В этом случае нужно положить скобу на плиту и плотно прижать ее левой рукой к плите и наносить по скобе со стороны вогнутой части несильные удары молотком от середины к краям поочередно с обеих сторон.

Закончив правку, убедиться, что покоробленное ребро стало прямолинейным (определяется проверочной линейкой).

Правка закаленного угольника, у которого после закалки изменился угол между полками, показана на рис. 3.308, *г-е*. Если угол стал меньше 90°, то удары молотком наносят у вершины внутреннего угла (рис. 3.308, *г, е*), если угол стал больше 90°, удары наносят у вершины наружного угла, рис. 3.308, *г-д*. Правку угольника заканчивают, когда его ребра примут правильную форму, и оба угла станут равны 90°.

3.4.5 Контроль качества при гибке и правке металла

Готовое изделие, полученное в процессе гибки металла, вначале подвергают визуальному контролю, т.е. «на глаз» определяют прямолинейность и параллельность сторон. Изделия малого размера контролируют проверочной линейкой «на просвет». С помощью измерительного инструмента – соответствие размеров чертежам. При гибке по шаблону – накладывают на изделие шаблон и проверяют точность гибки. С помощью угольника или угломера проверятся соответствие чертежам углов загиба.

При гибке толстого и профильного металла, визуальным осмотром, проверяют отсутствие трещин в местах изгиба и значительного утоньшения металла.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Изделия, полученные вальцовкой, контролируют на искажение формы

Контроль качества гибки труб производится для каждой изготовленной детали независимо от варианта технологического процесса. Он заключается в проверке конфигурации труб по оснастке в зависимости от группы точности.

При контроле труб по шаблонам конфигурация труб проверяется сопоставлением шаблона с готовой деталью, причем шаблон прикладывается ко всем деталям партии с одной и той же стороны.

При гибке металла основные виды брака заключаются в неправильности размеров изготовленных изделий, косом загибе, повреждении обработанных поверхностей. Причинами этих видов брака являются неправильная разметка мест гибки, небрежный зажим металла в тисках (выше или ниже разметочной риски), нанесение слишком сильных ударов, применение неправильных по размеру оправок.

В процессе гибки на внутренней стороне трубы под влиянием сжатия могут возникнуть складки, а внешняя сторона, наоборот, растягивается, что приводит к утончению стенки. Гибочные деформации приводят к овальности сечения, рис. 3.309. Величина гибочных деформаций резко возрастает с уменьшением толщины стенки.

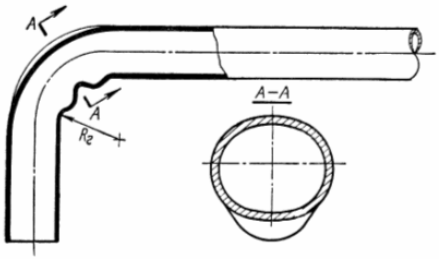


Рис. 3.309. Дефекты, возникающие при гибке трубы

При навивке пружин брак может получиться вследствие невыдержанности диаметра проволоки, диаметра оправки, внутреннего или наружного диаметра пружин, количества витков.

На детали подвергнутой правке должны отсутствовать неровности и она должна быть прямолинейна. Контроль качества правки следует производить в зависимости от конфигурации заготовки и ее исходного состояния: на «глаз» (рис. 3.310, *а*) – визуально, линейкой, перекатыванием по плите; «на карандаш» (рис. 3.310, *б*) – путем вращения выправленного вала в центрах ручного винтового пресса.

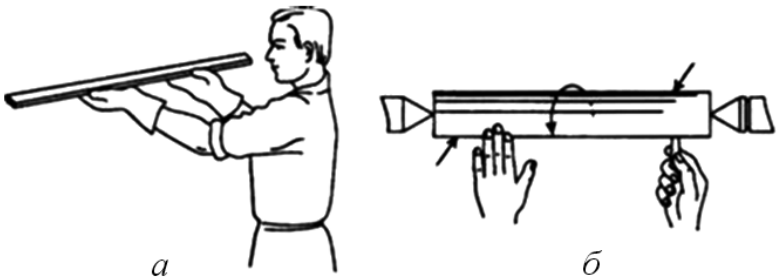


Рис. 3.310. Контроль правки визуально (*а*) и «на карандаш» (*б*)

При правке металла основными видами брака являются забоины на обработанных поверхностях от ребра молотка, вмятины, следы от бойка молотка, имеющего неправильную и негладкую поверхность. Происходят эти дефекты вследствие неумения правильно наносить удары молотком или из-за молотка, на бойках которого имеются выщербины и забоины.

Контрольные вопросы

1. Что называется правкой металла?
2. Какой инструмент и какие приспособления применяются при правке?
3. Как правят полосовой и круглый металл?
4. Как правят листовой материал?
5. Как правят очень тонкий листовой материал?
6. Как правят закаленные предметы?
7. Как выправить стальную полосу, изогнутую на ребро?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

8. Как выправить полосу со спиральным изгибом?
9. Как надо наносить удары при правке угольника с внутренним углом меньше 90° и больше 90°?
10. Как загибают скобы в тисках?
11. Как производится гибка тонкого листового металла?
12. Как загибают трубы в холодном состоянии?
13. С какой целью применяют наполнитель при гибке труб?
14. Как располагать шов не цельнотянутой трубы при гибке?
15. Как производится гибка труб в горячем состоянии?

3.5 Опиливание металла

3.5.1 Безопасность труда при опиливании металла

Приступая к выполнению работ по опиливанию плоскостей, слесарь обязан внимательно осмотреть весь инструмент и приспособления. Работать неисправным инструментом запрещено.

Напильники, находящиеся в работе, не должны иметь трещин, отколов и заточенных концов. Хвостовая часть не должна быть сломанной. Деревянные рукоятки напильников должны быть изготовлены из твердого дерева, и не иметь трещин и отколов. Поверхность рукоятки должна быть чистой и гладкой. Для предупреждения раскалывания рукоятки на нее плотно насаживают металлическое кольцо.

Рукоятка должна плотно и надежно насаживаться на хвостовую часть напильника и входить в нее на $^{2}/_{3}$-$^{3}/_{4}$ своей длины.

Во время работы напильником запрещается:

- доводить напильник до удара рукояткой о деталь, так как это может вызвать соскакивание рукоятки и нанести ранение;
- поджимать пальцы левой руки под напильник при обратном ходе, так как при опиливании деталей с острыми краями можно поранить левую руку;
- проверять пальцами качество опиленной поверхности, так как жир, выделяемый кожей рук, затруднит дальнейшее опиливание;
- удалять руками металлическую стружку с опиливаемой поверхности и тисков, так как стружка может врезаться в кожу и вызвать воспалительный процесс;
- нельзя сдувать стружку, так как это может попадание стружки в засорение глаза.

С опиливаемой плоскости и тисков стружку следует удалять только щеткой или тряпкой.

Требования безопасности при использовании на опиливании шлифмашинки заключаются в следующем.

1. Соблюдать «Типовую инструкцию по охране труда при работе с ручным электроинструментом».

2. Работающий со шлифмашинкой обязан выполнять только ту работу, которая ему поручена.

3. Запрещается работать со шлифмашинкой в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами.

4. Наружным осмотром проверить состояние абразивных кругов с целью выявления заметных трещин и выбоин. При наличии этих дефектов пользоваться кругами запрещается.

5. Перед каждым включением шлифмашинки необходимо убедиться, что пуск шлифмашинки никому не угрожает опасностью.

6. Проверить исправную работу шлифмашинки на холостом ходу в течение 2-3 мин. При обнаружении неисправности работу следует прекратить до ее устранения.

7. При выполнении работ нужно следить, чтобы абразивный круг был надежно закреплен и закрыт защитным кожухом, и нужно остерегаться прикосновения к вращающемуся абразивному кругу.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

8. При выполнении шлифмашинкой различных видов работ работающий обязан пользоваться защитным щитком.

При работе со шлифмашинкой запрещается:

- прикасаться руками к режущему инструменту находящемуся в работе;
- передвигать шлифмашинку на токоведущий кабель;
- оставлять шлифмашинку в перерывах в работе при включенном электродвигателе.

Поверочные линейки, угольники, штангенциркули и кронциркули следует оберегать от механических повреждений (забоин и царапин), которые делают инструмент непригодным к использованию. Инструмент запрещается располагать на рабочем месте навалом.

При измерении деталей большие усилия, прилагаемые к подвижной губке штангенциркуля, могут привести к изгибу губок и искажению показаний размера. При закреплении стопорного винта штангенциркуля не следует применять больших усилий, так как это может привести к срыву резьбы. Стопорные винты необходимо отвинчивать только на один оборот. Поверочную линейку и угольник при проверке плоскостей нужно накладывать осторожно, без рывков и ударов. Перемещать поверочный инструмент по металлу нельзя, так как в этом случае рабочая (измерительная) кромка изнашивается и теряет точность.

Новыми напильниками запрещается опиливать поверхности с окалиной или литейной коркой. Поверхность с окалиной нужно снимать на обдирочном круге наждака, стальной щеткой или насеченным ребром старого напильника. Если во время опиливания напильник скользит, его необходимо прочистить стальной щеткой движением от себя вдоль насечек. Не следует употреблять новые напильники для опиливания мягких (вязких) металлов (свинца, олова, красной меди), так как стружка этих металлов забивает впадины между режущими кромками.

При опиливании следует пользоваться только одной стороной напильника до тех пор, пока она не сработается. Только после этого можно работать второй стороной. Усилие нажима при опиливании зависит от насечки: чем меньше насечка, тем меньше должна быть усилие нажима. Напильники необходимо оберегать от попадания на них масла, воды, пыли и грязи. Нельзя класть напильники друг на друга или на другой инструмент, так как при этом забивается насечка. Чистку засаленных напильников необходимо производить твердым древесным углем или мелом, натирая поверхность напильника в направлении насечек до полного уничтожения следов масла.

Перед опиливанием алюминиевых заготовок напильник следует натереть стеарином. Напильники, забитые опилками дерева, эбонита, резины, пластмасс, капрона, погружают на 10-15 мин. в горячую воду, а затем очищают кардощеткой.

По окончании работы весь измерительный и поверочный инструмент (штангенциркуль, поверочную линейку, угольник и т.п.) следует протереть сначала чистой сухой тряпкой, а затем тряпкой, слегка смоченной в масле.

Инструмент следует хранить в мягких футлярах, где для каждого инструмента должно быть отведено свое место.

3.5.2 Инструменты, применяемые при опиливании металла

При изготовлении разного рода приспособлений и инструментов решающую роль играет опиливание поверхностей, выполняемое чаще всего напильниками. Поэтому, какую бы область слесарного дела не взять, владение напильником для слесаря является обязательным, и при определении квалификации слесаря, прежде всего, обращают внимание именно на его умение работать напильником при опиливании поверхностей изделий.

С помощью напильников обрабатывают плоскости, криволинейные поверхности, пазы, канавки, отверстия любой формы, поверхности, расположенные под разными углами, и др. Припуски на опиливание оставляются небольшими – от 0,5 до 0,25 мм. Точность обработки опиливания составляет 0,2-0,05 мм (в отдельных случаях – до 0,01 мм).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Ручная обработка напильником в настоящее время в значительной мере заменена опиливанием на специальных станках, но полностью вытеснить ручное опиливание эти станки не могут, поскольку пригоночные работы при сборке и монтаже оборудования часто приходится выполнять вручную.

Напильник – ручной режущий инструмент (рис. 3.311) для обработки материалов методом послойного срезания (опиливания) небольших слоев металла, не более 2 мм, представляет собой стальную полосу (полотно), на рабочих поверхностях которой создана «насечка» – режущие элементы (острые зубья). На конусообразном хвостовике напильника закрепляется ручка.

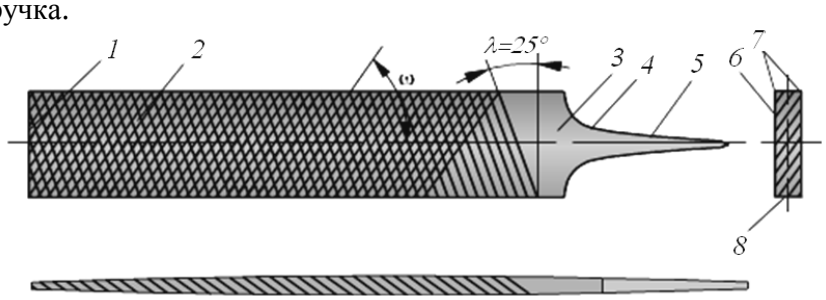


Рис. 3.311. Плоский тупоносый напильник: *1* – носок; *2* – рабочая часть; 3 – пятка; *4* – заплечик; *5* – хвостовик; *6*, *8* – широкая и узкая стороны; *7* – ребра

На поверхности напильников насечены параллельные ряды зубьев различной величины в зависимости от назначения напильника: для грубой опиловки зубья насекаются крупнее, для более тонкой работы – мельче. Способность напильника брать тот или другой металл зависит от формы этих зубьев.

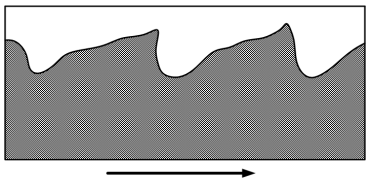


Рис. 3.312. Профиль зубьев напильника

Если посмотреть на напильник сбоку через увеличительное стекло, то увидим, что его зубья по своим очертаниям очень похожи на зубья обыкновенной ножовки для распиловки дерева, т.е. представляют собой более или менее острые клинья, которыми и разрезается металл, рис. 3.312. Чем острее такой клин или зуб, тем глубже он будет проникать в толщу металла и тем более крупную стружку будет снимать с его поверхности. Однако заострение зубьев не может быть очень большим, потому что это понизит прочность зуба и сделает его непрочным. Поэтому наивыгоднейшим углом заострения является угол в 60° для твердых металлов и 40-50° для мягких металлов и сплавов.

Напильники различают по размерам насечки, ее форме, длине и форме бруска.

Насечка на поверхности напильника образует зубья, которые снимают стружку с обрабатываемого материала. Зубья напильников изготавливают на пилонасекательных станках при помощи специального зубила, на фрезерных станках – фрезами, на шлифовальных станках – специальными шлифовальными кругами, а также путем накатывания, протягивания на протяжных станках (протяжками) и на зубонарезных станках. Каждым из указанных способов насекается свой профиль зуба. Однако независимо от способа изготовления каждый зуб имеет задний угол α, угол заострения β и передний угол γ, рис. 3.313.

В напильниках с насеченными зубьями (рис. 3.313, *а*) с отрицательным передним углом (γ = –12-15°) и сравнительно большим задним углом (α = 35-40°) обеспечивается достаточное пространство для размещения стружки. Угол заострения, образующийся при этом (β = 62-70°), обеспечивает прочность зуба.

Напильники с зубьями, образованными фрезерованием или шлифованием (рис. 3.313, *б*), имеют положительный передний угол (γ = 2-10°). У них угол заострения небольшой и соответственно меньшее усилие резания. Большая стоимость фрезерования и шлифования ограничивает применение этих напильников.

Для напильников с зубьями, полученными протягиванием (рис. 3.313, *в*), углы имеют следующие значения: γ = –5°, β = 55°, α = 40°.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

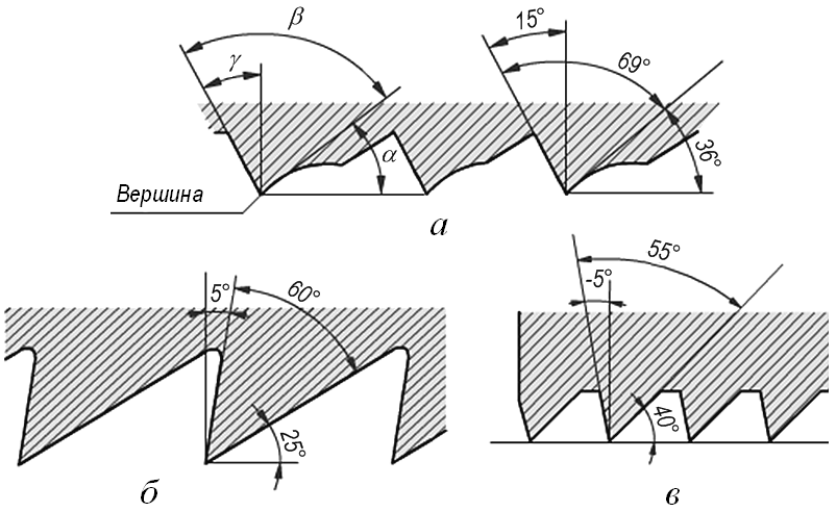


Рис. 3.313. Зубья напильника: *а* – насеченные; *б* – полученные фрезерованием или шлифованием; *в* – полученные протягиванием

Протянутый зуб имеет впадину с плоским дном. Эти зубья лучше врезаются в обрабатываемый металл, что значительно повышает производительность труда. Кроме того, напильники с такими зубьями более стойкие, так как зубья не забиваются стружкой.

Чтобы напильник не резал металл в одном месте, как ножовка, а снимал бы слой его на большой поверхности, зубья напильников располагают так, чтобы они были расставлены равномерно по всей его поверхности.

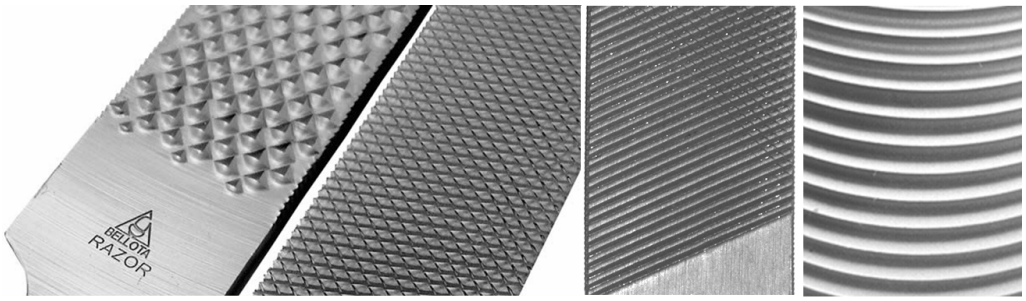
Это достигается тем, что насечка делается перекрестной и располагается под разными углами к ребрам напильника (или к его оси), и число этих насечек на 10 мм длины делается разным для основного и вспомогательного рядов.

Расстояние между соседними зубьями насечки называется шагом *S*. Шаг основной насечки больше шага вспомогательной. В результате зубья располагаются друг за другом по прямой, составляющей с осью напильника угол 5°, и при движении напильника следы зубьев частично перекрывают друг друга, поэтому на обработанной поверхности уменьшается шероховатость, поверхность получается более чистой и гладкой.

Виды насечки (рис. 3.314):

- *одинарная* – наносится под углом λ=70° к продольной оси напильника (3.314, *в*), иногда – под 45°, она снимает широкую стружку с обрабатываемого материала и предназначена для получения поверхности с небольшой шероховатостью;
- *двойная* (перекрестная), основная насечка для слесарных напильников – представляет собой комбинацию одинарной насечки и менее глубокой вспомогательной, сделанной под углом ω; точки пересечений этих насечек разламывают образующуюся стружку в процессе опиливания, рис. 3.314, *б*;
- *двойная* («oberg») – с более редкой (в 2-3 раза) вспомогательной насечкой; занимает промежуточное положение между одинарной и двойной насечками по эффективности и чистоте обработки поверхности;
- *дуговая* – напильники с полукруглыми зубьями (рис. 3.314, *г*) имеют неравномерный шаг насечки, отдельные зубья снимают более или менее крупную стружку, благодаря чему напильники работают более равномерно;
- *рашпильная* – напильники с рашпильной насечкой (рашпили) имеют зубья, которые образуются выдавливанием металла из поверхности заготовки напильника при помощи специального насекательного зубила; каждый зуб рашпильной насечки смещен относительно расположенного впереди зуба на половину шага, такое расположение зубьев на поверхности напильника обеспечивает уменьшение глубины канавок, образованных зубьями, за счет частичного перекрытия следов зубьев на поверхности заготовки, что облегчает резание.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б* *в* *г*

Рис. 3.314. Общий вид насечек напильников: *а* – рашпильная *б* – двойная; *в* – одинарная; *г* – дугообразная

Напильники с рашпильной насечкой служат для опиливания кожи, дерева, каучука, фибры, а также для очень мягких металлов (свинца, баббита); при опиливании этих материалов получается крупная стружка, у обычных напильников при обработке указанных металлов быстро забивается насечка стружкой и они начинают скользить по детали, не производя работы.

Напильники с дуговой насечкой применяют для обработки мягких металлов (меди, дюралюминия и т.п.). Дуговую насечку получают фрезерованием; она имеет большие впадины между зубьями и дугообразную форму, обеспечивающую высокую производительность и повышенное качество обрабатываемых поверхностей.

Выбор угла наклона насечки напильника определяется твердостью обрабатываемого металла и характером обработки, т.е. для чистовой отделки (шлихтовки) угол наклона будет один, а для грубой обдирки – другой.

Насечка напильников для мягких металлов (латуни, цинка, баббита, свинца, алюминия, бронзы, меди и т.п.) с незначительным сопротивлением резанию, а также неметаллических материалов делается одинарной, т.е. она представляет собой ряд параллельных бороздок, действующих как скребки, рис. 3.315, *а*. Напильники с одинарной насечкой могут снимать широкую стружку, равную длине всей насечки. Такая насечка делается потому, что цветные металлы благодаря своей вязкости лучше скребутся, чем режутся. Кроме того, зубья таких напильников меньше забиваются мягкой стружкой. Одинарную насечку наносят под углом $\lambda = 25°$ к оси напильника.

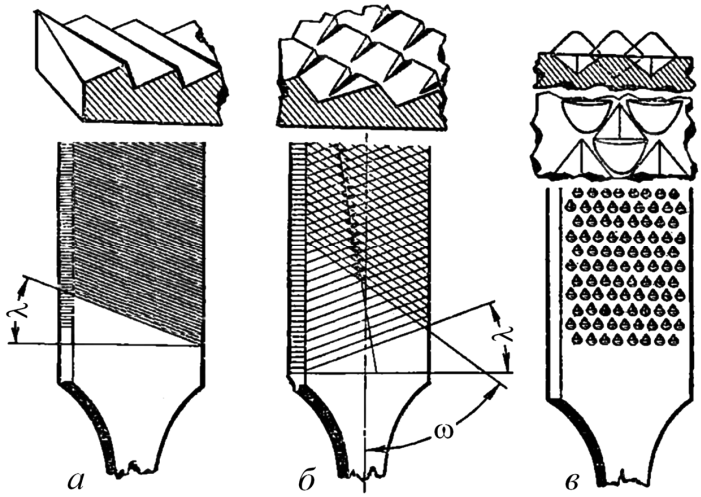


Рис. 3.315. Основные виды насечек напильников: *а* – одинарная; *б* – двойная; *в* – рашпильная

К сожалению, следует отметить, что на предприятиях России применение одинарных напильников встречается как исключение, а всю работу по обработке цветных металлов ведут драчевыми напильниками с перекрестной насечкой.

При опиловке твердых металлов легче производить работу, если стружка идет не сплошной, а раскрошенной. Это достигается резкой сплошного зуба основной насечки напильника,

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

второй насечкой направленной под углом к первой, рис. 3.315, *б*. Получающиеся в результате этого острые отдельные бугорки разламывают стружку на мелкие опилки.

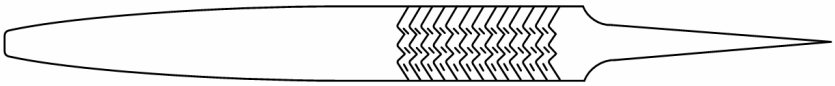
В напильниках с двойной насечкой сначала под углом $\lambda = 25°$ насекают нижнюю глубокую насечку (основную), а поверх нее под углом $\omega = 45°$ – верхнюю неглубокую (вспомогательную), которая делит основную насечку на большое количество отдельных зубьев.

Пользоваться, однако, такими напильниками для опиловки мягких металлов не рекомендуется, так как мелкие промежутки между их зубьями быстро забиваются вязкой стружкой, удалить которую очень трудно.

Напильники с двойной или перекрестной насечкой применяют для опиловки чугуна и стали. В этой насечке каждый зуб представляет отдельный резец, который и снимает маленькую стружку, очень похожую на стружку, получаемую на токарном станке. В этом и состоит отличие напильников с двойной насечкой от одинарных. В то время как работа первых приближается к работе строгальных или токарных резцов, работа вторых приближается к работе шабера.

При двойной насечке основной ряд имеет на 1-8 насечек большее, чем вспомогательный ряд (на 10 мм длины). Как было сказано выше, такое расположение насечки способствует более равномерному распределению зубьев на рабочей поверхности напильника и тем самым устраняет возможность порчи обрабатываемой поверхности глубокими канавками, которые были бы неизбежны, если бы зубья стояли в затылок один за другим.

Несколько иной вид имеют насечки полукруглых и круглых напильников. Это объясняется тем, что получить перекрестную насечку на кривых поверхностях технически весьма трудно, и потому в этих напильниках основная насечка располагается короткими штрихами, сходящимися между собой под прямым углом, а между основными рядами насекается дополнительный ряд более мелких зубчиков, рис. 3.316. Таким образом на выпуклой стороне полукруглого напильника располагаются 7 основных и 3 дополнительных ряда, а на круглом – 6 основных и 2 дополнительных.



Насечка полукруглого напильника

Насечка круглого напильника

Рис. 3.316. Насечка полукруглых и круглых напильников

Необходимо заметить, что зубья напильника своими острыми, режущими углами всегда обращены вперед, к носу напильника, и поэтому рабочим ходом его будет движение вперед, т.е. от себя.

Как уже отмечалось, выбор угла насечки зависит как от характера работы, так и от качества подлежащего обработке металла. Для каждого металла и для каждого сплава существует свой наивыгоднейший угол наклона насечки, например, угол наклона основной насечки при опиловочных работах по твердой (фосфористой) бронзе – 89°, чугуну – 25,5°, мягкой бронзе – 20°, литой стали – 26°, конструкционной стали – 48°.

Как видно, угол наклона увеличивается с увеличением твердости металла. При выборе угла наклона для вспомогательной насечки руководствуются другим, обратным, правилом – чем мягче металл, тем меньше угол наклона насечки.

В виду того, что в современных машинах применяется значительное число металлов с весьма различными механическими свойствами, то требуется и разнообразие в насечке напильников. Такое разнообразие вносит большие затруднения в производство напильников и значительно удорожает их стоимость. Поэтому в России установлена единая стандартная насечка напильников для всех без исключения металлов (ГОСТ 1465-80).

Для изготовления отечественных напильников применяют две группы инструментальных сталей:

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- *нелегированные* улучшенные У10А-У13А;
- *легированные* хромистые стали ШХ15 и 13Х, позволяющие получить высококачественный инструмент с твердостью поверхности от 64 до 66 HRC.

Все напильники в зависимости от той работы, для которой они предназначены, можно подразделить на несколько категорий. Так, различают напильники по назначению, по характеру насечки, по величине зубьев, по профилю и по внешнему виду.

По назначению напильники бывают: общего назначения; специального назначения; надфили; рашпили; машинные.

Напильники общего назначения предназначаются для общеслесарных работ. По числу *n* насечек (зубьев) на 10 мм длины напильники подразделяются на шесть классов, а насечки имеют номера 0, 1, 2, 3, 4 и 5. Число зубьев на 1 см длины зависит не только от класса напильника, но и от его длины: чем больше длина напильника, тем крупнее делаются зубья и тем меньше идет их на 1 см длины.

К первому классу относятся напильники с насечками № 0 и 1 (n = 4-12). Их называют брусовками, полудрачевыми, драчевыми, рис. 3.317. Они имеют наиболее крупные зубья и служат для грубого опиливания.

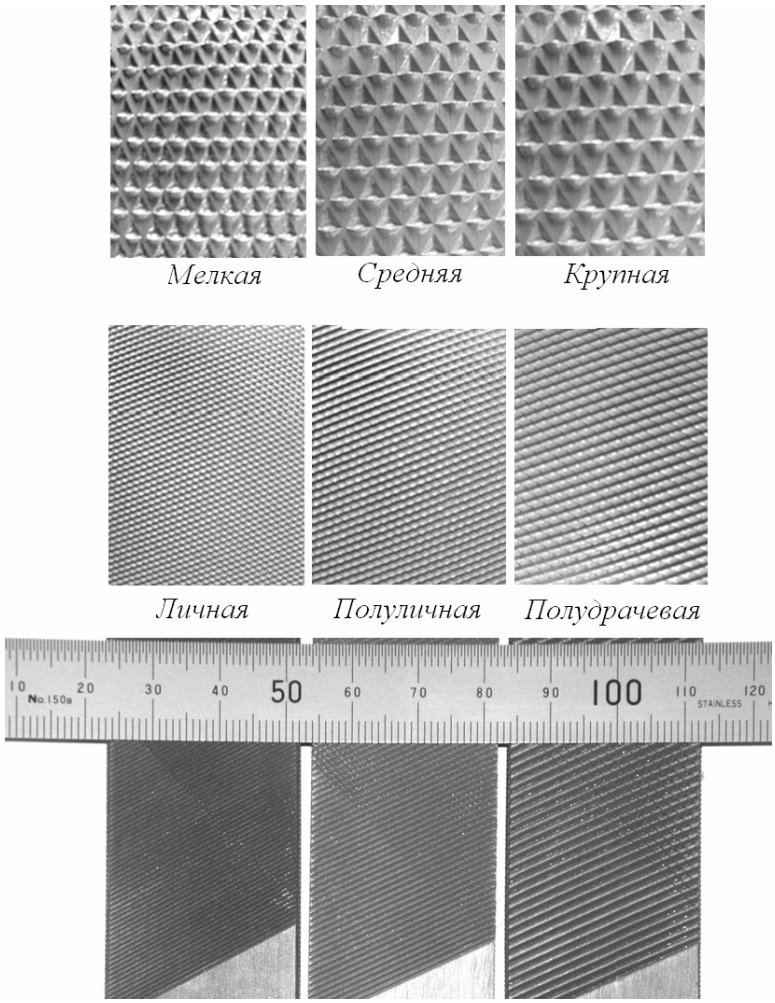


Рис. 3.317. Классификация напильников по числу насечек на 10 мм длины

Ко второму классу относятся напильники с насечками № 2 и 3 (n=13-24). Их называют полуличными, личными и применяют для чистого опиливания.

К третьему, четвертому, пятому и шестому классам относятся напильники с насечками № 4 и 5 (n≥28). Их называют бархатными и применяют для окончательной обработки и доводки поверхностей.

По ГОСТ 1465-80 напильники имеют перекрестную (двойную) насечку, основную – под углом 65°, вспомогательную – под углом 45° к оси напильника, рис. 3.318.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Напильники с нарезанным зубом имеют перекрестную нарезку – основную под углом 70° и вспомогательную под углом 79°.

Брусовки – тяжелые напильники с самым крупным зубом. Употребляются брусовки только для самой грубой обдирки, когда не представляется возможным снять металл никаким другим способом, кроме ручной опиловки.

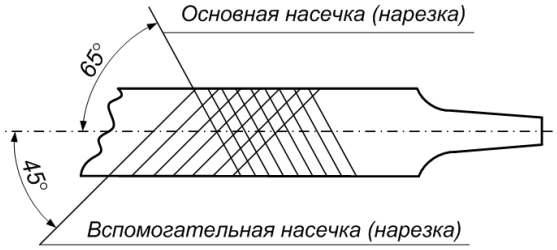


Рис. 3.318. Расположение основной и вспомогательной насечек зубьев напильника

Брусовки при длине от 350 до 450 мм имеют 5 насечек или нарезок на 120 мм длины. Следует отметить, что в механических мастерских брусовки применяются как исключение.

Драчевые – напильники с крупным зубом (от 6 до 12 зубьев на 10 мм длины. Эти напильники применяются тогда, когда надо снять слой металла толщиной до 0,5 мм. Точность обработки драчевыми напильниками не превышает 0,3 мм. Это самый ходовой тип напильника, применяемого в механических мастерских. Он пригоден также для обработки цветных металлов (если нет однорядок), кроме свинца и олова.

Личные напильники имеют от 14 до 28 зубьев на 10 мм длины. Применяются эти напильники для окончательной отделки поверхностей и позволяют снять слой металла толщиной 0,15 мм (на широких плоскостях). Применение этих напильников ограничивается только наличием тонкой работы. Ни в коем случае нельзя опиливать этими напильниками цветные металлы.

Бархатные напильники имеют самую тонкую насечку. Зубчики их настолько малы, что трудно различимы глазом. Эти напильники уже не пилят металл, а полируют его. Точность обработки бархатными напильниками достигает тысячных долей миллиметра.

Количество основных насечек или нарезок напильников на 10 мм длины соответствует табл. 3.17. Количество вспомогательных насечек или нарезок на 10 мм в зависимости от количества основных насечек или нарезок соответствует указанному в табл. 3.18.

Таблица 3.17 **Количество основных насечек или нарезок напильников на 10 мм длины**

Длина рабочей части напильника, мм	Номер насечки или нарезки					
	0	1	2	3	4	5
	Количество основных насечек или нарезок				Количество основных насечек	
100	—	14	20	28	40	56
125						
150		12	17	24	34	48
200		10	14	20	28	40
250		8	12	17	24	34
300		7	10	14	20	28
350	5	6	8	12	—	—
400						
450						

Узкие стороны ножовочных и одна из узких сторон плоских напильников имеют одинарную насечку под углом 65°. Количество насечек узких сторон равно количеству основных насечек широких сторон. Большая узкая сторона ножовочных напильников насекается только на параллельном участке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.18 **Количество вспомогательных насечек или нарезок на 10 мм длины в зависимости от количества основных насечек или нарезок**

Количество основных насечек или нарезок											Количество основных насечек			
5	6	7	8	10	12	14	17	23	24	28	34	40	48	56
Количество вспомогательных насечек или нарезок											Количество вспомогательных насечек			
4	5	6	7	8	10	12	14	17	20	24	28	34	40	48

Круглые напильники и полукруглая сторона полукруглых напильников выпускаются как с насеченным, так и с нарезанным зубом. Остальные типы напильников – с насеченным зубом.

Круглые напильники могут иметь спиральную одинарную насечку с углом наклона 75°. Круглые напильники и полукруглая сторона полукруглых напильников могут иметь одинарную насечку номеров 3, 4 и 5.

Соответственно особенностям работы, для которой предназначен напильник, он имеет ту или иную форму поперечного сечения, или, как принято говорить, тот или иной профиль. При огромном разнообразии слесарных работ не всегда бывает возможно обеспечить слесаря специальными напильниками, а потому на практике довольствуются обычно небольшим набором профилей напильников, рис. 3.319.

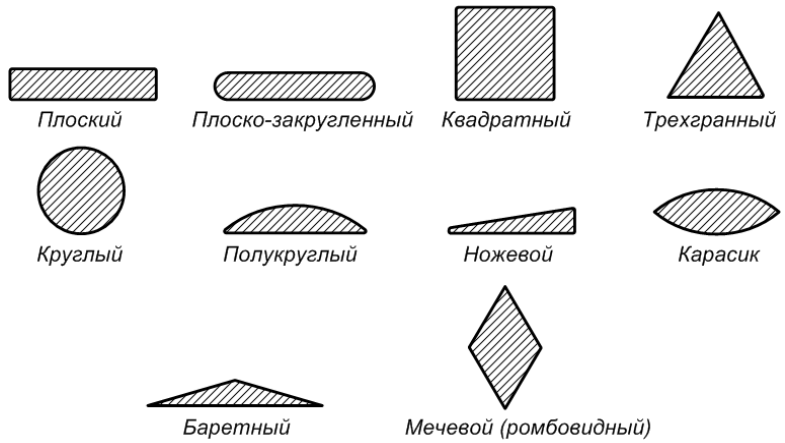


Рис. 3.319. Профили напильников

В России по ГОСТ 1465-80 выпускаются напильники следующих профилей (типов): плоские, квадратные, трехгранные, ромбические, ножевые, полукруглые и круглые.

По наружному виду все напильники разделяются на остроносые и тупоносые, рис. 3.320. Первые гораздо удобнее вторых, в слесарных мастерских они являются наиболее ходовыми.

Выбор напильников той или иной формы определяется очертанием обрабатываемой наружной или внутренней поверхности. Ниже перечисляются виды напильников и производимые ими работы, рис. 3.321.

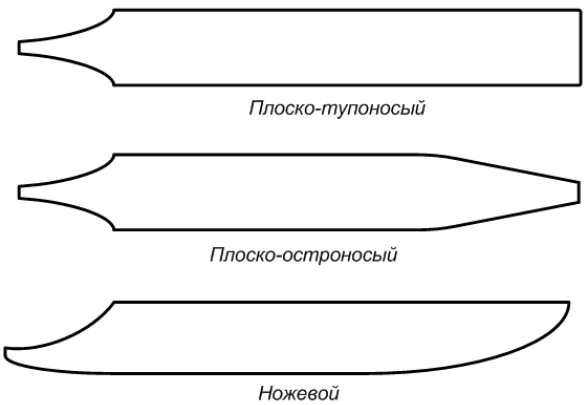


Рис. 3.320. Наружный вид напильников

Плоские тупоносые и остроносые напильники применяются для опиливания ровных или выпуклых легкодоступных поверхностей, а также для пропиливания и шлицев канавок.

Плоско-закругленный напильник – опиливание галтелей и различных других закруглений и плоских шлицев с овальными переходами.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Трехгранные напильники – опиливание внутренних углов и трехгранных отверстий, плоскостей в труднодоступных для плоского напильника местах.

Квадратные (четырехгранные) напильники – распиливание квадратных и прямоугольных отверстий, узких плоских поверхностей, не доступных для работы широким плоским напильником.

Полукруглые напильники – плоской стороной опиливают плоскости, полукруглой стороной – вогнутые поверхности (полукруглые выемки).

Круглые напильники – распиливание круглых или овальных отверстий и вогнутых поверхностей, не доступных для полукруглых напильников.

Ножовочные напильники – опиливание внутренних углов, клиновидных канавок, узких пазов, плоскостей в трехгранных, квадратных и прямоугольных отверстиях.

Карасики (овальные) – опиливание наружных и внутренних вогнутых поверхностей, овальных отверстий, галтелей и вогнутых закруглений.

Мечевидные напильники – опиливание зубьев шестерен, зубчатых дисков и звездочек, снятие заусенцев с зубьев этих деталей после обработки их на станке.

Баретный напильник незаменим при распиловке углов, меньших 60°. Следует заметить, что этот напильник имеет насечку только на широкой своей стороне, а две другие остаются гладкими. Это позволяет при помощи таких напильников выбирать очень острые и точные углы.

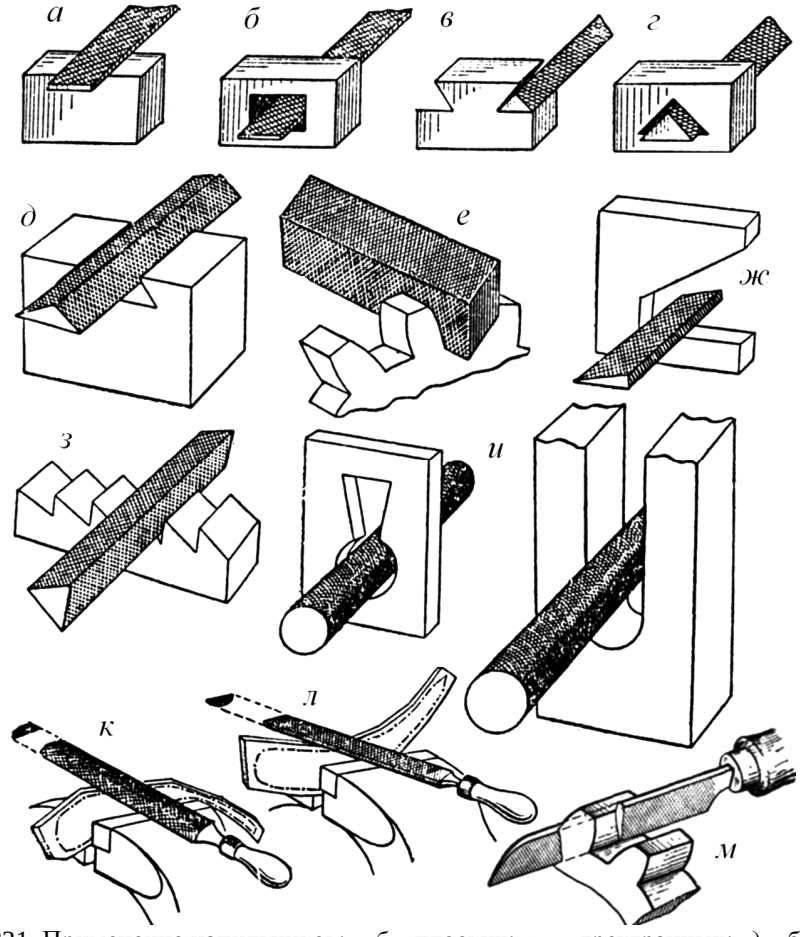


Рис. 3.321. Применение напильников: *а-б* – плоских; *в-г* – трехгранных; *д* – баретных; *е* – квадратных; *ж* – ножевых; *з* – трехгранных; *и* – круглых; *к-л* – полукруглых; *м* – ножевых

При окончательной опиловке внутренних поверхностей, имеющих квадратное или треугольное очертание, как, например, «ласточкин хвост», Т-образные пазы, квадраты для метчиков в воротках и т.п., рекомендуется стачивать на наждаке одну из граней квадратного или трехгранного напильника личной насечки. Такая обдирка граней необходима для

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

того, чтобы, опиливая одну из сторон внутренней поверхности деталей, не затрагивать другой, смежной с ней стороны, что особенно часто случается на длинных внутренних плоскостях, например при пригоне каретки суппорта токарного станка.

Плоские, остроносые напильники с успехом применяются, например, при разделке шпоночных канавок и различных пазов. Остроносые квадратные и трехгранные напильники незаменимы при распиливании отверстий после сверления.

При осмотре граней напильника можно заметить, что вдоль их зубьев имеется небольшая выпуклость, идущая от хвостовика к носу. Выпуклость эта делается для того, чтобы облегчить усилия слесаря при опиловке, так как, если бы зубья напильника были расположены на одном уровне, они вступали бы в работу одновременно и опиловщику потребовалось бы приложить большую силу, чтобы сдвинуть напильник с места. При наличии же некоторой выпуклости зубья вступают в работу постепенно, по мере движения напильника вперед.

Кроме того, делая напильник выпуклым, устраняют возможность его коробления при закалке и этим сохраняют приданную ему первоначальную форму.

Размеры напильников колеблются от 100 до 450 мм, но наиболее ходовыми размерами в механических мастерских являются напильники длиной 250-350 мм. Брусовки, как было сказано выше, имеют размеры только в пределах от 350 до 450 мм.

Квадратные и трехгранные напильники имеют длину от 100 до 400 мм, а ножовочные – от 10 до 300 мм. Ромбические напильники имеют длину от 100 мм до 250 мм.

Круглые и полукруглые напильники имеют длину от 100 до 400 мм. Следует заметить, что круглые напильники выбираются большей частью не по длине, а по наибольшему своему диаметру.

Размеры напильника определяются площадью, подлежащей обработке. Обычно принимают такое соотношение, при котором длина напильника превышает ширину обрабатываемой плоскости на 150 мм, например, если нужно опиливать сторону шириной 100 мм, берут напильник длиной 250 мм и т.п.

Каждому слесарю с первых же шагов его работы необходимо научится правильно называть напильники. Наименование напильника складывается следующим образом: 1 – форма напильника; 2 – характер насечки и 3 – размер. Например, «плоский, остроносый, драчевый, 200 мм», «квадратный, личной, 150 мм».

Надфили. Надфиль – это маленький напильник для работы с мелкими деталями, рис. 3.322. Надфили, длиной 100, 120 или 160 мм, бывают двух видов:

- *прямые* одноконцевые надфили (рис. 3.323, *в*) имеют насечку на одном конце и длинный цилиндрический хвостовик, предназначенный для установки специальных ручек (рис. 3.324); ими можно работать и без ручек, но это менее удобно;
- *изогнутые* двухконцевые (рис. 3.322, *а*) и прямые двухконцевые (рис. 3.323, *б*) позволяют использовать оба конца с насечкой, а роль ручки выполняет их средняя часть; за рубежом такие надфили изготавливаются в широком ассортименте, в нашей стране они распространены мало.

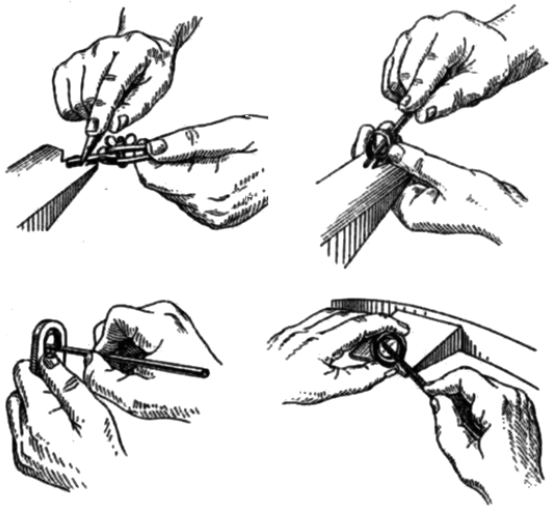


Рис. 3.322. Приемы работы надфилем, при опиливании мелких деталей

По ГОСТ 1513-77 (СТ СЭВ 1300-78) надфили выпускаются следующих типов: плоские тупоносые, плоские остроносые, квадратные, трехгранные, трехгранные односторонние, круглые, полукруглые, ромбические, ножовочные, овальные (карасики), пазовые, рис. 3.325.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рис. 3.323. Надфиль изогнутый двухконцевой (*а*); прямой двухконцевой (*б*) и прямой одноконцевой (*в*)

Рис. 3.324. Ручки для прямых надфилей

Изготавливают надфили из стали У13 или У13А (допускается У12 или У12А). Длина надфилей составляет 80, 120 и 160 мм. На рабочей части надфиля на длине 50, 60 и 80 мм наносят насечку зубьев. Надфили имеют двойную насечку: основную – под углом λ=25° и вспомогательную – под углом ω=45°, рис. 3.326. Узкая сторона плоских и ножовочных надфилей и овальные стороны пазовых надфилей имеют одинарную (основную) насечку. Круглые и овальные надфили, полукруглая сторона полукруглых надфилей могут иметь одинарную (основную) насечку, кроме того, круглые надфили могут иметь спиральную одинарную насечку под углом 20°.

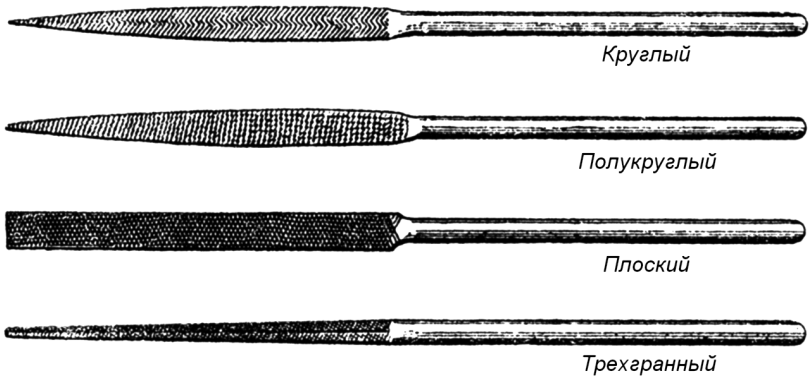


Рис. 3.325. Форма ходовых надфилей

Надфили выпускаются десяти номеров насечек: 00; 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8. Количество основных и вспомогательных насечек на 10 мм длины соответствует указанному в табл. 3.19.

В зависимости от длины рабочей части надфили имеют номера насечек указанных в табл. 3.20.

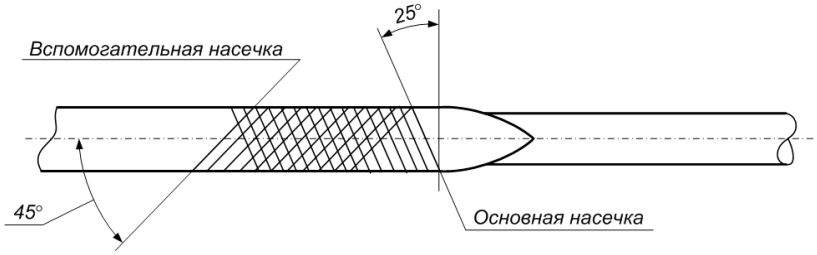


Рис. 3.326. Расположение основной и вспомогательной насечек зубьев надфиля

Алмазные надфили (рис. 3.327) предназначены для обработки материалов с большой твердостью, например закаленных высокоуглеродистых сталей и т.п. Роль насечки выполняет покрытие из тонкого слоя порошкообразных природных или синтетических алмазов. В качестве связующего материала используется никель.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.19 **Количество основных и вспомогательных насечек надфилей на 10 мм длины**

Номера насечек		00	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Количество насечек на 10 мм длины	основных	20	25	32	40	48	56	67	80	95	112
	вспомогательных	16	21	27	35	42	50	61	74	87	104

Таблица 3.20 **Номера насечек надфилей в зависимости от длины рабочей части**

Длина рабочей части, мм	Номера насечек									
50	—	—	1	2	—	4	—	6	—	8
60	—	0	1	—	3	—	5	—	7	—
80	00	0	—	2	—	4	—	6	—	—

Профили алмазных надфилей практически совпадают с ассортиментом обычных надфилей, т.е. есть и с цилиндрическим хвостовиком и двухконцевые. Скорость опиливания алмазным надфилем и шероховатость полученной поверхности зависят от размеров частиц алмазного порошка. В маркировке российских алмазных надфилей величина зерен алмазного порошка обозначается дробным числом (разброс по величине зерна):

- 160/125 – самое крупное зерно;
- 40/28 – самое тонкое зерно.

Рис. 3.327. Надфиль алмазный

Наибольшее распространение имеют надфили с зернистостью порошка 100/80 и 80/60. Это обозначение наносится не на сам надфиль, а только на общую упаковку, поэтому маркировку необходимо уточнять у продавца или поставщика.

Импортные алмазные надфили имеют индивидуальную упаковку со всеми обозначениями. Маркировка их следующая:

- D151-D181 – для грубой обработки;
- D107-D126 – общего назначения;
- D64-D91 – для финишной обработки.

Определение качества напильников. Правильно определять качество напильников – значит, избавлять себя от непроизводительной траты времени, брака и порчи изделий.

Наружный осмотр. Поверхность хорошего напильника, если смотреть вдоль насечки, от хвостовика к носу, должна быть ровной, без искривлений. Насечка должна быть равномерной, без пропусков. Отдельные зубья не должны выступать над общей линией вершин зубьев.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Если рабочая грань выпуклая, то эта выпуклость не должна иметь впадин и отклонений от середины к краям напильника. Хорошая выпуклость дает ровную, равномерно растекающуюся к краям темноватую полосу.

По окраске хороший напильник имеет светло-серый, матовый цвет без черных и ржавых пятен, которые указывают на плохую очистку напильника после термической обработки. Обычно на таких местах напильник срабатывается чрезвычайно быстро, и среди годных еще к работе зубьев образуются блестящие, продолговатые как бы пятна, представляющие собой затупившиеся ряды насечек. Работать таким напильником, разумеется, становится невозможно.

Звуковая проба. При ударе о металл напильник должен издавать чистый звук высокого тона. Для этого напильник подвешивают на веревочке за хвостовик и слегка ударяют по его ребру каким-нибудь небольшим металлическим предметом, например, гвоздем.

Дребезжащий звук укажет на имеющиеся в напильнике, невидимые для глаза, трещины.

От падения напильника на металлическую плиту с высоты, равной длине испытуемого напильника, он не должен разрушаться.

Проба на остроту. Зубья напильника должны иметь уклон в строну носа напильника, и при рассмотрении их через увеличительное стекло (через лупу) они не должны иметь слишком больших заусенцев, рис. 3.328.

Эти заусенцы – неизбежное зло, скрытое в самом производстве напильников. Они не режут металл, а скребут его и, загибаясь от работы, закругляют вершину зуба, чем тупят его раньше времени. Понятно, чем меньше заусенцы, тем острее напильник, тем лучше он будет брать металл.

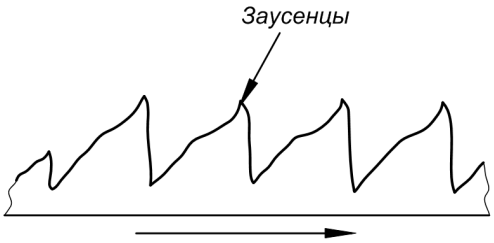


Рис. 3.328. Заусенцы

Но увеличительное стекло (лупа) не всегда может оказаться под руками, поэтому на практике для определения остроты напильника пользуются следующим способом.

Напильник ставят наклонно (хвостовиком вниз) и кладут на него кубик из меди размером 25х25х25 мм, с хорошо отполированной нижней стороной и чуть закругленными ребрами, рис. 3.329. Если этот кубик не съезжает с напильника, то последний ставят круче, до тех пор увеличивают наклон, пока кубик не начнет скользить по зубьям напильника. Ясно, что чем круче будет поставлен напильник, тем острее его зубья. В хороших напильниках угол наклона напильника, при котором начинается скольжение такого кубика, достигает 50-60°.

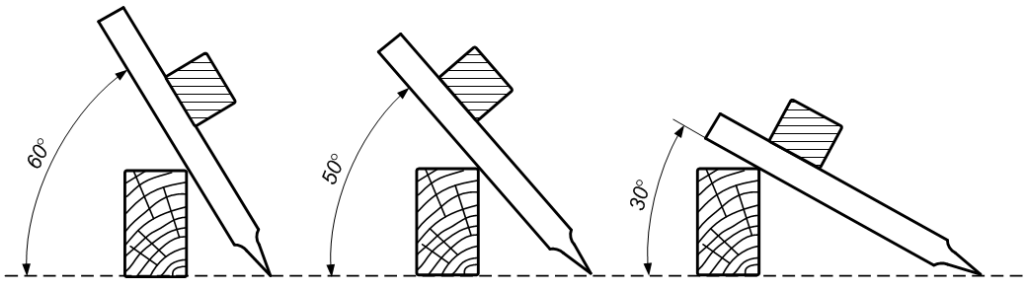


Рис. 3.329. Испытание напильника на остроту зубьев

Наконец, последняя проба напильника определяется опиловкой куска бронзы и стали У10, имеющих уже обработанные поверхности. Если при этой опиловке напильник снимает хорошую стружку в достаточном количестве, а после 15-20 рабочих ходов зубья напильника не блестят и не выкрашиваются, то напильник считается хорошим.

Хвостовик напильника должен быть отожженным на половину своей длины и загибаться в холодном виде под углом в 45°. Это требование становится особенно важным, когда в связи с особенностями работы бывает необходимо изменить положение ручки.

Несмотря на кажущиеся обилие испытаний напильника, все они вместе займут не более 10 мин., но эти минуты обеспечат в дальнейшем спокойную и уверенную работу.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Ручки для напильников. На заводах и предприятиях России очень мало обращают внимания на ручки напильников, а между тем вопрос о ручках – это вопрос качества работы и производительности труда. На рис. 3.330 показаны напильники с некачественными ручками, которые, к сожалению, еще встречаются в ремонтных мастерских.

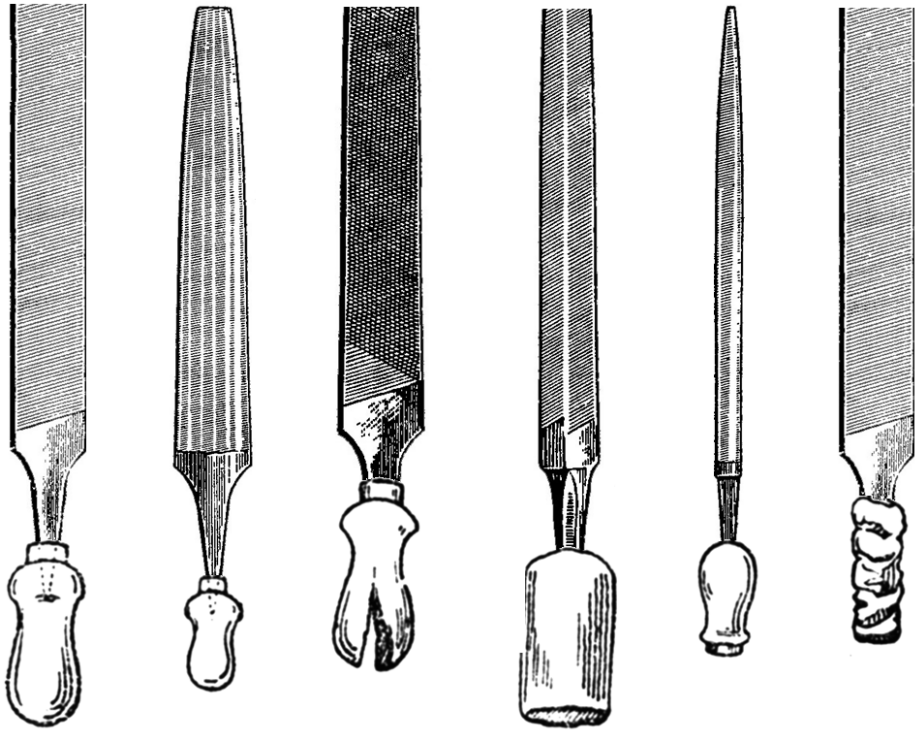


Рис. 3.330. Ручки напильников непригодные к работе

При выборе напильников следует помнить, что каждый напильник должен имеет качественную и надежную ручку.

Никогда не нужно пользоваться треснувшей или расколотой ручкой, не следует продлевать срок такой ручки путем затягивания ее проволокой. Треснувшая ручка пружинит при работе и заставляет кисть руки делать лишние усилия на преодоление этого пружинящего действия, что ведет к лишней утомляемости работающего. Стянутая проволокой ручка является причиной образования ненужных, а подчас и болезненных мозолей и даже ранений руки. Кроме того, очень редко удается хорошо стянуть ручку, чтобы она не пружинила, особенно при работе большими напильниками.

В России ручки для напильников изготовляются преимущественно из березы. Шейка ручки охватывается металлическим кольцом для предохранения ее от раскалывания при насадке напильника.

Ручки делают самых разнообразных размеров от 80 до 160 мм. Размер ручки надо подбирать сообразно длине и массе напильника. Во всяком случае, она не должна быть меньше четверти (одной четвертой) длины всего напильника. В больших напильниках длину ручки пригоняют таким образом, чтобы ее можно было удержать рукой.

При выборе ручки необходимо помнить, что галтельный упор должен быть достаточно высоким, чтобы большому пальцу правой руки не требовалось лишних усилий для удержания своего места на ручке, а сама ручка не была бы слишком тонкой.

Поверхность ручки не должна быть шероховатой, так это вызывает образование ненужных мозолей.

Если ручка имеет шероховатую поверхность то ее сначала сглаживают крупной шкуркой, затем средней, после этого смазав ручку маслом (лучше животным, но не минеральным), растирают ее сработанной мелкой шкуркой. Окончательно ручку отделывают, натерев ее воском и энергично растирая грубой мешковиной до получения матового блеска.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Насадка ручки. Насадка ручки должна быть плотной и охватывать хвостовик напильника почти целиком, оставляя пространство между шейкой ручки и пяткой напильника не больше ширины большого пальца.

Последовательность действий при насадке должна быть следующей:

- в ручке высверливается отверстие диаметром приблизительно равным средней толщине хвостовика и глубиной в половину его длины;
- вставляют хвостовик напильника в отверстие ручки (рис. 3.331, *б*) и правой рукой, вертикальными взмахами, ударяют головкой ручки о верстак, рис. 3.331, *в*.

Можно поступить и так: вставить хвостовик напильника в отверстие ручки и, взяв напильник в левую руку, молотком нанести несколько легких ударов по головке ручки, рис. 3.331, *г*.

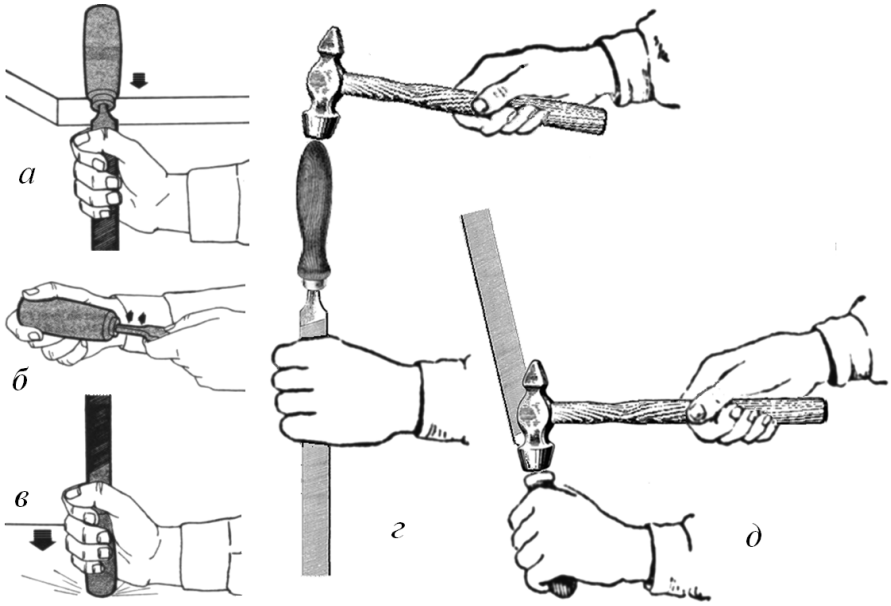


Рис. 3.331. Насадка и снятие ручки напильника

Чтобы снять ручку с напильника, ее берут в левую руку и наносят правой рукой два три коротких слабых удара молотком по верхнему краю у кольца, рис. 3.331, *д*. После этого напильник легко выходит из отверстия. Можно снять ручку и об край верстака, как показано на рис. 3.331, *а*.

При наличии опасения, что ручка расколется, насадка производится следующим образом: напильник берется в левую руку и постепенно вводится вращательным движением в отверстие, высверленное в шейке ручки. Заостренные кромки хвостовика высверлят сами нужное отверстие. Одновременно с вращением нужно производить легкое постукивание головкой ручки по верстаку.

После того как хвостовик углубится приблизительно на 2/3 своей длины, надо снять ручку и удалить из нее опилки. Затем снова ее насадить описанным способом и производить это до тех пор, пока она не сядет плотно до нижних краев напильника.

Можно вместо рассверливания прожечь ручку нагретым хвостовиком старого напильника. Для этого, подыскав старый напильник с хвостовиком, подходящим по форме и размеру к новому, нагревают старый хвостовик до темно-красного цвета и быстро вгоняют его в ручку приблизительно на 2/3 его длины, стараясь при этом слегка поворачивать ручку из стороны в сторону. Опустив далее ручку в воду, дают ей остыть и после этого насаживают новый напильник легкими ударами ручки по какому-нибудь куску дерева. Насаженная таким образом ручка охватывает хвостовик напильника по всей длине и держится вполне надежно.

Если напильник сработался, а ручка еще достаточно крепка, то ее можно пересадить на новый напильник с тем, однако, условием, чтобы форма и величина хвостовика нового напильника отличалась незначительно от старого. Нельзя, например, после квадратного 300 мм

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

напильника ставить ту же ручку на плоский той же длины напильник, потому что хвостовики этих напильников имеют разную форму, а, следовательно, и отверстие в ручке окажется маленьким.

Ручки для специальных работ. При некоторых работах обычное положение ручки не всегда удобно, и приходится прибегать к ее перестановке, которая, главным образом, осуществляется посредством изгибания хвостовика в ту или другую сторону. Так, например, при опиловке длинных и широких поверхностей ручку удобнее насаживать перпендикулярно к рабочей грани напильника, рис. 3.332.

Для этого нагревают хвостовик напильника до светло-вишневого цвета и на наковальне загибают его под прямым углом, после чего насаживают ручку обычным способом.

Для предупреждения отжига напильника часть его, прилегающую к пятке, обматывают мокрой тряпкой и обмазывают глиной и только после этого кладут хвостовик в огонь, подавая сразу сильное дутье.

При выпиловке шпоночных канавок и узких пазов полезно хвостовик напильника отогнуть перпендикулярно плоскости его ребер.

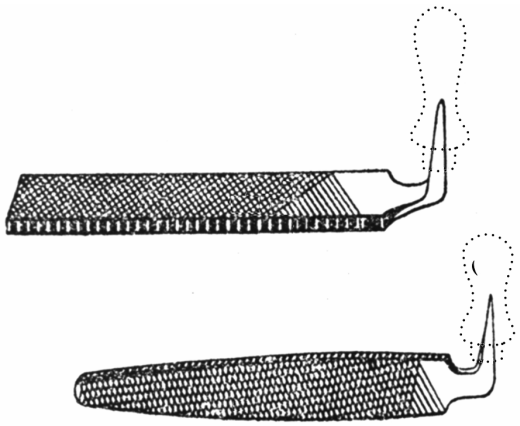


Рис. 3.332. Ручки для специальных работ

Уход за напильниками. При работе с напильниками необходимо предохранять их даже от незначительных ударов, которые могут повредить зубья; хранить напильники на деревянных подставках в положении, исключающем соприкосновение их между собой. Для предохранения напильников от коррозии не допускать попадания на них влаги. Темный цвет напильника свидетельствует о том, что напильник окислился или плохо закален (новые напильники имеют светло-серый цвет).

Под действием снимаемой стружки зубья напильника выкрашиваются, стираются, кроме того, между зубьями напильника набивается мелкая стружка (опилки) и инструмент теряет свою режущую способность. Для улучшения режущих свойств напильника необходимо периодически очищать его от стружки, для этого время от времени постукивать носком напильника о верстак, что позволяет очистить его от опилок.

Для предохранения напильника от забивания стружкой при опиливании мягких и вязких металлов рекомендуется натирать напильник мелом, а при опиливании алюминия – стеарином.

Быстрый износ зубьев напильника вызывает опиливание чугунных заготовок, по корке или поковок с окалиной. Перед опиливанием корку или окалину необходимо удалять зубилом.

Напильники могут преждевременно износиться и вследствие небрежного обращения.

Во избежание преждевременного износа напильников перед опиливанием заготовок, поверхности которых покрыты ржавчиной, необходимо удалить с них ржавчину механическим способом – при помощи металлической щетки или шлифмашинки.

Не допускается обработка напильником материалов, твердость которых такая же, как и у напильника, или превышает ее, поскольку это приведет к выкрашиванию зубьев.

Нужно предохранять напильники даже от незначительных ударов, которые могут повредить зубья.

Необходимо следить за тем, чтобы на напильники не попадало масло, оно снижает режущую способность напильника. Замасленные напильники не режут, а скользят. По этой же причине нельзя допускать попадания на них грязи и пыли, особенно абразивной. Не следует протирать напильник и опиливаемую поверхность рукой.

Хранить напильники следует на деревянных подставках и при этом следить, чтобы они не соприкасались между собой и не покрывались коррозией.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Новый драчевый напильник следует сначала использовать для опиливания мягких материалов (бронзы, меди, латуни) и только после этого обрабатывать твердые материалы (чугун и сталь). Это увеличит срок службы напильника.

Опытные слесари вначале пользуются одной стороной напильника, а второй опиливают детали лишь после затупления первой.

Зубья напильника очищают стальными кордовыми щетками (рис. 3.333, *а-б*), при отсутствии их используют скребки из алюминия, латуни или другого мягкого металла (рис. 3.333, *в, д*). Твердая стальная или медная проволока для этой цели не годится, так как стальная портит насечку, а медная – омедняет зубья.

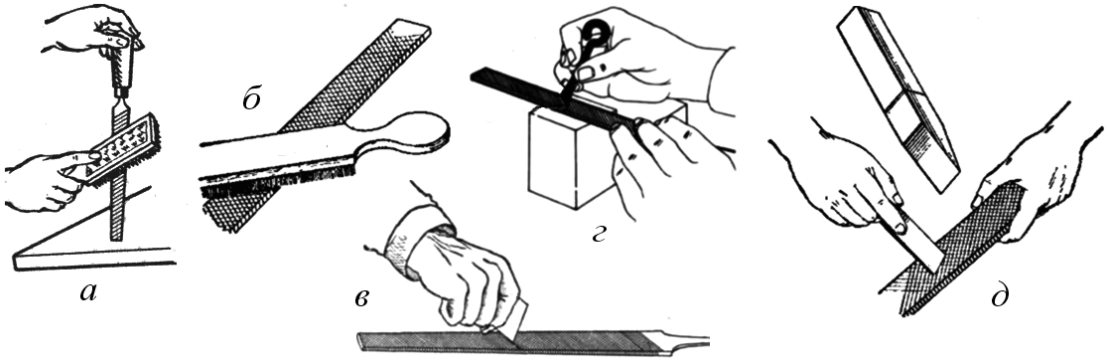


Рис. 3.333. Очистка напильника: *а-б* – кордовыми щетками; *в-д* – скребками

Замасленные напильники чистят сначала куском березового угля (вдоль рядов насечки), а затем щеткой. Сильно замасленные напильники моют в керосине или бензине.

Напильники, забитые опилками дерева, эбонита, резины, фибры, пластмасс, очищают скребками из стальной или латунной проволоки с расплющенным концом или погружают на 15-20 мин в горячую воду, а затем очищают кордовой щеткой. Очистку производят вдоль насечек. Личные напильники рекомендуется очищать скребками (рис. 3.433, *г*), а не кордовыми щетками.

3.5.3 Приемы и способы опиливания

Характеристика процесса опиловки. Напильник является доступнейшим инструментом, который позволяет при помощи его опиливать тот или другой металл.

Опиловка, как и всякий рабочий процесс, делится на три взаимно дополняющие друг друга части:

- установка рабочего механизма, в данном случае человека;
- обработка, т.е. совокупность трудовых приемов, применяемых в данном процессе производства,
- контроль и проверка правильности хода рабочего процесса и его результатов.

Под установкой в данном процессе опиливания металлов следует понимать то наивыгоднейшее для работы положение тела работника, которое он должен принять для успешного ее проведения и сбережения трудовой энергии на весь рабочий день, а также ту хватку инструмента, которая обеспечила бы правильное использование его качеств.

При опиловке в тисках наилучшим по устойчивости и свободе движения будет такое расположение тела, когда корпус рабочего будет расположен под углом в 45° к линии тисков, рис. 3.334. Корпус не должен быть очень удален от верстака, так как при подаче напильника вперед тело, выходя из равновесия, искало бы опоры в левой руке, чем усиливалось бы ее давление на напильник и тем самым вызвало бы появление «завала» опиливаемой поверхности на стороне, противоположной опиловщику.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Кроме того, такое положение корпуса было бы попросту физически неэкономичным, так как оно вызывает ненужное напряжение спинных мускулов, что ведет к преждевременному утомлению работающего.

При опиливании надо встать перед тисками в пол-оборота к ним (слева или справа, смотря по необходимости), т.е. повернуться на 45° к оси тисков. Левую ногу выдвигают вперед по направлению движения напильника, правую ногу отставляют от левой на 200-300 мм, так чтобы середина ее ступни находилась против пятки левой ноги, рис. 3.335. При этом корпус работающего должен находится не дальше, чем на ступню, от верстака, и ноги должны быть поставлены так, чтобы левая нога была вынесена на полшага с носком, обращенным вперед, а носок правой ноги отвернут вправо на угол 60°.

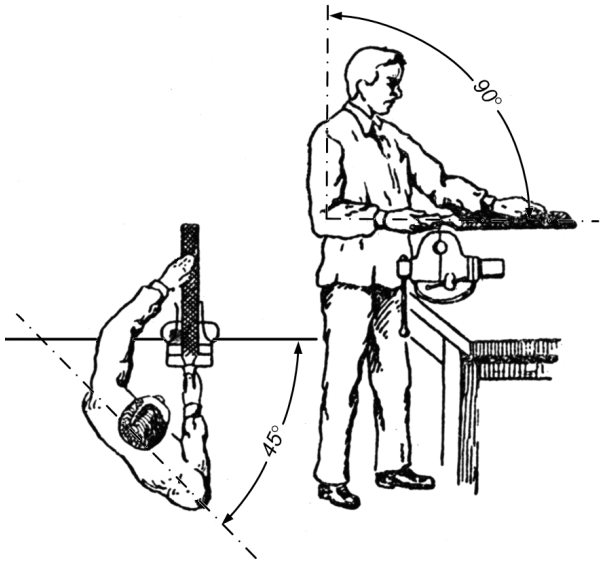


Рис. 3.334. Стойка опиловщика

При опиливании в тисках никогда не следует заносить правую ногу назад, на одну линию с левой ногой, так как это нарушает устойчивость тела и стесняет свободу движений (главным образом поворотов) корпуса. Это обычная ошибка новичков.

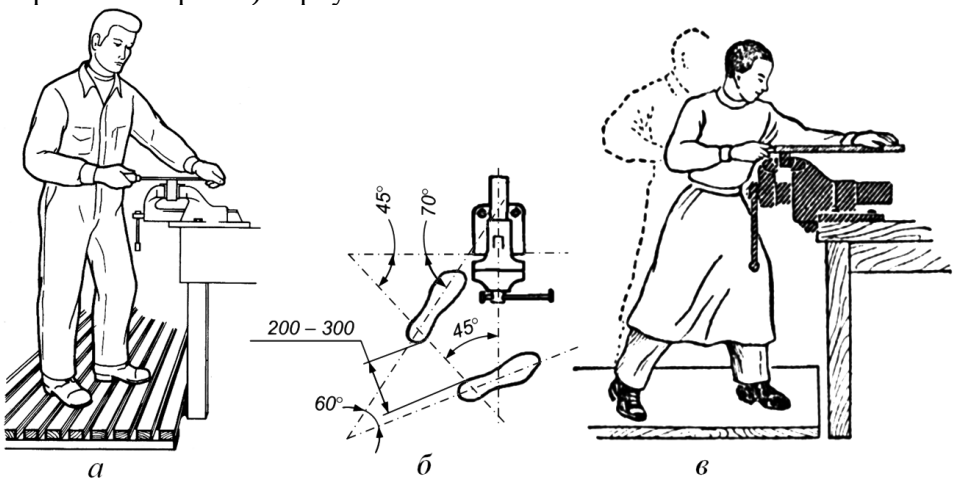


Рис. 3.335. Опиливание: *а* – нормальное положение корпуса работающего; *б* – схема расположения ног; *в* – положение корпуса работающего при тяжелом опиливании

Второй ошибкой начинающих, на которую мало обращают внимания, это слишком большой выпад с левой ноги вперед, как это изображено на рис. 3.336. В этом случае сильно утомляются ноги и поясница, которые находятся в полусогнутом положении. Необходимо помнить, что при опиловке, как и при резке металла ножовкой, работать должны только руки и плечевой пояс, но ни как не другие части тела.

Исключение можно допустить лишь при обдирке брусовкой, но эти случаи крайне редки в слесарных мастерских.

Нормальная высота тисков должна быть такой, чтобы линия пояса опиловщика находилась на одном уровне с головкой ходового винта тисков, а высота опиливаемой плоскости должна находиться на уровне правой руки, согнутой в локте под прямым углом, рис. 3.334.

Если плоскость, подлежащая опиливанию, может быть зажата лишь значительно выше уровня тисков (как это случается при опиловке фасонных деталей – кронштейнов, кулис, шестерен и т.п.), или когда тиски высоки по отношению к росту опиловщика, необходимо сделать под ноги подставку с таким расчетом, чтобы были соблюдены условия нормальной стойки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для высоких же рабочих под тиски подкладывают деревянную подушку соответствующей высоты.

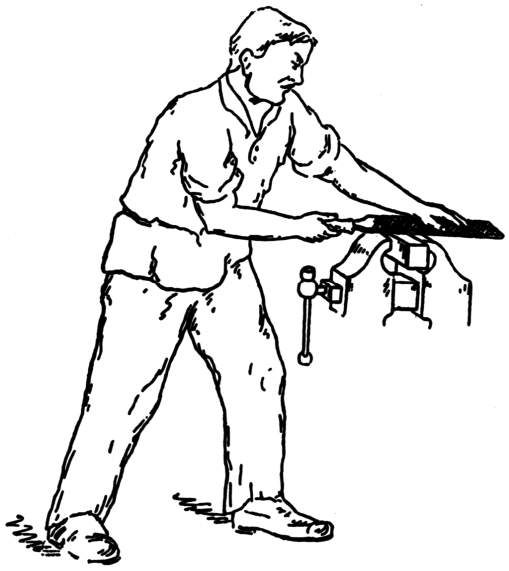


Рис. 3.336. Стойка с выпадом

Напильник берут в правую руку за ручку (рис. 3.337), упирая ее головкой в ладонь. Большой палец кладут на ручку вдоль, остальными пальцами поддерживают ручку снизу. Положив напильник на обрабатываемый предмет, накладывают левую руку ладонью поперек напильника на расстоянии 20-30 мм от его конца. При этом пальцы должны быть полусогнуты, а не поджаты, так как иначе их легко поранить об острые края обрабатываемого изделия. Локоть левой руки приподымают. Правая рука – от локтя до кисти – должна составлять с напильником прямую линию.

При правильной хватке напильника левая рука, как правило, вытянута и слегка согнута без напряжения, а правая охватывает плотно ручку напильника, причем ее большой палец лежит сверху ручки, упираясь в галтельный упор, а головка ручки упирается в мякоть ладони у основания большого пальца.

Нажим левой руки производится нижней округлостью ладони, а пальцы этой руки слегка спущены с напильника вправо. Это и будет исходным положением при опиловке.

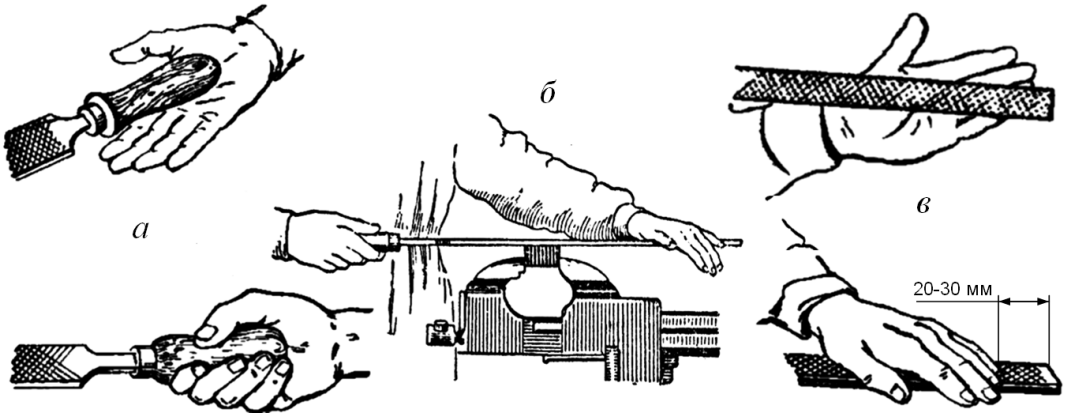


Рис. 3.337. Приемы работы напильником: *а* – положение ручки напильника в правой руке; *б* – выполнение опиливания; *в* – положение левой руки на напильнике

Новички обычно грешат тем, что берут напильник слишком крепко, левую руку вытягивают на полную длину и большой палец правой руки кладут на ручку в обхват.

В первом случае они теряют осязание опиливаемой плоскости, вкладывая все усилия в удержание напильника, вцепляются в него. Во втором – они сокращают замах для подачи напильника вперед и перенапрягают левую руку при сгибе, а в третьем – уменьшают толчок напильника вперед и лишают его устойчивости, так как упор ладони заменяется трением поверхности ручки о пальцы.

Саму опиловку, т.е. рабочие движения и усилия при ней, можно разложить на три отдельных элемента, а для овладения напильником необходимо поупражняться в каждом из них в отдельности до полного его усвоения.

Элементы опиловки: координация, баланс и сопротивление.

Под *координацией движения* подразумевается согласованное движение обеих рук и соблюдение ритма этих движений. Вся несложная премудрость этого элемента опиловки заключается в том, чтобы руки, находящиеся в разных положениях – одну согнутую в локте и отведенную назад, а другую, полувытянутую вперед, научиться подавать вперед и отводить назад одновременно и плавно без резких толчков и через равные промежутки времени.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При этом нужно обращать внимание на локоть правой руки, который при замахе не должен высоко подниматься и отходить в сторону от туловища, потому что при таком движении опиливаемая плоскость будет попеременно заваливаться то в одну, то в другую сторону.

Правая рука должна идти вперед и назад все время по одной и той же линии, причем этим движением управляет локоть, а не плечо. Тренироваться в координации движений нужно на широких чугунных или стальных плоскостях.

Соблюдение ритма чрезвычайно важно, так как ритм определяет собой продолжительность работы. Так, например, во Франции в 30-40 годы рекомендовалось при опиловке не превышать 70 движений рук в мин. При этом рукам каждые 5 мин. давался отдых на 1 мин., опустив их по швам.

В России придерживались того взгляда, что число движений у начинающего слесаря не должно превышать 36 в мин. и только постепенно, к концу обучения, должно подниматься до 60 движений. Перерывы, считалось, не должны быть столь частыми, вполне достаточно на каждые 50 мин. работы давать 10 мин. отдыха.

Необходимо отметить важность о *постановки дыхания* при опиловке, которое, собственно, и определяет темп работы.

При указанной частоте движений в минуту (36 движений для новичков и 60 – для рабочих) темп дыхания ни в коем случае не должен превышать одного дыхания на 4 движения (два рабочих и два холостых хода напильника). Такой темп дыхания не дает сердцу перегружаться, человек не перегревается в работе и долгое время может работать, не снижая своей производительности.

Напильник двигают обеими руками вперед (от себя) и назад (к себе) плавно, притом всей его длиной. При движении напильника вперед на него нажимают руками, но не одинаково и не равномерно. По мере его продвижения вперед усиливают нажим правой руки и ослабляют нажим левой руки. Чем сильнее нажим, тем медленнее будет происходить подача и наоборот.

Прижимать напильник к обрабатываемой поверхности нужно при рабочем ходе (от себя). При движении напильника назад на него не нажимают, но следует отрывать его от обрабатываемой поверхности: он должен лишь скользить. Рекомендуется делать от 40 до 60 двойных движений напильника в минуту.

Чем грубее обработка, тем больше должно быть усилие при рабочем ходе. При опиливании плоскостей напильник нужно двигать не только вперед, но одновременно и перемещать его в стороны – вправо или влево, чтобы спиливать равномерный слой металла со всей плоскости.

Качество опиливания зависит от умения регулировать силу нажима на напильник. Если нажимать на напильник с постоянной силой, то в начале рабочего хода он будет отклоняться рукояткой вниз, а в конце рабочего хода – передним концом вниз. При такой работе будут «заваливаться» края обрабатываемой поверхности.

Вторым элементом опиловки, элементом чрезвычайно важным, является *балансирование*, т.е. способность удерживать напильник в состоянии строгого равновесия при движении по различным как по размеру, так и по форме плоскостям. В этом заключается «главный секрет» опиловки.

Рабочее движение напильника складывается из двух движений: движение подачи и движение нажима, прижимающего напильник к обрабатываемой плоскости. Подача напильника осуществляется правой рукой, а нажим – и правой и левой, рис. 3.338. При этом нажим правой рукой бывает несколько больше, чем левой, что обычно и встречается у начинающих слесарей. Поэтому, чтобы не завалить плоскости, необходимо уравновесить силу нажима правой рукой другой силой – силой левой руки. И только тогда, когда силы нажима правой и левой руки будут равными, можно ожидать получения ровной плоскости. В этом и заключается суть баланса.

При чистовом опиливании нажимать на напильник следует значительно меньше, чем при черновом. При этом левой рукой нажимают на носок напильника не ладонью, а лишь большим пальцем.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

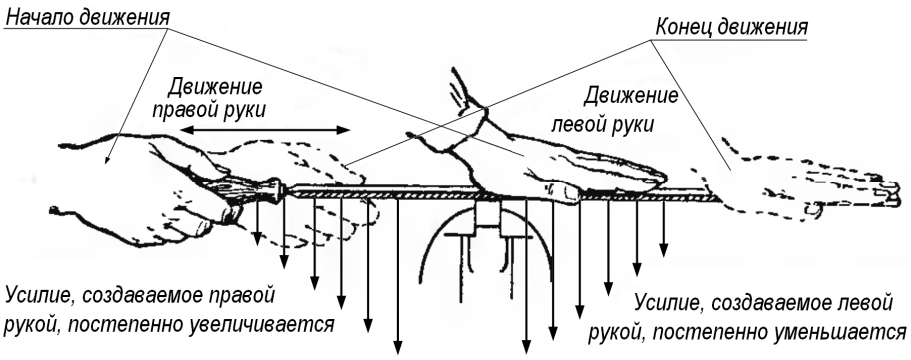


Рис. 3.338. Распределение усилия нажима на правую и левую руки при опиливании

Третьим элементом опиливания является *сопротивление*, под которым подразумевается противодействие обрабатываемого металла движению напильника при его рабочем ходе. Ясно, чем тверже металл, тем больше будет это противодействие, и по этому сопротивлению необходимо рассчитывать силу нажима на обе руки, чтобы сохранить равновесие напильника во время его движения.

Сопротивление осложняет балансировку движения, и чем тверже металл, тем труднее сохранять баланс. При достаточно хорошо усвоенном балансе опиловщик очень быстро сможет приспособиться к сопротивлению того или другого металла. Это чисто практическое дело и зависит от индивидуальных качеств каждого рабочего, и поэтому дать какие-либо указания по овладению этим элементом опиливания не представляется возможным.

Ошибки возникающие при опиловке. Обычно обучающиеся методам опиливания склонны делать следующие ошибки.

- Нажим на правую руку больше, чем на левую, или вместо большого пальца правой руки кладут сверху ручки указательный палец. В том и другом случаях напильник забирает слишком много металла со стороны поверхности, обращенной к опиловщику, и на этой стороне образуется завал, рис. 3.339, *а*.
- Завал в сторону, противоположную опиловщику, происходит тогда, когда нажим на левую руку больше, чем на правую. Обычно это является следствием неправильной стойки, когда недостаточно устойчивое положение корпуса клонит опиловщика вперед, и он находит опору в левой руке, опирающейся на напильник. Результат этого можно видеть на рис. 3.339, *б*.
- Рис. 3.349, *в* показано образование овала посредине плоскости. Этот недостаток является следствием того, что на замахе локоть правой руки опиловщика слишком высоко поднимается вверх. При движении напильника вперед последний вследствие инерции не может сразу лечь на плоскость, а его зубья сначала снимают край плоскости и только затем движутся5 по ней, но уже со значительно ослабленной силой. Благодаря запоздалому нажиму левой руки напильник наклоняется носом вниз и образует второй завал с противоположной стороны.

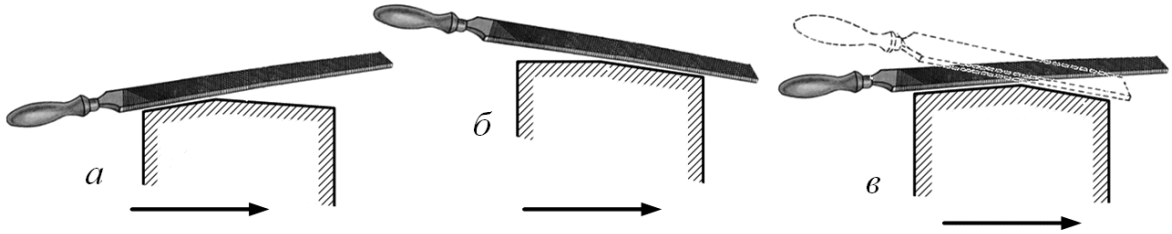
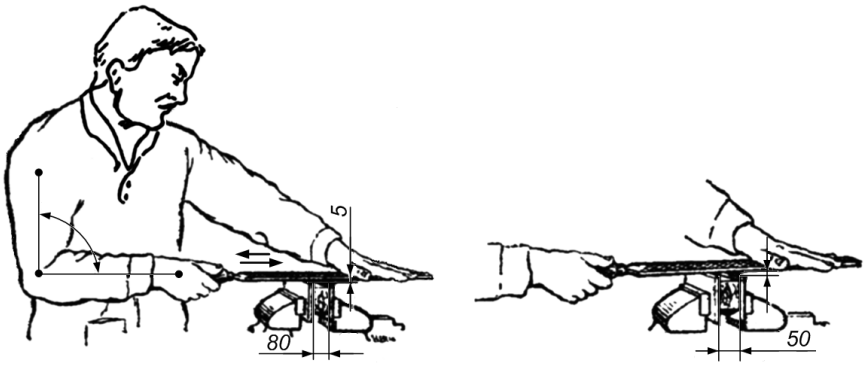


Рис. 3.339. Завалы: *а* – передней кромки; *б* – задней кромки; *в* – обеих кромок

Отработка рабочих движений и балансировки при работе напильником осуществляется при выполнении обучающимся учебного задания по усвоению координации движения и получению первичного навыка в балансировке напильником.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Учебное задание по опиливанию двух стальных пластин, установленных на расстоянии друг от друга. Цель – приемов правильного балансирования напильником и соблюдения ритма движений, рис. 3.340, *а*.



а *б*

Рис. 3.340. Тренировочные упражнения по развитию навыков в работе напильником

1. На двух стальных пластинках наносят (по длине) риски на расстоянии 5 мм от кромки.

2. Обе пластинки через деревянную прокладку толщиной 80 мм зажимают в тисках. Края пластин должны выступать над уровнем губок тисков на 5 мм.

3. Принимают рабочее положение. Напильник берут правой рукой за рукоятку, накладывают его на ребра стальных пластин, а левую руку помещают на напильнике.

4. По узким граням двух стальных пластин выполняют движения драчевым изношенным напильником в горизонтальной плоскости пластин.

Движения напильником осуществляются при согласованных действиях обеих рук. Усилие в горизонтальном направлении (вдоль напильника) необходимо для создания его движения при рабочем и холостом ходах, а в вертикальном направлении – для нажима на обрабатываемую поверхность только при рабочем ходе. При этом вертикальное усилие изменяется в зависимости от положения напильника на обрабатываемой плоскости: при среднем положении прикладывается наибольшее усилие, а при крайних – меньшее (стрелки-векторы на рис. 3.338). При работе напильником от себя вес тела будет передаваться на левую ногу, а при движении напильника к себе нагрузка переместится на правую ногу.

Освоив прием по опиливанию двух стальных пластинок установленных на расстоянии 80 мм друг от друга, переходят к опиливанию двух стальных пластин установленных на расстоянии 50 мм друг от друга рис. 3.340, *б*. Данный прием выполняют в той же последовательности, как и первый. Он предназначен для приобретения навыков в балансировке напильником при меньшей длине опиливания.

Проверка правильности координации горизонтальных движений и балансировки напильником определяется по высоте опиливаемых кромок. Если слой металла снимается равномерно, то обе кромки будут иметь одинаковую высоту. Если высота кромок не одинакова, значит, при опиливании были неправильно распределены усилия.

В начальный период обучения темп работы должен регулироваться и составлять не более 50 двойных движений в минуту. Чтобы снизить утомляемость обучающихся, следует чередовать работу – 5 мин. работы, затем отдых 2-3 мин.

Способы опиливания. Самое сложное в опиливании – получить ровно обработанную поверхность. Трудность заключается в том, что производящему опиливание не видно, действительно ли он снимает в данный момент тот слой металла и в том именно месте, где это необходимо.

Правильно опилить плоскость можно только в том случае, если выбран напильник с прямолинейной или выпуклой, но не вогнутой поверхностью (рис. 3.341) и если опиливание выполняется движением напильника вперекрестку (косым штрихом), т.е. попеременно, с угла на угол.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

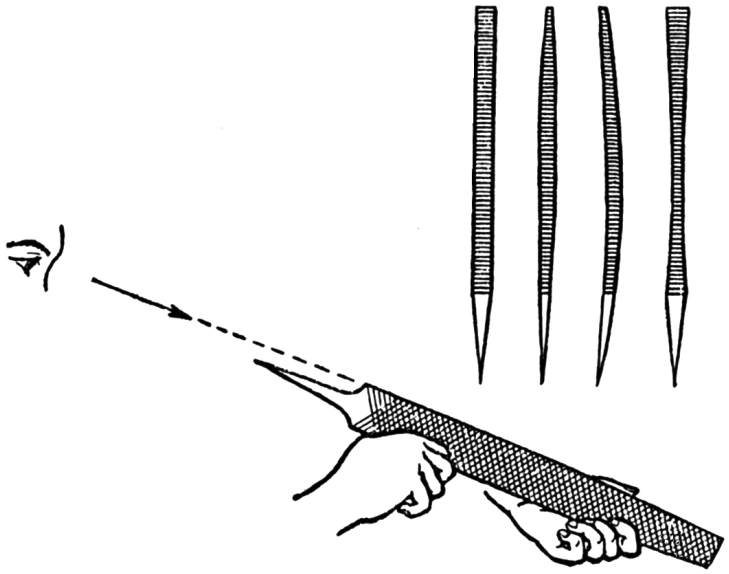


Рис. 3.341. Проверка напильника на прямолинейность

Для этого сначала ведут опиливание, предположим, слева направо (рис. 3.342) под углом 30-40° к боковым сторонам тисков. После того как в этом направлении пройдена вся плоскость, надо, не прерывая работы (чтобы не сбиться с темпа), перейти к опиливанию прямым штрихом, а затем продолжить опиливание снова косым штрихом, но уже справа налево. Угол сохраняется прежним. В результате на плоскости получается сетка из перекрестных штрихов.

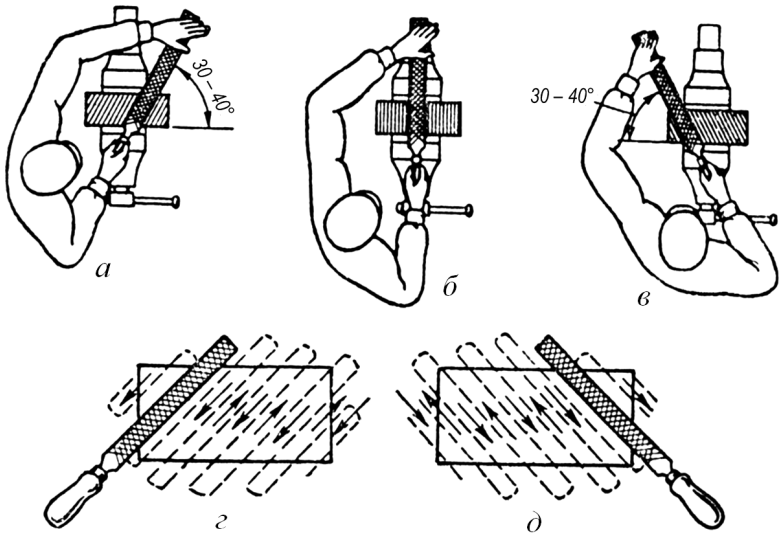


Рис. 3.342. Опиливание: *а-в* – последовательное положение работающего; *г-д* – движения напильника при опиливании

По расположению штрихов можно проверить правильность обработанной поверхности. Допустим, что на плоскости, опиленной слева направо, наложением проверочной линейки обнаружилась в середине выпуклость, а по краям завал. Очевидно, что плоскость опилена неправильно. Если теперь продолжить опиливание движением напильника справа налево так, чтобы штрихи ложились только на выпуклость, то такое опиливание будет правильным. Если же штрихи будут обозначаться как на выпуклости, так и на краях плоскости, то будет означать, что опиливание снова ведется неправильно.

Окончательный штрих наводят обычно вдоль обрабатываемого изделия, а грубую опиловку производят обыкновенно перекрестным штрихом. Хватка напильника при опиловке начисто показана на рис. 3.343.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Следует заметить, что такие металлы, как чугун и углеродистая сталь, можно опиливать в любом направлении, а конструкционную прокатную сталь нужно опиливать только поперек направления проката. Это объясняется тем, что чугун и углеродистая сталь являясь хрупкими материалами, не режутся, а выкрашиваются при опиливании напильником. Тогда как низкоуглеродистая сталь, подвергнутая прокату, легко режется и завивается в стружку. Если ее опиливать вдоль направления проката, то на поверхности получаются от напильника глубокие канавки и задирины, которые бывает очень трудно вывести.

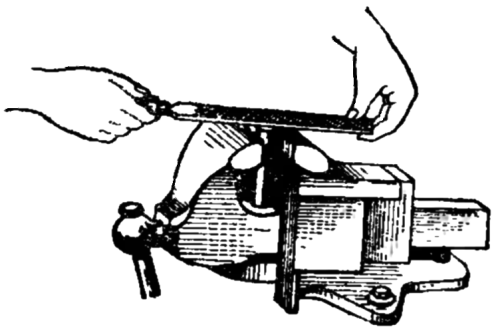
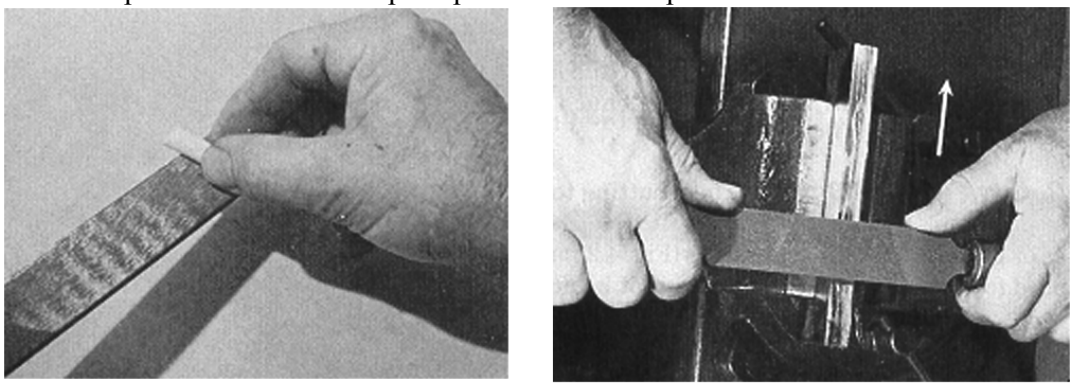


Рис. 3.343. Хватка напильника при опиловке начисто

Окончательная доводка и отделка или личневка поверхностей производится личными напильниками, причем отделка получается значительно чище и красивее, когда рабочую поверхность личника натирают мелом. Хватка напильника в этом случае может быть самая разнообразная, но с непременным, однако условием – напильник не должен качаться на плоскости. На рис. 3.344 показан пример личневки поверхности.



а *б*

Рис. 3.344. Личневка: *а* – натирание напильника мелом; *б* – прием личневки

Опиливание плоских поверхностей. Прежде чем приступить к работе, нужно обмером заготовки определить, достаточны ли ее размеры для изготовления заданной чертежом детали. Такая проверка необходима, так как часто бывает, что деталь не может быть выполнена в заданных размерах лишь потому, что заготовка не имеет необходимых припусков на обработку. Проверив размеры заготовки, определяют базу, т.е. поверхность, от которой будут выдерживаться размеры детали и взаимное расположение всех ее поверхностей.

Опиливание плоских поверхностей, как уже указывалось, выполняется плоским напильником. Размер напильника выбирают с таким расчетом, чтобы он был длиннее опиливаемой поверхности не менее чем на 150 мм.

Если чистота обработки в чертеже не указана, опиливание производят только драчевым напильником. При необходимости получить более чистые и гладкие поверхности опиливание заканчивают личным напильником.

Рассмотрим опиливание некоторых поверхностей на практических примерах.

Опиливание широких поверхностей. При опиливании широких плоских поверхностей используют три способа:

- после каждого двойного хода напильника его перемещают в поперечном направлении на расстояние, несколько меньшее ширины напильника;
- напильник совершает сложное движение вперед и в сторону поперек заготовки;
- перекрестное опиливание, при котором обработка ведется попеременно по диагоналям обрабатываемой поверхности, а затем вдоль и поперек этой поверхности. Такое

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

перемещение напильника позволяет видеть отклонения обрабатываемой поверхности от плоскостности. Там, где имеются впадины и завалы, штрихи будут прерываться. Применение перекрестного опиливания обеспечивает получение более ровной поверхности.

Опиливание производится следующим образом.

1. Деталь зажимают в тисках так, чтобы опиливаемая плоскость находилась в горизонтальном положении и выступала над губками тисков на 8-10 мм.

2. Берут в руки напильник, занимают положение у тисков и приступают к опиливанию (рис. 3.345, *а*), выполняя его перекрестным штрихом, т.е. слева направо и справа налево, рис. 3.345, *б*.

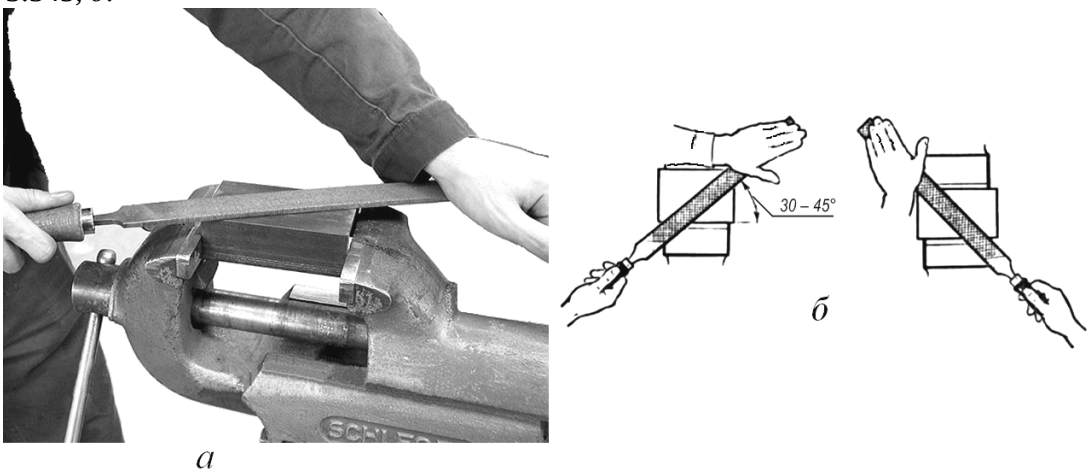


Рис. 3.345. Прием опиливания широких поверхностей (*а*) и опиливание широкой поверхности перекрестным штрихом (*б*)

По мере опиливания напильник перемещают по всей ширине опиливаемой плоскости. Его следует двигать не только вперед, но и перемещать в стороны (вправо и влево) для снятия равномерного слоя металла со всей поверхности. Во время движения напильник должен все время оставаться в горизонтальном положении. Если это условие не соблюдается, то опиливаемая поверхность буде иметь «заваленные края». Для контроля необходимо периодически проверять правильность опиливания линейкой или угольником со скошенной кромкой, рис. 3.346. Темп движения напильника 40-50 двойных ходов в минуту.

3. Снять с ребер детали заусенцы личным напильником, двигая его вдоль ребер.

Опиливание параллельных поверхностей. Опиливание параллельных плоскостей является более сложной операцией, при которой необходимо выдержать не только плоскостность, но и параллельность. Обработка параллельных плоских поверхностей выполняется в такой последовательности: вначале обрабатывается базовая плоская поверхность, а затем – поверхность, параллельная ей, с соблюдением ее плоскостности и размера, заданного чертежом. Выдерживание заданного размера во всех местах измерения обеспечивает параллельность обрабатываемых поверхностей.

В качестве примера рассмотрим опиливание стального бруска. Работа выполняется в следующем порядке.

1. Драчевым напильником опиливают поверхность перекрестным штрихом, не доходя до рисок разметки, периодически контролируя прямолинейность поверочной линейкой. Припуск на дальнейшую обработку принимают0,5 мм.

2. Поверхность опиливают начисто личным напильником, проверяя правильность опиливания поверочной линейкой.

3. Снимают деталь с тисков.

4. Поставить брусок обработанной плоскостью на разметочную плиту и рейсмусом наносят на его боковые стороны риски для обозначения контура по размерам указанным в чертеже.

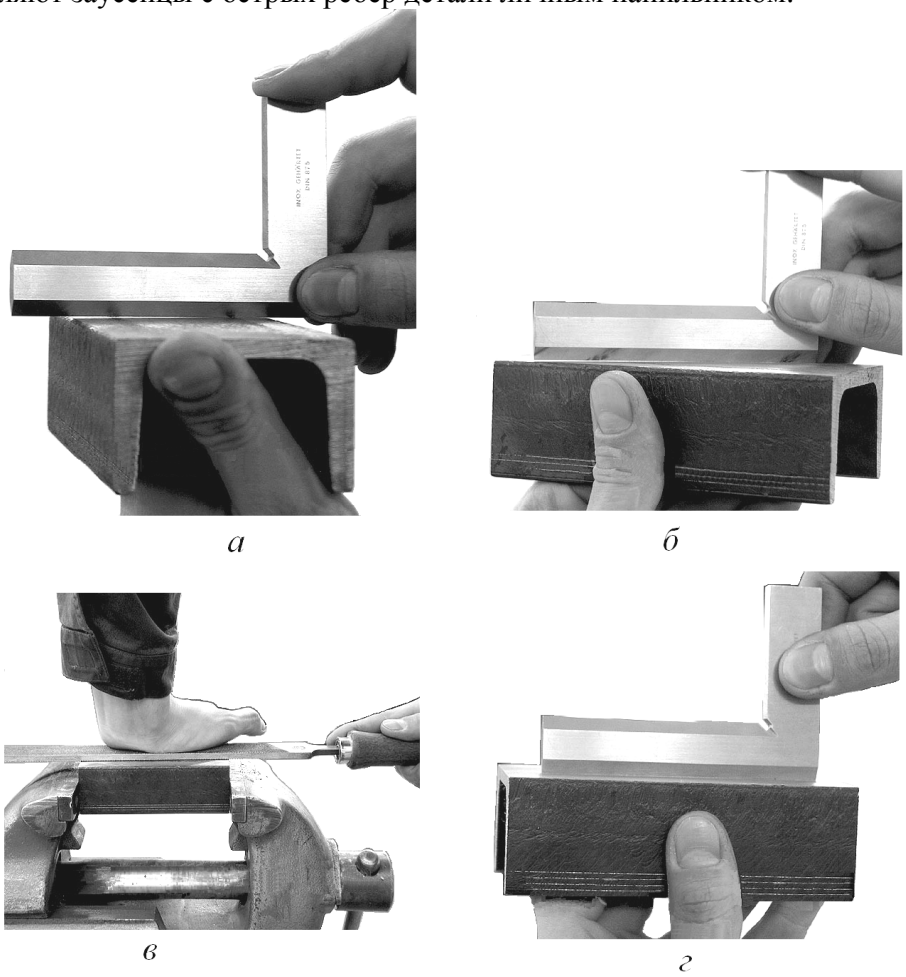
5. Зажимают деталь (брусок) необработанной плоскостью кверху так, чтобы риски были выше губок тисков на 8-10 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

6. Опиливают поверхность драчевым напильником не доходя до рисок 0,5 мм.

7. Заканчивают опиловку плоским личным напильником, проверяя прямолинейность поверочной линейкой, а параллельность – кронциркулем

8. Удаляют заусенцы с острых ребер детали личным напильником.



а *б* *в* *г*

Рис. 3.346. Опиливание широкой поверхности: *а-б* – проверка прямолинейности опиливаемой поверхности (слева виден просвет); *в* – прием опиливания небольшой выпуклости; *г* – поверхность прямолинейна (просвет отсутствует)

Опиливание с проверкой по краске. Если плоская поверхность должна быть обработана опиливанием особенно тщательно, ее проверяют на краску. Для этого наносят на плоскость проверочной плиты ровный и очень тонкий слой краски. Лучшими красками являются железный сурик, берлинская лазурь, индиго и голландская сажа. Перед употреблением краску растирают в мельчайший порошок и разводят на машинном масле.

Краска не должна быть чересчур жидкой и в ней не должно оставаться сухих крупинок. Наносят краску на поверхность проверочной плиты тампоном, после чего ее равномерно растирают тонким слоем.

Перед опиливанием плоскость детали проверяют на проверочной плите, для чего деталь осторожно устанавливают обработанной плоскостью на окрашенную поверхность плиты и передвигают деталь взад и вперед и по кругу по всей поверхности плиты с небольшим равномерным нажимом, рис. 3.347, *а*.

Деталь осторожно снимают с плиты. На поверхности детали будут окрашены выпуклые места, которые необходимо опилить, рис. 3.347, *б*.

Прием опиливания по краске состоит в следующем: деталь прочно закрепляют в тисках, для устранения скольжения по краске и засаливания насечки напильник натирают мелом, напильник передвигают вкруговую, снимая слой металла с окрашенных мест, рис. 3.347, *в*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для предотвращения образования глубоких рисок очищают напильник стальной щеткой. Опиливание следует вести осторожно, так как при излишних проходах напильник может оставить царапины.

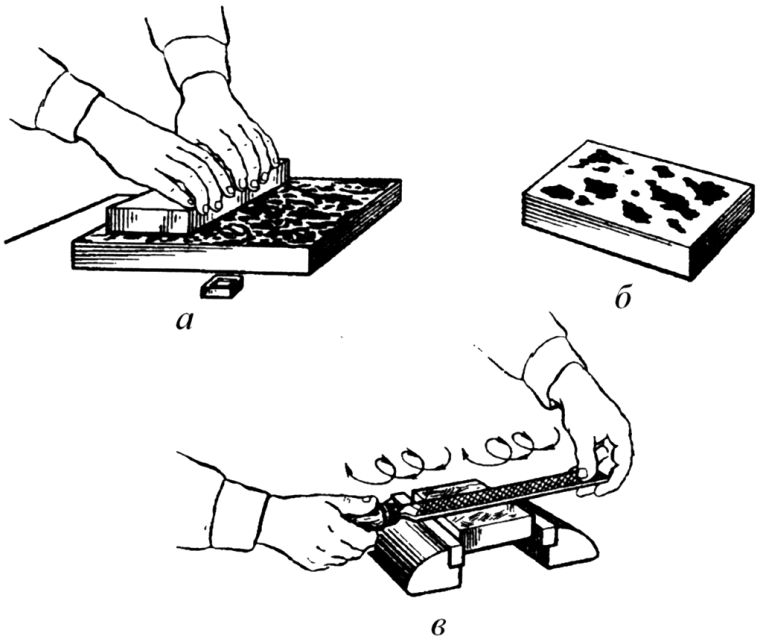


Рис. 3.347. Опиливание детали по краске: *а* – прием нанесения краски на обрабатываемую поверхность; *б* – пятна краски на обрабатываемой поверхности; *в* – прием опиливания по краске

После опиливания окрашенных пятен деталь освобождают из тисков и вторично проводят проверку плоскости на окрашенной проверочной плите, затем продолжают опиливать слой металла по новым пятнам краски. Чередование опиливания и проверки повторяют до тех пор, пока не будет получена ровная поверхность с большим числом пятен на поверхности детали (особенно по краям).

Опиливание узких поверхностей. При обработке узких плоскостей на тонких деталях применяют продольное и поперечное опиливания. При опиливании поперек заготовки напильник соприкасается с меньшей поверхностью, по ней проходит больше зубьев, что позволяет снять большой слой металла. Однако при поперечном опиливании положение напильника неустойчивое и легко «завалить» края поверхности. Кроме этого, образованию «завалов» может способствовать изгиб тонкой пластинки во время рабочего хода напильника. Продольное опиливание создает лучшую опору для напильника и исключает вибрацию плоскости, но снижает производительность обработки.

Тонкие заготовки (толщиной до 4 мм) нелегко равномерно зажать в тисках. Тонкий металл отгибается при нажатии его напильником. В результате трудно получить ровную поверхность.

Обычно такие заготовки опиливают в специальных приспособлениях, называемых наметками. К ним относятся рамки, рамочные наметки, раздвижные параллели, цельные рамки и призмы с передвижной рамкой. Все эти приспособления изготовленные с большой точностью, имеют правильно обработанные, закаленные и отшлифованные поверхности. Иногда опиливание ведется в кондукторах.

Применяя приспособления выполняют следующее.

1. На обрабатываемой заготовке размечают весь контур детали (по чертежу).

2. Заготовку устанавливают в приспособлении обрабатываемой стороной вверх, предварительно закрепляя ее винтами по риске.

3. Выверяют точность установки заготовки в приспособлении таким образом, чтобы прочерченная риска разметки точно совпала с верхней рабочей плоскостью приспособления. Окончательно закрепляют приспособление.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4. Приспособление с заготовкой зажимают в тисках.

5. Драчевым напильником предварительно опиливают выступающую часть кромки заготовки, не доходя 0,3-0,5 мм до рабочих поверхностей приспособления. При опиливании необходимо соблюдать строгую параллельность направлений движений напильника по отношению к верхней рабочей плоскости приспособления.

6. Спиливают выступающие кромки заготовки заподлицо с плоскостью приспособления. При этом необходимо:

- применять старые плоские напильники, так как при соприкосновении насечки напильника с закаленными поверхностями приспособления напильник притупляется;
- использовать прием окончательного опиливания продольным штрихом (рис. 3.344, *б*), при котором изнашивание напильника происходит только на небольшой площади его рабочей части. Опиливание заканчивают, когда напильник перестает снимать слой металла с обрабатываемой поверхности и скользит по всей поверхности.

7. Для опиливания второй и последующих кромок заготовку переставляют и закрепляют в новом положении так, чтобы разметочная риска точно совпадала с рабочей поверхностью приспособления.

Обработка в рамках. Поверхности *1* и *2* раздвижных и цельных рамок (рис. 3.348) точно и чисто обработаны под углом 90°. Резьбовые отверстия у цельной рамки служат для крепления обрабатываемой заготовки.

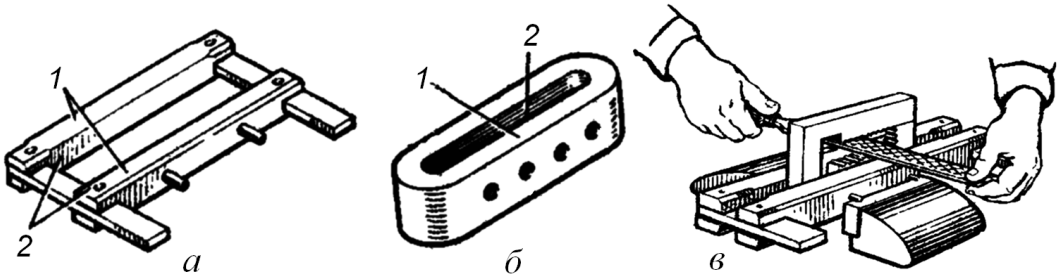


Рис. 3.348. Приспособления для опиливания: *а* – раздвижная рамка; *б* – цельная рамка; *в* – прием опиливания детали в раздвижной рамке; *1* – лицевая поверхность; *2* – внутренняя поверхность

Размеченную и подготовленную к опиливанию заготовку вставляют в рамку, слегка прижимают ее к внутренней стенке имеющимися в рамке винтами. Затем уточняют установку, добиваясь совпадения риски с внутренним ребром рамки, после чего окончательно закрепляют винты. Далее зажимают рамку в тисках и опиливают узкую поверхность заготовки до уровня рабочей кромки рамки, рис. 3.349. Поскольку эта плоскость рамки обработана с большой точностью, то и опиливаемая плоскость не потребует дополнительной проверки при помощи линейки.

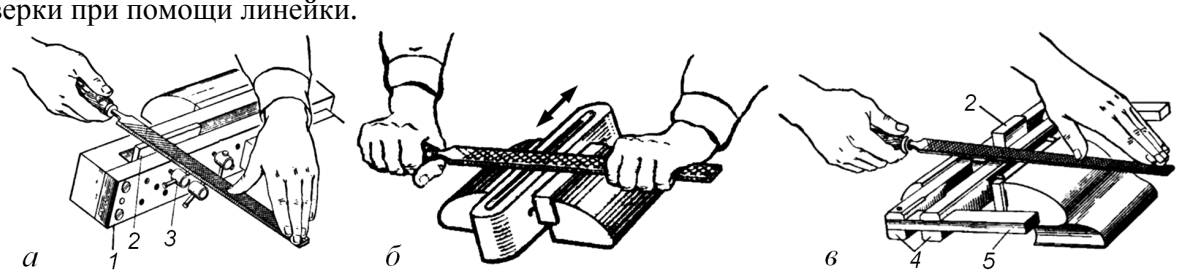


Рис. 3.349. Пример опиливания детали в цельной рамке (*а – б*) и в раздвижной рамке (*в*): *1* – металлическая рамка; *2* – обрабатываемая пластина; *3* – зажимные болты; *4* – бруски прямоугольного сечения; *5* – направляющие планки

Установку и выверку заготовки в раздвижной рамке производят одновременно с закреплением приспособления в тисках. Для этого рамку с заготовкой устанавливают в тисках со слабым зажимом. Легким постукиванием заготовку перемещают в рамке до тех пор, пока риска разметки точно не совпадет с рабочей плоскостью рамки. Окончательно зажимают рамку с заготовкой в тисках.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Обработка в плоско-параллельных наметках. Плоско-параллельная наметка (рис. 3.350, *а*) представляет собой закаленную пластинку с двумя выступающими под прямым углом буртиками. По такой наметке можно опиливать четыре стороны (кромки) детали под углом 90° без проверки правильности углов угольником во время опиливания.

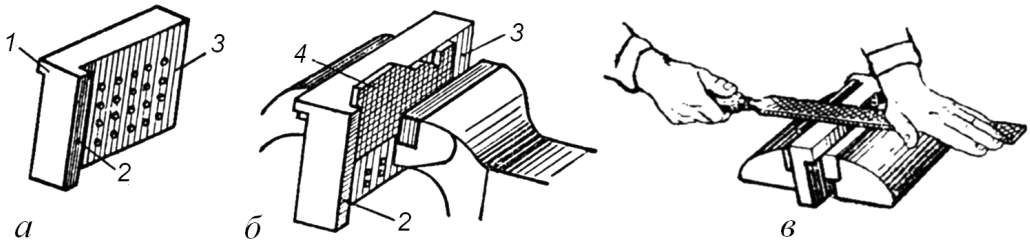


Рис. 3.350. Плоско-параллельная наметка: *а* – общий вид; *б* – положение наметки в работе; *в* – пример опиливания детали в наметке: *1* – буртик; *2* – выступ; *3* – плоскость; *4* – обрабатываемая пластина

Наметку устанавливают в тисках так, чтобы она легла выступающим буртиком *1* на неподвижную губку. Сделав это, вкладывают подлежащую обработке пластинку *4* между подвижной губкой тисков и плоскостью *3* наметки, упирая ее базовую кромку в выступ *2*. слегка зажав тиски, легким постукиванием по пластинке подводят ее риску до совпадения с верхней кромкой наметки. Затем окончательно зажимают наметку с пластинкой в тисках и начинают опиливание кромки, рис. 3.350, *в*. В наметке имеются отверстия, используемые для укрепления винтами упорных линеек и планок.

Если работа производится драчевым напильником, то, не доходя 0,2-0,3 мм до верхней поверхности, его откладывают и продолжают опиливание личным напильником, которым работают до тех пор, пока кромка пластинки не сравняется с верхней поверхностью наметки.

Проверка кромки, опиленной таким образом, при помощи лекальной линейки, покажет, что она строго прямолинейна – между кромкой и линейкой просвета не будет.

Для опиливания второй кромки по разметочной риске заготовку переставляют в новое положение, так чтобы обработанная кромка прилегла к буртику *2* наметки, а риска совпала с верхней поверхностью наметки.

При помощи плоско-параллельной наметки можно опиливать как прямолинейные участки заготовки, так и участки под разными углами.

Обработка в раздвижных параллелях. Раздвижные параллели представляют собой две планки, перемещающиеся в двух прямоугольных направляющих, рис. 3.351. Раздвижение и сближение планок, а также зажим заготовок производится двумя витами. В параллелях можно одновременно обрабатывать до 10 пластинок толщиной 4 мм каждая, собранных в пакет.

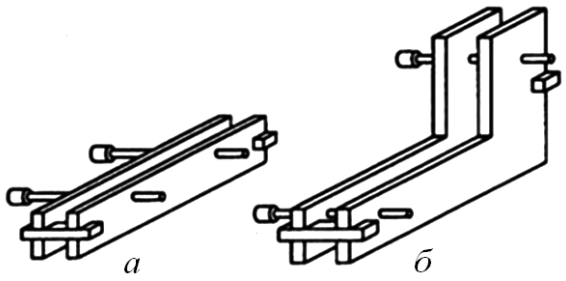


Рис. 3.351. Раздвижные параллели: *а* – раздвижная параллель; *б* – раздвижной параллельный угольник

Опиливание кромок пластинок в раздвижных параллелях производится также как и в рамке раздвижного типа.

Обработка на призме. Призма (рис. 3.352, *а*) состоит из корпуса *1*, на боковой поверхности которого жестко закрепляют прижим *2*, угольник *3* и линейку *4*. Угольник и линейка обеспечивают правильную установку обрабатываемой заготовки, а прижим – ее закрепление. Поверхность 6 корпуса призмы служит направляющей для напильника, т. е. является ее рабочей поверхностью. Изготавливают призмы из стали и подвергают поверхностной закалке. Призма с установленной в ней заготовкой закрепляется в тисках.

Обработка в кондукторах (рис. 3.353). Кондуктор представляет собой копирное приспособление, обработка по которому воспроизводит требуемый контур изделия с точностью от 0,05 до 0,1 мм. Рабочие стороны кондуктора должны быть точно обработаны, закалены и отшлифованы.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

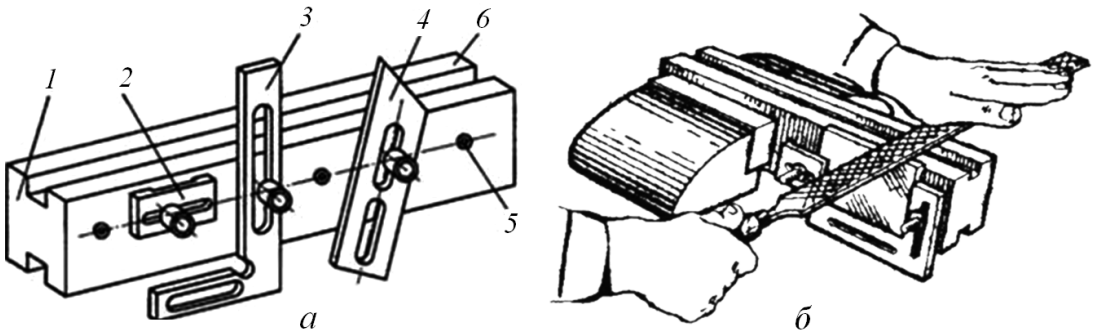


Рис. 3.352. Опиловочная призма (*а*) и пример опиливания детали на призме (*б*): *1* – корпус; *2* – прижим; *3* – угольник; *4* – линейка; *5* – резьбовые отверстия; *6* – направляющая плоскость призмы

Подлежащую обработке заготовку (пластину) вставляют в кондуктор и вместе с ним зажимают в тисках. Выступающую над кондуктором часть заготовки опиливают до уровня его рабочих поверхностей. Опиливание по кондуктору применяется при изготовлении партии одинаковых по форме изделий. Их можно обрабатывать по одному или по нескольку штук, заправленных в кондуктор.

Опиливание сопряженных поверхностей под углом. В изделиях с сопряженными поверхностями встречаются внутренние и наружные углы. Наружные углы обрабатываются плоскими напильниками, внутренние углы в зависимости от их величины могут обрабатываться плоскими, трехгранными, квадратными, ножевыми и ромбическими напильниками.

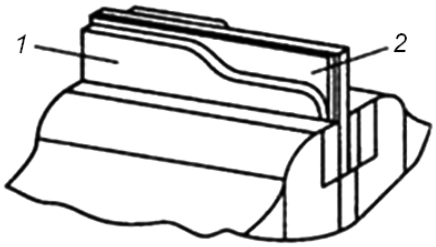


Рис. 3.353. Копирное приспособление-кондуктор: *1* – копирная пластинка; *2* – обрабатываемая деталь

При опиливании сопряженных поверхностей под различными углами следует применять трехгранные и квадратные напильники с одной гладкой, т.е. ненасеченной стороной. Это необходимо для того, чтобы при опиливании второй сопряженной поверхности не испортить ранее опиленную плоскость насеченной частью напильника. На рис. 3.354 показана хватка напильника при опиливании сопряженных поверхностей.

Приводим несколько примеров опиливания поверхности под углом.

Рис. 3.354. Хватка напильника при опиливании сопряженных поверхностей: *а* – правильная; *б* – неправильная

Опиливание сопряженных поверхностей под тупым внешним углом на примере изготовления молотка с квадратным бойком. С помощью чертилки и измерительной линейки на боковых поверхностях заготовки наносят наклонные риски. Затем деталь зажимают в тисках с алюминиевыми или медными нагубниками. Деталь устанавливают таким образом, чтобы обрабатываемая поверхность выступала над уровнем губок тисков на 8-10 мм и была расположена горизонтально. Крепление детали в тисках должно быть прочным и надежным.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Опиливание сопряженных поверхностей под тупым внешним углом производится в следующем порядке, рис. 3.355, *а*. Сначала перекрестным штрихом опиливают поверхность *1*, не доходя до рисок разметки оставляют припуск в 0,1 мм на дальнейшую обработку. Затем поверхность опиливают личным напильником, проверяя правильность опиливания линейкой, малкой или шаблоном. В такой же последовательности опиливают вторую (сопряженную) поверхность *2*.

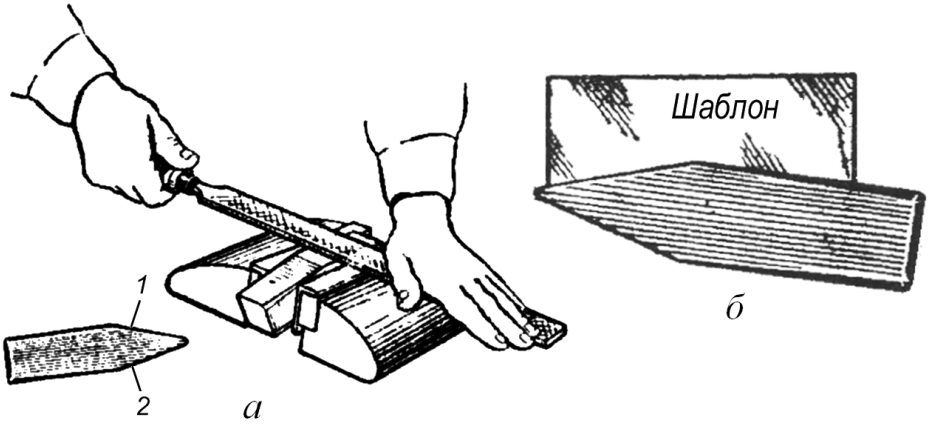


Рис. 3.355. Опиливание сопряженных поверхностей под тупым внешним углом (*а*) и проверка угла по шаблону (*б*)

Во время работы следует периодически контролировать прямолинейность, перпендикулярность опиливаемой поверхности к боковой поверхности и угол сопряжения плоскостей. Правильность опиливаемой поверхности проверяют линейкой.

При пользовании шаблоном (рис. 3.355, *б*) подгонку проверяют на просвет только на уровне глаз. При правильной подгонке поверхности световой зазор будет равномерно узким. В случае неравномерного зазора определяют место, подлежащее опиливанию. Угол проверяют шаблоном в нескольких местах заготовки. Передвигать шаблон по металлу не рекомендуется, так как при этом рабочие грани изнашиваются и нарушается точность инструмента.

Опиливание поверхностей, сопряженных под внутренним углом 90°. При обработке плоскостей, расположенных под углом 90°, сначала опиливают плоскость, принимаемую за базовую, добиваясь ее плоскостности, затем плоскость, перпендикулярную к базовой. Наружные углы обрабатывают плоским напильником. Контроль осуществляют внутренним углом угольника, для этого угольник прикладывают к базовой плоскости и, прижимая к ней, перемещают до соприкосновения с проверяемой поверхностью. Отсутствие просвета указывает, что перпендикулярность поверхностей обеспечена. Если световая щель сужается или расширяется, то угол между поверхностями больше или меньше 90°.

Внутренние углы обрабатывают следующим образом. Размечают заготовку, используя в качестве баз наружные поверхности, на определенном расстоянии от которых с помощью измерительной линейки и чертилки наносят параллельные риски, определяющие ширину боковых сторон угольника.

Затем ножовкой вырезают лишний металл, оставляя припуск на опиливание около 0,5 мм. Если стороны внутреннего угла должны сходиться без закругления, в нем просверливается отверстие диаметром 2-3 мм или делается неглубокий пропил под углом 45° (обработать внутренний угол без закругления внутри практически невозможно). Для прорезания паза заготовку угольника зажимают в тисках так, чтобы прорез был расположен вертикально, а нижняя граница его находилась выше нагубников тисков на 3-5 мм.

В тисках зажимаем заготовку, рис. 3.356, *а*. По разметке опиливаем первую узкую наиболее длинную плоскость (перекрестным штрихом), не доходя до риски разметки и оставляя припуск на дальнейшую обработку 0,1 мм. Во время опиливания необходимо периодически контролируют прямолинейность, перпендикулярность к боковой стороне и параллельность узких плоскостей. В таком же порядке выполняют предварительное опиливание второй узкой грани угольника.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

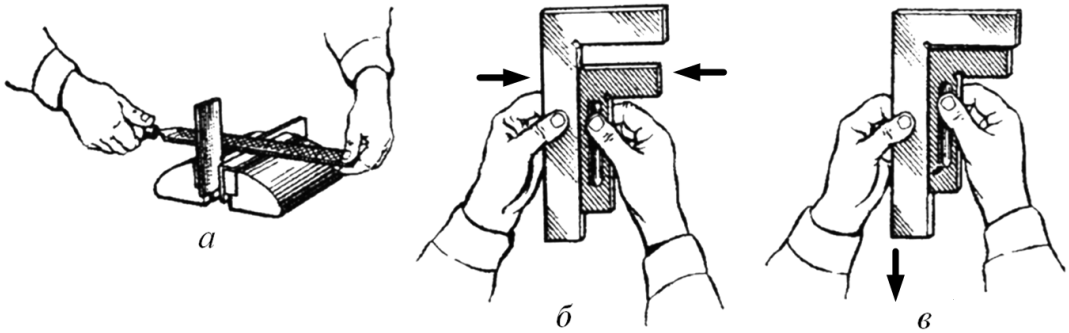


Рис. 3.356. Опиливание внутренних сопряженных плоскостей под углом 90° с проверкой угла угольником: *а* – прием работы; *б* – предварительная установка угольника; *в* – окончательная установка угольника

Опиливая стороны угла, в первую очередь добиваются их плоскостности, а затем перпендикулярности. Опиливание поверхностей по внутреннему углу ведут так, чтобы ко второй поверхности было обращено ребро напильника, на котором нет насечки.

Во время выполнения работы необходимо периодически проверять:

- сопряжение двух внутренних поверхностей узких граней – прямоугольным угольником;
- прямолинейность опиливания в продольном и поперечном направлениях – проверочной линейкой;
- параллельность поверхностей – штангенциркулем;
- перпендикулярность узкой поверхности грани к боковой – угольником.

Для чистого опиливания необходимо применять напильники малого размера, конец которых для лучшего балансирования нужно удерживать пальцами левой руки, рис. 3.357. В той же последовательности опиливают вторую узкую поверхность, после чего приступают к подгонке угла 90° между рабочими плоскостями.

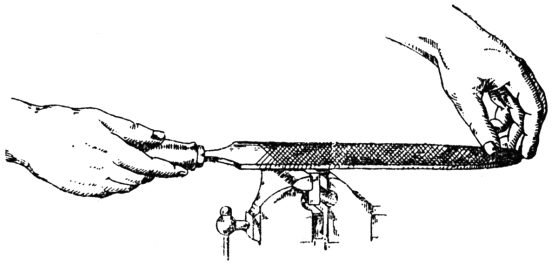


Рис. 3.357. Хватка мелких напильников

Контроль правильности внутреннего угла производится также угольником. Для этого наружной рабочей гранью угольник прикладывают к базовой плоскости так, чтобы между второй гранью и опиливаемой поверхностью оставался зазор 2-3 мм, рис. 3.356, *б*. Затем угольник плавно сдвигают по базовой плоскости до соприкосновения второй грани с опиливаемой поверхностью, рис. 3.356, *в*. Если световой зазор равномерный и узкий, плоскость опилена правильно (проверку повторяют 2-3 раза). В случае неравномерного зазора на просвет определяют место, подлежащее опиливанию. Наружный угол проверяется аналогично.

После того как все условия выполнены, наводят напильником продольный штрих.

Опиливание криволинейных поверхностей. Криволинейные поверхности могут быть выпуклыми и вогнутыми. Выпуклые поверхности опиливают плоскими напильниками, а вогнутые – круглыми, полукруглыми и овальными напильниками. Прежде чем приступить к опиливанию, необходимо изучить чертеж, установить последовательность разметки и обработки, определить рациональный способ удаления лишнего металла.

В одном случае требуется предварительное выпиливание ножовкой, в другом – высверливание, в третьем – вырубка и т.д. Слишком большой припуск на опиливание ведет к большому расходу времени на выполнение задания, а слишком малый часто ведет к порче детали.

Примеры опиливания криволинейных поверхностей.

Опиливание вогнутых поверхностей. Одной из разновидностей криволинейного опиливания является обработка по разметке деталей, имеющих вогнутые поверхности. Прежде чем приступить к опиливанию вогнутого контура, необходимо выбрать полукруглый или круглый напильник, и чтобы радиус их закруглений был меньше радиуса закругления опи-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ливаемой поверхности. При опиливании вогнутых поверхностей малого радиуса кривизны во время рабочего хода необходимо производить вращательное движение напильником. На рис. 3.358 показана хватка напильника при обработке полукруглых отверстий.

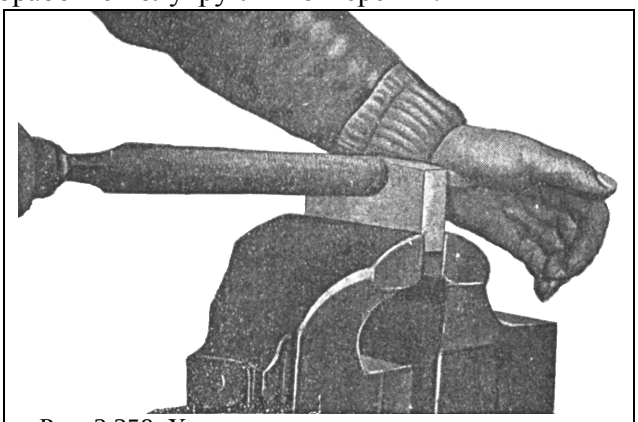


Рис. 3.358. Хватка полукруглого напильника при обработке вогнутых поверхностей

В качестве примера рассмотрим опиливание вкладыша с выемками изготовляемого из полосовой стали, рис. 3.359. Чтобы сделать такой вкладыш, нужно сначала отмерить его длину на полосе и отрезать ножовкой заготовку. После этого опиливают начисто широкие плоскости *А* и *Б*, выверяя их параллельность кронциркулем, затем опиливают стороны *1* и *3*, проверяя правильность их обработки по угольнику, последовательно прикладывая к сторонам *2* и *4*.

Далее размечают на концах вкладыша полукруглые и угловые выемки, вырезают ножовкой углы по разметке и, продолжая обработку опиливанием, делают полукруглые выемки по риске, которые окончательно подгоняют по шаблону.

В заключение отделывают поверхности вкладыша прямым штрихом при помощи мелкого личного напильника и снимают с ребер вкладыша заусенцы.

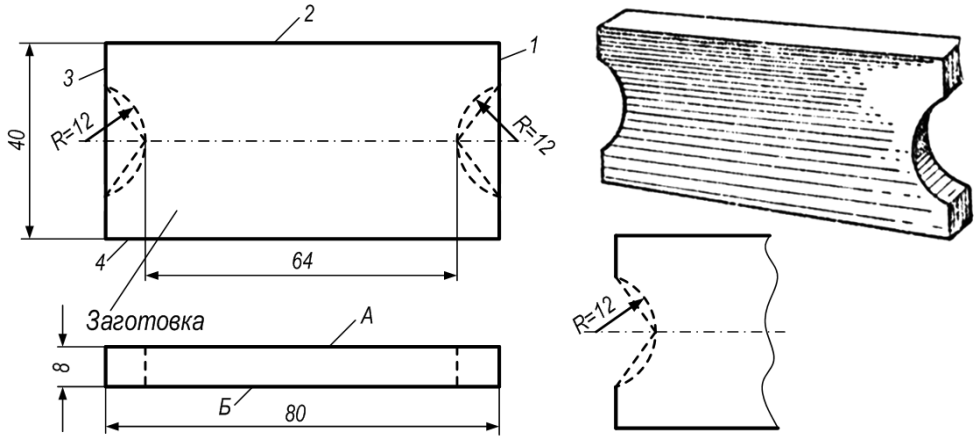


Рис. 3.359. Вкладыш с вогнутыми выемками

Опиливание выпуклых поверхностей. Разновидностью криволинейного опиливания является обработка по разметке деталей, имеющих выпуклый контур с широкой или узкой поверхностью.

Выпуклые поверхности плоских деталей необходимо вначале опиливать на многогранник с припуском 0,5 мм, а затем опиливать по разметке и шаблону. Чистовую обработку следует производить личным напильником продольным или поперечным штрихом, рис. 3.360.

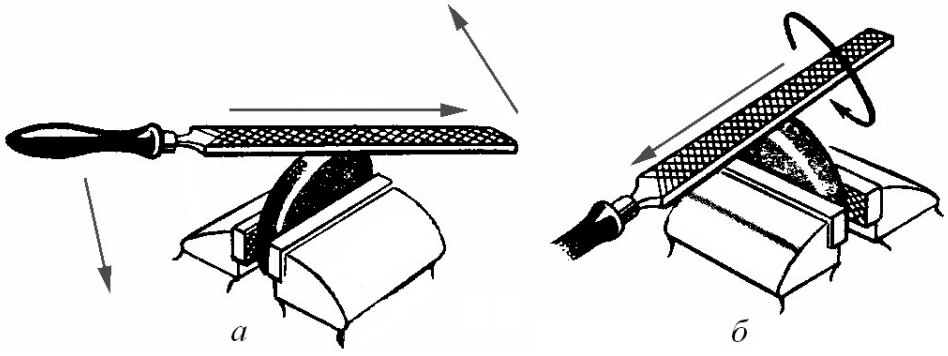


Рис. 3.360. Чистовая обработка выпуклых поверхностей продольным (*а*) и поперечным (*б*) штрихом

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Выпуклые криволинейные поверхности можно обрабатывать, используя прием раскачивания напильника, рис. 3.361. При перемещении напильника сначала его носок касается заготовки, ручка опущена. По мере продвижения напильника носок опускается, а ручка приподнимается. Во время обратного хода движения напильника противоположные.

Рассмотрим порядок опиливания выпуклых поверхностей.

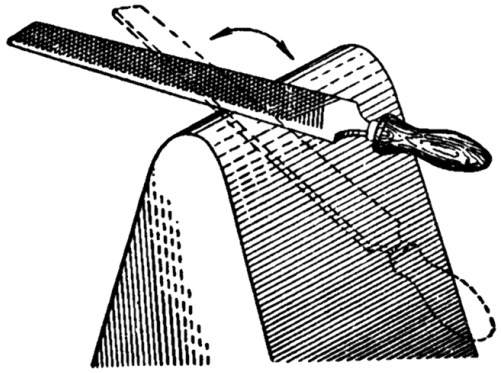


Рис. 3.361. Опиливание носка слесарного молотка

Опиливание шпонки. Опиливание пазовой шпонки производится плоским напильником. Эта шпонка имеет одну характерную особенность при опиловке необходимо получить две правильные полукруглые поверхности по ее концам. Это достаточно сложная операция, при выполнении которой совершают одну и туже ошибку, а именно, заваливают одну из сторон полукруга и саму поверхность «на конус». Объяснение такому явлению может быть связано с тем, что приходится опиливать очень небольшую площадь, и руки опиловщика все время находятся на весу, так что сбалансировать их очень трудно.

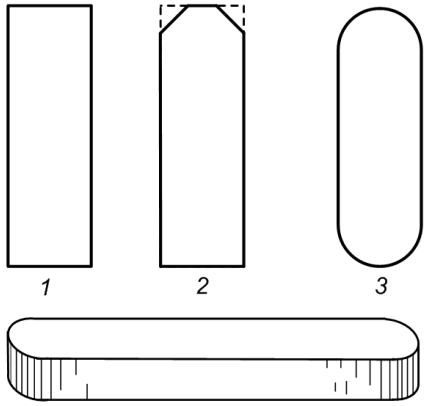


Рис. 3.362. Пазовая шпонка

Для опиливания полуокружности, зажимают шпонку в тисках под углом 45° и спиливают острый угол старым напильником приблизительно на одну треть его высоты (рис. 3.362), и равномерным покачиванием опиливают конец заготовки полукругом, рис. 3.360. Опиленный таким образом конец шпонки никогда не будет иметь завалов в ту или другую сторону и даст вполне правильную полуокружность.

При опиливании больших шпонок и вообще полукруглых поверхностей прибегают иногда к другому способу опиливания, а именно, подавая напильник вперед, в то же время описывают им полуокружность и заканчивают движение на противоположной стороне полуокружности так же, как и при перекрестном опиливании, рис. 3.363. Второй рабочий ход начинают на той стороне полуокружности, где остановился напильник, и подают его тем же порядком в обратную сторону, откуда началось движение. Такая перемена движений каждого хода напильника обеспечивает получение более правильного полукруглого профиля.

В заключение подгоняют опиливанием шпонку к соответствующему пазу; шпонка должна входить в паз легко без нажима, и садиться плотно без зазора.

Опиливание наружного контура рамки ножовки по металлу (широкие плоскости обработаны).

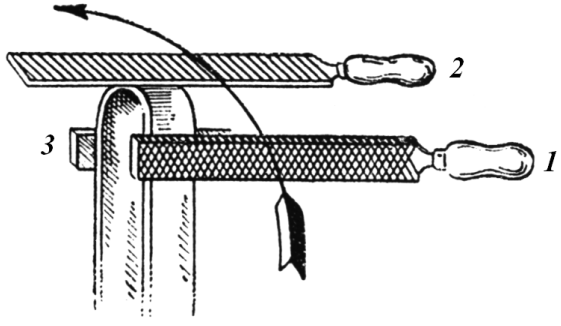


Рис. 3.363. Положение напильника при опиливании полукруглых поверхностей

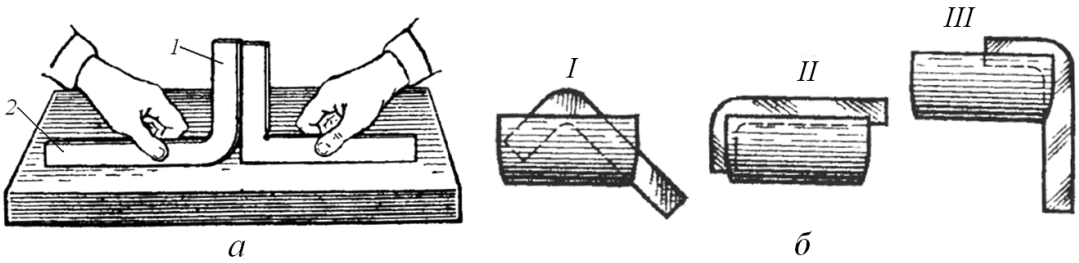
1. Узкое прямолинейное ребро *1* опиливают начисто под лекальную линейку и под угольник 90° к широкой плоскости, рис. 3.364, *а*.

2. Опиливают узкое прямолинейное ребро *2* с дополнительной проверкой расположения двух узких ребер *1*, *2* под углом 90°.

3. Выпуклую поверхность размечают по шаблону.

4. Плоским драчевым напильником предварительно опиливают часть криволинейного контура, не доходя до риски 0,3-0,5 мм, рис. 3.364, *б*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б*

Рис. 3.364. Прием проверки внешнего угла рамки ножовки (*а*) и предварительное опиливание узкой плоскости выпуклого ребра рамки (*б*): *I-III* – этапы перестановки заготовки

5. По мере опиливания криволинейной поверхности рамку переставляют в тисках. Затем весь выпуклый контур опиливают личным напильником по границам разметки. Опиливание производится перпендикулярно к плоскости опиливаемой рамки. Напильник нужно двигать не только вперед, но для снятия равномерного слоя его следует перемещать немного вправо (по направлению выпуклости). Во время работы ось напильника должна находиться в горизонтальном положении.

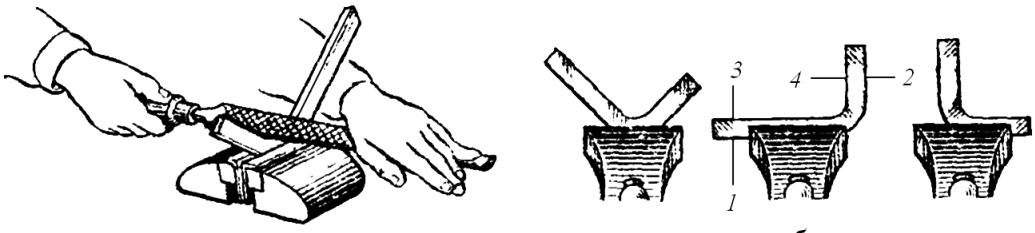
Опиливание заканчивают после того, как будет достигнута плавность перехода в местах сопряжения, плотная подгонка криволинейной поверхности по шаблону на просвет, перпендикулярность обработанных поверхностей к боковой плоскости рамки по угольнику.

Опиливание внутреннего контура рамки ножовки по металлу. Работа выполняется в следующем порядке.

1. На широкие плоскости рамки наносят риски, параллельные граням *1* и *2*, и сопрягаемую дугу (с разметкой по шаблону).

2. Рамку зажимают в тиски и прямолинейные ребра *3* и *4* опиливают до рисок с проверкой под лекальную линейку и под углом 90° к широкой боковой плоскости. Проверяют под угольник, а штангенциркулем параллельность узких ребер *1* к *3* и *2* к *4*.

3. Вогнутую поверхность предварительно опиливают полукруглым драчевым напильником, не доходя до риски разметки 0,3-0,5 мм, рис. 3.365, *а*.



а *б*

Рис. 3.365. Опиливание вогнутой поверхности: *а* – прием работы; *б* – последовательность перестановки заготовки в тисках

Опиливание вогнутой поверхности выполняется с тремя перестановками рамки в тисках, рис. 3.365, *б*. При перемещении напильника от себя его немного поворачивают вокруг оси и смещают в сторону, а при перемещении напильника к себе те же движения выполняются в обратную сторону. Такой прием обеспечивает получение плавной криволинейной поверхности.

4. Вогнутую поверхность опиливают полукруглым личным напильником с перестановкой рамки.

Опиливание заканчивают после того, как будут достигнуты плавный переход в местах сопряжений, плотная подгонка криволинейной поверхности по шаблону на просвет, перпендикулярность ребер к боковой поверхности по угольнику.

Опиливание деталей в копировальном приспособлении. Для изготовления партии деталей, одинаковых по форме и размерам, применяют кондукторы и накладные шаблоны.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Кондуктор состоит из двух закаленных рабочих пластин, имеющих точную форму обрабатываемой детали. Между пластинами кондуктора устанавливают и закрепляют заготовку.

Накладной шаблон представляет собой рабочую пластину, точно обработанную по форме и размерам изделия. Кондуктор или накладной шаблон закрепляют с одной установки на весь период опиливания контура, так как перестановка может вызвать брак в работе. Преимущество этих приспособлений состоит в том, что, что с их помощью можно обрабатывать с большой точностью одно или несколько изделий одновременно (в пакете) без разметки.

Опиливание криволинейного контура по копировальному приспособлению – рамке, рис. 3.366. Работа выполняется в следующем порядке.

Рис. 3.366. Опиливание в копировальном приспособление – рамке: *а* – прием работы; *б* – приспособление; *в* – образец детали

1. Подготавливают требуемое число заготовок, начисто обработанных по наружному периметру без вогнутых поверхностей.

2. Устанавливают заготовку (заготовки) в копировальное приспособление (рамку) обрабатываемыми поверхностями вверх.

3. Рамку с заготовкой зажимают в тисках так, чтобы часть поверхности, подлежащая опиливанию, выступала над губками тисков не более чем на 15 мм.

4. Драчевым напильником поочередно опиливают вогнутые поверхности, не доходя до рабочих криволинейных поверхностей рамки 0,3-0,5 мм.

5. Выступающие кромки заготовки окончательно опиливают личным напильником (заподлицо с криволинейной поверхностью рамки). При этом необходимо:

- в процессе опиливания вогнутых поверхностей при поступательном движении напильника вперед поворачивать его вокруг оси и немного смещать в сторону;
- заканчивать опиливание осторожно, применяя старые напильники небольшой длины, так как при соприкосновении насечки напильника с закаленными поверхностями рамки напильник притупляется;
- закончить опиливание, когда напильник перестанет снимать слой металла с обрабатываемой поверхности и скользит по ней.

Опиливание криволинейного контура по шаблону (рис. 3.367) на примере обработки наружной поверхности дужки разметочного циркуля.

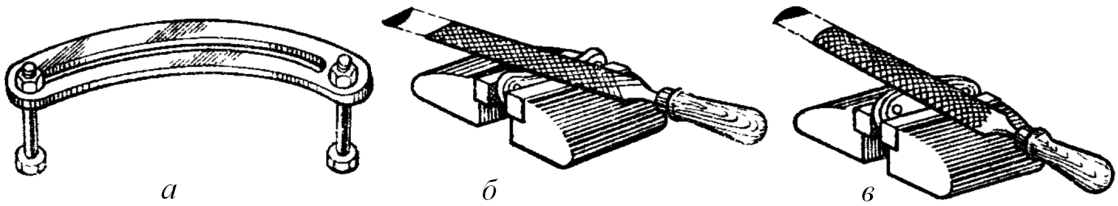


Рис. 3.367. Шаблон (*а*); опиливание вогнутой (*б*) и выпуклой (*в*) поверхности

1. На заготовке по шаблону сверлят два отверстия заданного размера и опиливают на них заусенцы.

2. Шаблон накладывают на заготовку по заранее просверленным отверстиям и винтами с гайками скрепляют заготовку и шаблон.

3. Шаблон с заготовкой зажимают в тисках так, чтобы часть поверхности, подлежащая опиливанию, выступала выше губок тисков (не менее чем на 5 мм).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4. Опиливают часть поверхности, выступающую над рабочими сторонами шаблона, не доходя до них на 0,3-0,5 мм. Опиливание производят плоским или полукруглым драчевым напильником.

5. Шаблон с заготовкой переставляют в тисках и, применяя напильники определенного профиля, выполняют обработку всего контура.

6. Окончательно весь контур опиливают личным напильником с перестановкой детали в тисках. При этом следует избегать скольжения насечки напильника по закаленной рабочей части шаблона и порчи напильника.

Во время опиливания периодически проверяют обрабатываемую поверхность по угольнику. Базой для проверки выбирают наружную плоскость шаблона. Такие измерения производят по всей длине криволинейного контура.

Опиливание шаровых поверхностей. Опиливание сферических поверхностей встречается в слесарной практике довольно редко. При опиливании шаровых поверхностей применяется тот же прием, что и при опиливании полукруглых концов, как например, пазовой шпонки, но направление движения напильника распределяют по перекрещивающимся диаметрам, т.е. опиливают равномерно покачивающимися движениями сначала в направлении, параллельном опиловщику, затем поворачивают тиски на 90° и опиливают опять в параллельном направлении, рис. 3.368.

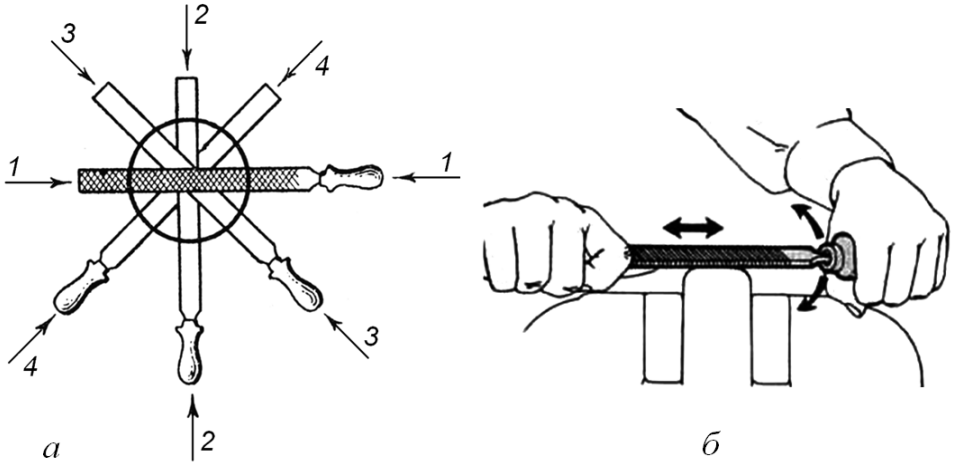


Рис. 3.368. Положение напильника на шаровой поверхности (*а*) и прием опиливания (*б*)

Таким образом, на поверхности получаются две перекрещивающиеся под прямым углом опиленные полосы или крест. Поворачивая тиски на 45° в ту или другую сторону, продолжают опиловку и получают, таким образом, второй крест, перекрещивающийся с первым. Делая, таким образом, поверхность из множества мелких частей, получают правильно опиленную выпуклость.

Опиливание цилиндрических поверхностей. Цилиндрические стержни иногда приходится опиливать для уменьшения их диаметра. Бывает и так, что из отрезка квадратного сечения опиливанием получают цилиндрическую деталь.

Опиливание цилиндрического стержня на заготовку квадратного сечения. Получить заготовку квадратного сечения из размеченной цилиндрической заготовки можно в такой последовательности.

Закрепив заготовку в тисках в горизонтальном положении, опиливают первую грань (*А*), рис. 3.369, *а*. Затем параллельно первой грани обрабатывают вторую грань (*Б*). Расстояние между гранями и их параллельность проверяют штангенциркулем. После этого опиливают третью грань (*В*) и контролируют ее положение угольником рис. 3.369, *д*. Так же обрабатывают четвертую грань (*Г*), проверяя ее положение угольником и штангенциркулем на параллельность.

Опиливание квадратного стержня на заготовку круглого сечения заключается в следующем.

1. Заготовку зажимают в тисках, опиливают торцевую поверхность под угольник и намечают керном центровую точку.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

2. Из центровой точки проводят окружность диаметром, равным диаметру *а* стержня, рис. 3.370.

3. Отмечают длину обрабатываемого стержня и с помощью угольника наносят риски на всех плоскостях квадрата.

4. Трехгранным напильником пропиливают по рискам небольшие углубления на всех плоскостях квадрата.

5. Плоским драчевым напильником последовательно опиливают все стороны стержня до размера квадрата в сечении, в которое вписана окружность стержня. Напильник располагают узким ребром без насечек в сторону выполненных углублений, чтобы не запилить поверхность уступа. Стороны сечения должны быть прямолинейными и сопряжены под углом 90°.

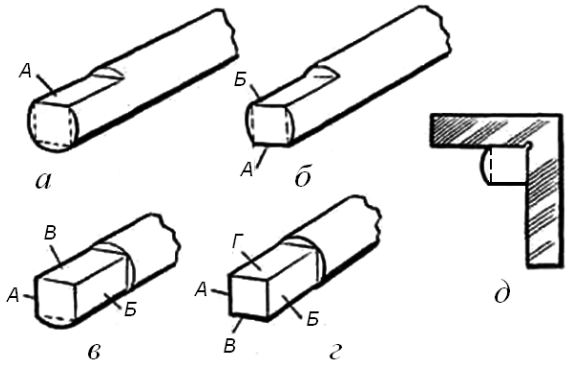


Рис. 3.369. Опиливание цилиндрического стержня на заготовку квадратного сечения: *А-Г* – грани; *а-г* – последовательность обработки; *д* – проверка угла 90° угольником

6. Плоским напильником опиливают углы призмы так, чтобы из нее получился правильный восьмигранник с прямолинейными и равными ребрами по всей длине стержня (проверка производится штангенциркулем).

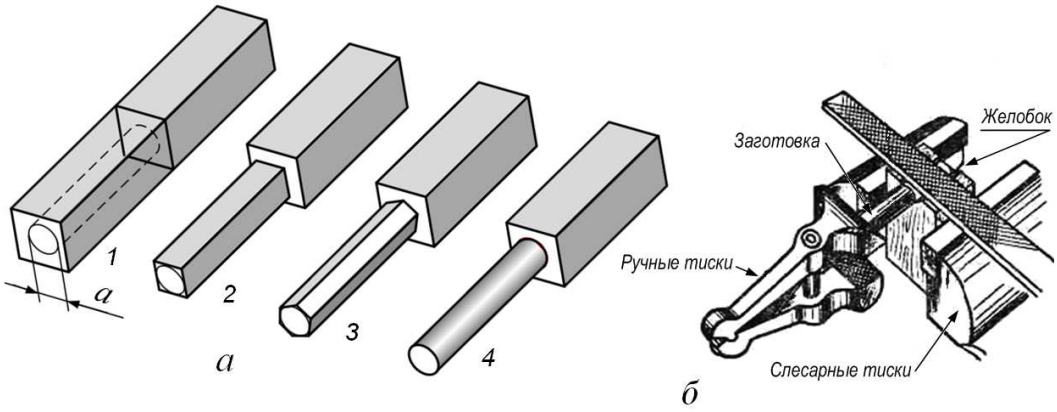


Рис. 3.370. Последовательность опиливания цилиндрической поверхности из прутка квадратного сечения (*а*) и опиливание на деревянном бруске с канавкой или желобком (*б*)

7. В тисках зажимают деревянный брусок, на верхней горизонтальной плоскости которого параллельно губкам тисков выпиливают трехгранную канавку.

8. Заготовку закрепляют квадратным концом в тисках так, чтобы весь восьмигранник выступал из их губок.

9. Ручные тиски с заготовкой берут в левую руку, опиливаемый стержень укладывают в желобок зажатого в тисках бруска, затем в правую руку берут плоский напильник с личной насечкой, кладут его на поверхность восьмигранника и приступают к опиливанию, рис. 3.369, *б*.

Опиливание выполняют, применяя приемы:

- при движении напильника от себя (рабочий ход) правая рука с рукояткой напильника поднимается вверх с одновременным давлением указательным пальцем на напильник, в это время передняя часть напильника опускается вниз, а левая рука поворачивает заготовку навстречу ходу напильника, рис. 3.371.
- при движении напильника на себя (вспомогательный ход) правая рука с рукояткой напильника опускается с ослаблением нажима указательного пальца на напильник, а левая рука поворачивает заготовку в исходное положение.

10. Опиливание чередуют с вращением заготовки до образования на стержне цилиндрической поверхности по диаметру заготовки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Опиливание круглого стержня на меньший диаметр состоит в следующем.

Торцевую часть заготовки опиливают под угольник. На торце размечают и проводят окружность заданного диаметра *d*, разметив риску на расстоянии *h* от торца, рис. 3.372, *а*.

По риске вокруг цилиндра трехгранным напильником пропиливают небольшое углубление. Заготовку зажимают в тисках горизонтально так, чтобы ее конец выступал над краем губок тисков немного больше длины изготавливаемого стержня.

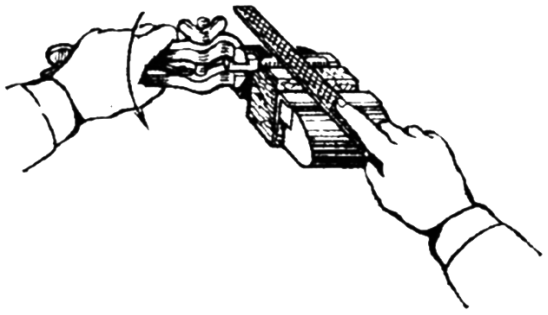


Рис. 3.371. Приемы опиливания цилиндрической поверхности на деревянном бруске

Цилиндрический стержень вначале опиливают на квадрат (в размер его сторон должен входить припуск на последующую обработку), рис. 3.372, *б*. Затем у квадрата опиливают углы и получают восьмигранник, из которого опиливанием углов получают шестнадцатигранник. Слой металла до получения четырех и восьми граней снимают драчевым напильником, а восьмигранник опиливают в шестнадцатигранник личным напильником. Проверку опиливания производят штангенциркулем в нескольких местах.

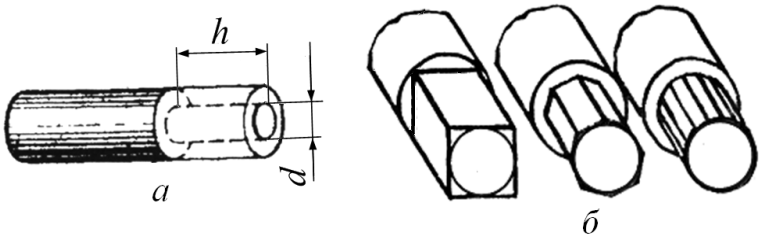


Рис. 3.372. Разметка круглого стержня под обработку (*а*) и порядок опиливания (*б*)

Окончательно опиливают цилиндрическую поверхность личным напильником, проверяя диаметр стержня штангенциркулем, а цилиндрическую сферу радиусомером. Для этого:

- при движении вперед (рабочий ход) правая рука с напильником опускается вниз, а левая рука и передняя часть напильника поднимаются вверх, рис. 3.373, *а*;
- при движении назад (вспомогательный ход) правая рука будет подниматься вверх, а левая рука с концом напильника опускаться вниз.

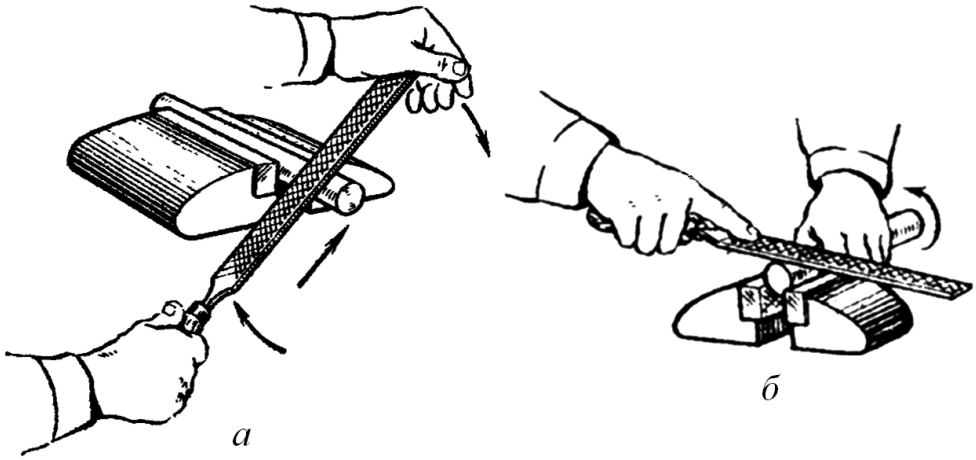


Рис. 3.373. Прием опиливания цилиндрической поверхности: *а* – в тисках; *б* – на губках тисков

Такие сложные движения при опиливании обеспечивают равномерный съем части металла с выпуклой поверхности при плавном ее закруглении.

Заготовку переставляют в тисках так, чтобы необработанная поверхность находилась в зоне работы напильника. Перестановки заготовки чередуют с опиливанием до образования стержня круглого сечения по заданному диаметру.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При опиливании деталей большого диаметра их можно удерживать левой рукой и опиливать на губках тисков, раздвинутых на расстояние немного меньше диаметра стержня, рис. 3.373, *б*.

Короткую заготовку (стержень) зажимают в тисках в вертикальном положении и опиливают, так же сильно раскачивая напильник, но уже в горизонтальной плоскости, рис. 3.384.

Для защиты напильника от соприкосновения с губками тисков, а также для опоры узкого ребра напильника при опиливании на заготовку надеть круглую шайбу или же ставить напильник на губки тисков ребром, на котором нет насечки.

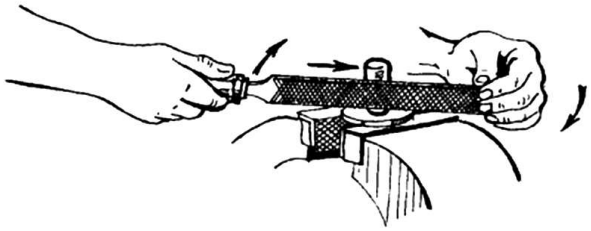


Рис. 3.374. Приемы опиливания цилиндрической поверхности на короткой заготовке

Для того чтобы необработанная поверхность разместилась в зоне работы напильником, заготовку постепенно поворачивают в тисках. Перестановку заготовки в тисках чередуют с опиливанием до образования стержня круглого сечения.

Обрабатываемую цилиндрическую поверхность зачищают личным напильником. Качество опиливания проверяют штангенциркулем, измеряя диаметр стержня не менее чем в трех местах по длине стержня.

Опиливание листового металла. Опиливание листового материала осложняется малой толщиной последнего и невозможностью вследствие этого зажать его в тиски. В этом случае поступают следующим образом. Подлежащую опиливанию деталь, например угольник, крепят на деревянной опоре с помощью деревянных планок или шпилек. Закрепление деталей на деревянной опоре показано на рис. 3.375, *а*.

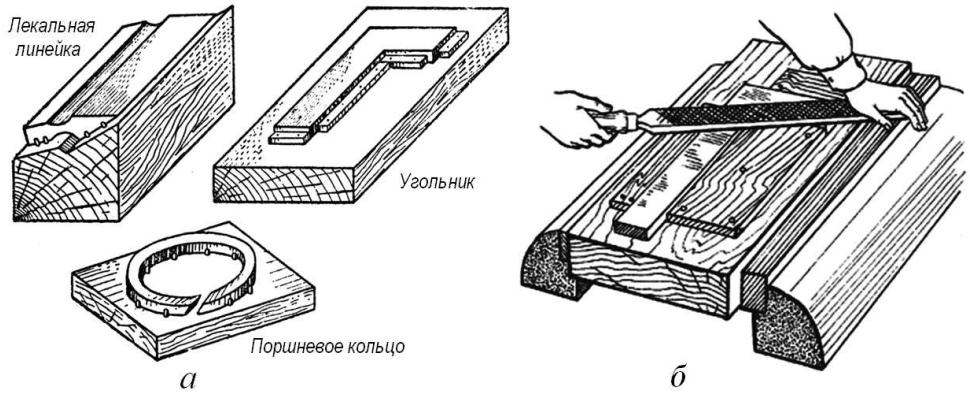


Рис. 3.375. Закрепление деталей на деревянной опоре (*а*) и прием опиливания угольника на деревянной опоре (*б*)

Сначала берут деревянный брусок с гладкой и ровной поверхностью, на котором размещают заготовку детали. Затем по периметру детали прикладывают деревянные планки и прибивают их к бруску, обеспечивая плотное прилегание боковых граней планок к боковым плоскостям детали. Толщина планок должна быть меньше толщины детали. Установив брусок с деталью в тиски, принимают рабочее положение, берут в руки плоский драчевый напильник и приступают к опиливанию, рис. 3.375, *б*.

Перекрестным штрихом опиливают одну поверхность, периодически контролируя плоскостность поверхности проверочной линейкой. Затем плоскость опиливают начисто личным напильником, окончательно проверяя ее плоскостность линейкой.

Переворачивают заготовку другой стороной, прочно закрепляют ее на деревянной опоре и в такой же последовательности опиливают вторую плоскость, периодически проверяя ее проверочной линейкой, а параллельность сторон – штангенциркулем. Припуск на дальнейшую обработку должен составлять 0,1 мм. Затем опиливают эту поверхность начисто плоским личным напильником, проверяя плоскостность и параллельность до тех пор, пока параллельные плоскости не будут подогнаны по размеру.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Опиливая узкие ребра таких деталей, их зажимают в тисках по возможности глубже и между деталью (заготовкой) и щечками губок прокладывают тонкие деревянные дощечки. Этим устраняется неплотность прилегания обрабатываемого материала к прокладкам и острый дребезжащий визг его при опиливании.

Запиливание острых концов. Запиливание острых концов, или заострение, имеет в практике слесаря довольно частое применение. Правда, его легче и удобнее производить на заточном станке, но это не всегда возможно как ввиду отсутствия соответствующего шлифовального круга, так и особенностей конструкции данной детали.

Чтобы заострить, например, четырехгранный стержень (рис. 3.376) поступают следующим образом.

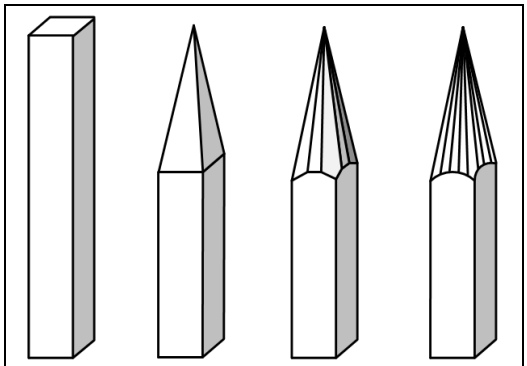


Рис. 3.376. Заострение

1. На торце стержня находят центр и накернивают его.

2. Отметив длину заостряемой части, начинают опиливать одну из сторон на конус, зажав ее в тисках. Опиливание производится до тех пор, пока опиливаемая плоскость не подойдет вплотную к накерненной ямке. В результате такого опиливания получится высокая четырехгранная пирамида.

3. Опиливая острые грани полученной пирамиды, удваивают число ее сторон до 8, 16 и т.д., пока есть возможность получать плоскости на месте ребер предыдущей пирамиды.

4. Когда деление на грани становится невозможным, запиленный стержень берут в левую руку и, поставив его наклонно на губках тисков, мелким личным напильником начинают сглаживать острые грани, все время поворачивая стержень вокруг своей оси.

В результате такого сглаживания получается ровная конусообразная поверхность с довольно точными размерами по всей своей длине, и острие этого конуса будет находиться как раз на месте керновой ямки, поставленной при разметке торца стержня.

Следует заметить, что для тщательного выполнения этой работы необходимо все плоскости запиливания делать совершенно одинаковыми между собою как по ширине, так и по длине.

Распиливание и припасовка. *Распиливанием* называется обработка отверстий с целью придания им нужной формы. Распиливание всегда выполняют в два приема: предварительный (не доходя до риски) и окончательный (в размер).

Припасовкой называется точная взаимная пригонка деталей, соединяющихся без зазоров при любых перекантовках. Припасовывают детали различной формы с открытыми и закрытыми контурами.

Пригонкой называется обработка одной детали по другой с целью выполнения соединения. Это операция широко применяется при ремонтных работах, а также при сборке единичных изделий.

Подготовка к распиливанию. Разметка заготовки: отшлифуют размечаемую поверхность наждачной бумагой; размечают отверстие согласно чертежу; кернят центры размеченных отверстий.

Сверление отверстий:

- большие разметочные отверстия (заготовки небольшой толщины): высверливают по углам насквозь отверстия; вводят в отверстие ножовочное полотно; собирают ножовку; отступив от разметочной линии на размер припуска на распиливание, вырезают сердцевину;
- средние отверстия: сверлят по контуру сверлом диаметром 3-5 мм вблизи разметочных рисок несколько отверстий, рис. 3.377, *а*;
- небольшие отверстия: сверлят одно отверстие диаметром на 0,3-0,5 мм меньше диаметра размеченной окружности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Удаление промежутков между просверленными отверстиями на изделиях толщиной до 3 мм производят вырубыванием зубилом или крейцмейселем с припуском на обработку 1,5-2,5 мм; для длинных и узких отверстий прорубывают одну или две перемычки крейцмейселем (или пропиливают круглым напильником), остальное прорезать ножовкой (рис. 3.377, *б*).

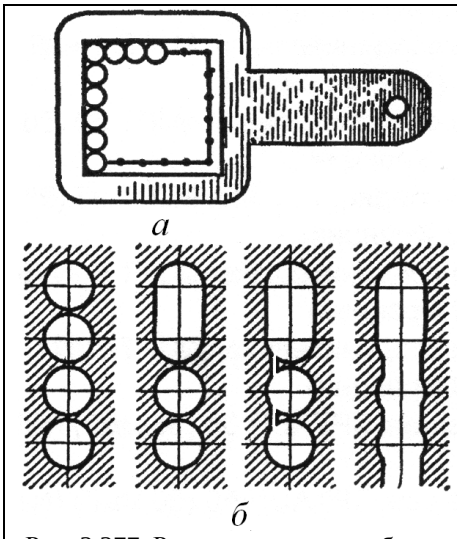


Рис. 3.377. Распиливание: *а* – обсверливание заготовки; *б* – удаление перемычек между отверстиями

Распиливание открытых контуров по разметке. В качестве примера рассмотрим распиливание открытого прямоугольного контура корпуса струбцины. Для выполнения данной операции все наружные плоскости прямоугольной заготовки должны быть предварительно обработаны под размер и угольник.

Разметку струбцины выполняют по чертежу с нанесением контрольных рисок и центров засверливания, рис. 3.378, *а*. Число отверстий выбирают из расчета получения тонких перемычек между отверстиями. Обычно выбирают сверла диаметром 3-5 мм.

Накернивают контурные линии разметки и центры засверливания. Просверливают отверстия, рис. 3.378, *б*. Затем зажимают заготовку в тисках и по контрольным рискам делают два прореза ножовкой с выходом касательно к окружности отверстий, рис. 3.378, *в*.

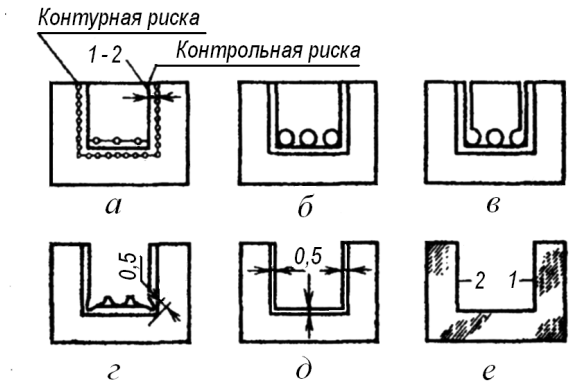


Рис. 3.378. Последовательность обработки прямоугольного проема струбцины

Все перемычки крейцмейселем прорубывают до половины толщины заготовки, используя прием рубки по уровню губок тисков, затем переворачивают заготовку другой стороной и таким же приемом прорубывают перемычки до конца, рис. 3.378, *г*.

Заготовку закрепляют в тисках открытым контуром отверстия вверх так, чтобы риска была выше уровня губок тисков примерно на 5 мм. Трехгранным драчевым напильником предварительно пропиливают два угла, не доходя до рисок 0,5-1,0 мм. После этого квадратным, полукруглым или трехгранным напильником опиливают три стороны открытого прямоугольника, оставив припуск 0,5-1,0 мм на дальнейшую обработку, рис. 3.378, *д*.

Окончательно распиливают три стороны личным напильником, чередуя распиливание с контролем углов сопрягаемых плоскостей по шаблону и параллельности сторон *1* и *2* штангенциркулем, рис. 3.378, *е*.

Распиливание отверстий, ограниченных прямыми линиями, по разметке. Кроме распиливания открытых контуров, рассмотренных выше, часто приходится выполнять работы по распиливанию отверстий различной конфигурации.

Одним из основных условий высококачественной обработки является правильный выбор напильников. Напильники выбирают по профилю сечения в зависимости от формы обрабатываемого отверстия: для квадратных отверстий – квадратные; для прямоугольных отверстий плоские и квадратные; Для трехгранных отверстий – трехгранные, ромбовидные и полукруглые; для шестигранных отверстий – трехгранные и квадратные. Напильники должны иметь ширину рабочей части не более 0,6-0,7 размера стороны отверстия, длина напильника определяется размерами опиливаемой поверхности (по длине) плюс 200 мм.

Рассмотрим распиливание квадратного отверстия по разметке на примере изготовления воротка со стороной квадрата 10 мм. Работа выполняется в следующем порядке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

1. Квадратное отверстие размечают по чертежу с нанесением контурных рисок. Накернивают контур квадратного отверстия и центровую риску, рис. 3.379, *а*.

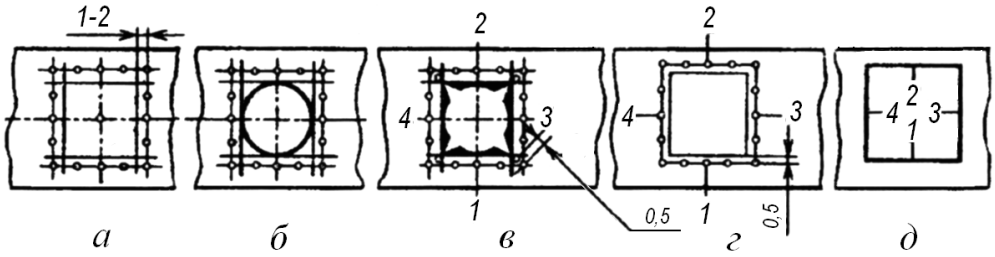


Рис. 3.379. Последовательность обработки квадратных пройм (отверстий)

2. Просверливают отверстие, с припуском на дальнейшую обработку, диаметром 8 мм, рис. 3.379, *б*.

3. Трехгранным драчевым напильником пропиливают четыре угла, не доходя 0,5 мм до риски, рис. 3.379, *в*.

4. Все стороны отверстия распиливают квадратным драчевым напильником, не доходя 0,5 мм до риски, рис. 3.379, *г*.

5. Все стороны отверстия поочередно опиливают квадратным личным напильником по риске (рис. 3.379, *д*) с периодической проверкой противолежащих сторон 1-2 и 3-4 на параллельность.

6. Подгонку сторон отверстия по квадратной головке развертки или метчика выполняют путем:

- опиливания сторон 1, 3 и 1, 4 так, чтобы параллельные ребра квадратной головки метчика входили в отверстие на глубину 1-2 мм;
- окончательной последовательной подгонкой опиливанием сторон отверстия до тех пор, пока квадратная головка плотно и без усилия не войдет в квадратное отверстие воротка без зазора.

При изготовлении воротков приходится распиливать отверстия малых размеров, совершая короткие движения концом напильника, рис. 3.380, *а*. По мере образования проймы, когда напильник войдет в отверстие, прием опиливания выполняют, как показано на рис. 3.379, *б*. При работе малым напильником в труднодоступном месте хватку напильника осуществляют, как показано на рис. 3.381.

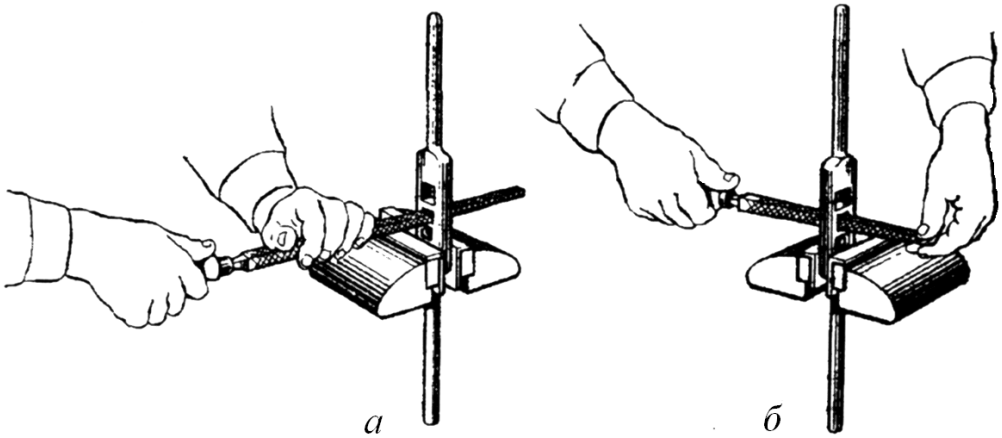


Рис. 3.380. Прием распиливания малых отверстий: *а* – концом напильника; *б* – всей рабочей частью напильника

Распиливание отверстий криволинейного контура по разметке. Иногда приходится распиливать отверстия с радиусными, овальными или сложными криволинейными контурами. Для их обработки применяют круглые и полукруглые напильники у которых радиус закругления меньше радиуса обрабатываемого контура.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

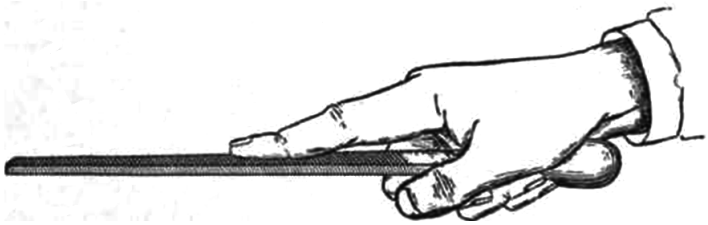


Рис. 3.381. Хватка малого напильника при распиливании в труднодоступном месте

Рассмотрим распиливание овального отверстия по разметке на примере распиливания отверстия в молотке.

1. Выполняют разметку овального контура, рис. 3.382, *а*.

2. Из центровых точек O и O_1 просверливают отверстия, рис. 3.382, *б*. Радиус сверла при этом должен быть меньше R на 0,2-0,3 мм.

3. Круглым драчевым напильником распиливают перемычку между просверленными отверстиями, рис. 3.382, *в*.

4. Овальный контур распиливают драчевыми напильниками (не доходя до риски внутреннего овала 0,5 мм), применяя на криволинейных участках круглый, а не плоский или квадратный напильники, рис. 3.381, *г*. Сначала распиливают прямолинейные, а затем криволинейные участки.

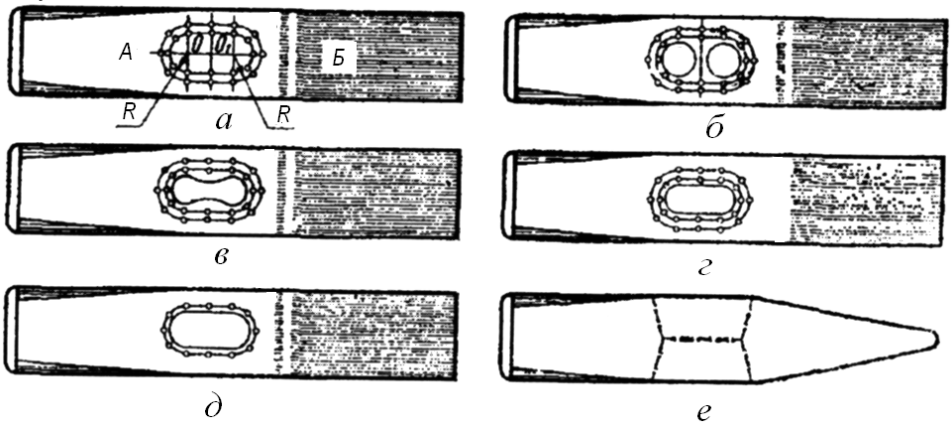


Рис. 3.382. Последовательность обработки овального отверстия

5. Распиливание криволинейных поверхностей выполняют круглым напильником с вращением его вокруг оси и одновременным перемещением в сторону по риске.

6. Личными напильниками окончательно распиливают весь контур (3.382, *д*); угольником проверяют взаимную перпендикулярность обрабатываемой и базовой поверхностей, а по шаблону (на просвет) – форму отверстия.

Затем приступают к распиливанию отверстия под двухсторонний наклон, рис. 3.382, *е*. Для разметки используют шаблон, измерительную линейку и чертилку с загнутым острием.

7. Отверстие с одной стороны предварительно распиливают драчевыми напильниками. Сначала обрабатывают прямолинейные участки квадратным напильником, затем криволинейные – круглым напильником.

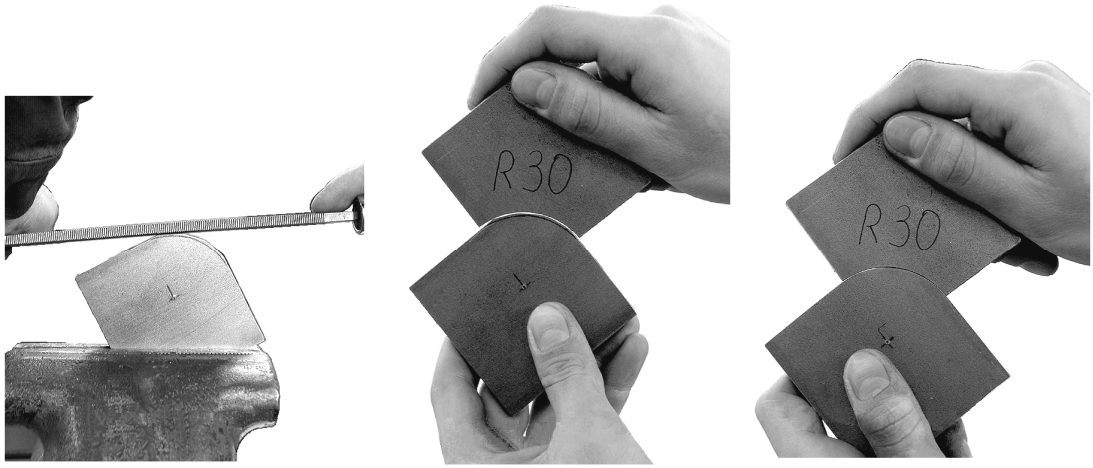
8. В той же последовательности распиливают с уклоном вторую сторону.

9. Окончательную обработку отверстия производят личными напильниками до наружных рисок. Наклон стенок отверстия проверяют шаблоном.

Припиливание и припасовка окружностей выполняется в следующей последовательности. Выполняют разметку окружности или ее части. Напильником опиливают выпуклую поверхность, не доходя 0,5 мм до риски. При опиливании напильник нужно двигать не только горизонтально вперед, но одновременно перемещать его немного вправо по расположению выпуклости для снятия равномерного слоя металла. Последовательность опиливания сочетать с перестановкой заготовки в тисках.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Опиливают поверхности личным напильником, оставляя припуск на дальнейшую обработку 0,1 мм, рис. 3.383, *а*. При опиливании необходимо обращать внимание на обработку мест сопряжения окружности.



а *б* *в*

Рис. 3.383. Опиливание и припасовка окружностей: *а* – опиливание окружности личным напильником; *б* – проверка окружности по шаблону; *в* – припасованное изделие

Припасовывают радиусный шаблон к контршаблону, при этом вставляют шаблон в контршаблон так, чтобы базовые широкие поверхности находились в одной плоскости. Обычно их располагают на куске стекла. На поверхности шаблона определяют на просвет места, которые мешают занять необходимое положение радиусному шаблону (рис. 3.383, *б*), их обрабатывают личным напильником.

Проверку по шаблону чередуют с опиливанием и со снятием заусенцев до тех пор, пока между припасованными сторонами будет равномерный узкий просвет, рис. 3.383, *в*. Изготовление шаблона заканчивают окончательной отделкой всех наружных поверхностей.

Распиливание и припасовка шаблона и контршаблона типа ласточкина хвоста. Выполнение данной работы целесообразно начинать с изготовления контршаблона, так как точность его обрабатываемых плоскостей и углов проверить легче, чем у шаблона (при изготовлении и припасовке шаблонов с полукруглым наружным и внутренним контурами вначале изготовляют деталь с внутренним контуром – пройму, а к обработанной пройме припасовывают вкладыш). Данная работа выполняется в следующем порядке.

1. Размечают и отрезают ножовкой две заготовки из листовой стали по размерам чертежа с припуском на дальнейшую обработку 1-2 мм на сторону.

2. У каждой заготовки опиливают начисто широкую и узкую стороны. Обработанные стороны принимают за базу.

3. Разметку шаблона и контршаблона выполняют по чертежу одновременно на соответствующих заготовках, рис. 3.384, *а* и рис. 3.385, *а*.

4. В точках O_1 и O_2 (рис. 3.384, *б*) и в точках O_3 и O_4 (рис. 3.385, *б*) сверлят отверстия диаметром 1,5-2 мм. Эти отверстия необходимы для высококачественной обработки углов.

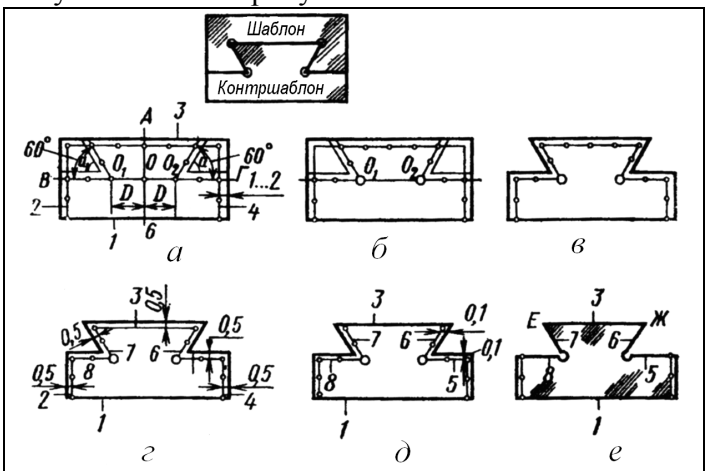


Рис. 3.383. Последовательность обработки контршаблона

5. Между точками O_3 и O_4 сверлят отверстия диаметром не более 5 мм для удаления лишнего металла, рис. 3.385, *б*. В зависимости от ширины «ласточкина хвоста»

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

число отверстий нужно брать таким, чтобы между ними получались тонкие перемычки. После этого переходят к расчлененной обработке шаблона и контршаблона.

Дальнейшая обработка контршаблона состоит в следующем.

1. Удаляют лишний металл из угловых выемок, вырезая его ножовкой (рис. 3.384, *в*), оставляя припуск на обработку 1 мм.

2. Предварительно опиливают стороны *2-4* (рис. 3.384, *г*) и плоскости *5-8*, расположенные под углами, не доходя до риски 0,5 мм.

3. Окончательно опиливают сторону *3* параллельно стороне *1* и начисто зачищают ее под размер, рис. 3.384, *д*.

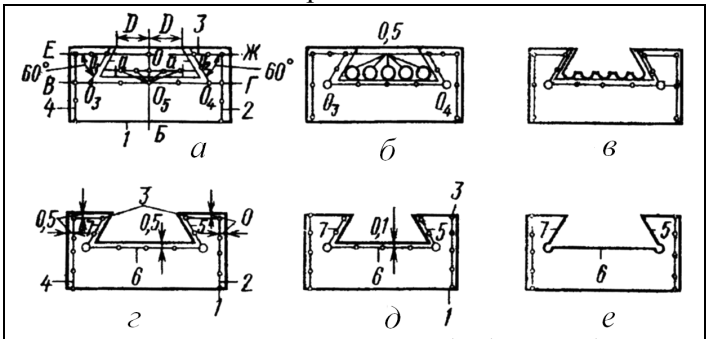


Рис. 3.384. Последовательность обработки шаблона

4. Распиливают стороны *5, 6, 7* и 8 (рис. 3.384) с припуском на дальнейшую обработку 0,1 мм, соблюдая последовательность обработки и проверки:

- сначала распиливают стороны *5* и *8* (рис. 3.384, *е*) и проводят три проверки: на прямолинейность сторон – лекальной линейкой; на перпендикулярность к боковой плоскости – по угольнику; на параллельность сторон *5* и *8* – микрометром;
- последовательно распиливают стороны 6 и 7 с проверкой на прямолинейность сторон, на перпендикулярность к боковой плоскости и проверкой угла по шаблону на просвет.

5. Окончательно обрабатывают контршаблон напильником продольным штрихом стороны *5-8* с проверкой плоскостей и углов по чертежу.

На рис. 3.386, *а* приведен прием предварительного опиливания контршаблона.

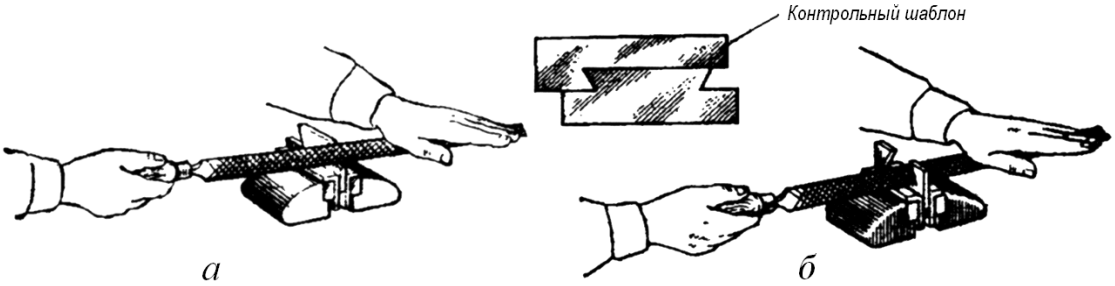


Рис. 3.396. Прием предварительного опиливания контршаблона (*а*) и шаблона (*б*)

При окончательной обработке поверхностей опиливанием используют надфили соответствующего профиля.

Дальнейшая обработка шаблона заключается в следующем.

1. По контрольным рискам делают два прореза ножовкой с выходом в отверстия, а затем круглым напильником распиливают перемычки между отверстиями для удаления лишнего металла, рис. 3.385, *в*.

2. Предварительно опиливают наружные стороны *2-4*, а затем распиливают внутренние стороны *5-7*, не доходя 0,5 мм до риски, рис. 3.385, *г*.

3. Окончательно личным напильником опиливают сторону *3* параллельно стороне *1* с проверкой на прямолинейность, перпендикулярность и параллельность, рис. 3.385, *д*.

4. Затем распиливают напильником стороны *5-7* с припуском на дальнейшую обработку 0,1 мм с периодической проверкой всех сторон на прямолинейность, перпендикулярность к боковой стороне, рис. 3.385, *е*. Параллельность сторон контролируют штангенциркулем, а углы – контрольным шаблоном.

5. Припасовывают шаблон к контршаблону:

- шаблон накладывают на контршаблон и с небольшим усилием нажимают на него;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- проверяют плотность соединения плоскостей и углов на просвет; процесс подгонки чередуют с накладыванием шаблона на контршаблон, определяя на просвет, несколько раз до тех пор, пока шаблон без большого усилия войдет в контршаблон с перекантовкой.

6. После окончания припасовки выполняют окончательную обработку наружных поверхностей под размер.

Ручное распиливание, пригонка и припасовка – очень трудоемкие операции. Однако при выполнении слесарно-сборочных, ремонтных работ, а также при окончательной обработке деталей, полученных штамповкой, выполнять эти работы приходится вручную. Применение специальных инструментов и приспособлений (ручные напильники со сменными пластинками, напильники из проволоки, покрытые алмазной крошкой, опиловочные призмы и т.п.) повышает производительность труда при распиливании и припасовке.

Припиловка по месту. Припиловка по месту является одной из труднейших операций при работе напильником. Основной погрешностью, мешающей правильно произвести припиловку, является отсутствие терпения у опиловщика. Дело в том, что припиливаемая деталь должна входить в другую или под действием собственной массы или при незначительном усилии рук работающего. Это общее правило сборки для движущихся деталей, которое недостаточно твердо помнят некоторые слесари-сборщики.

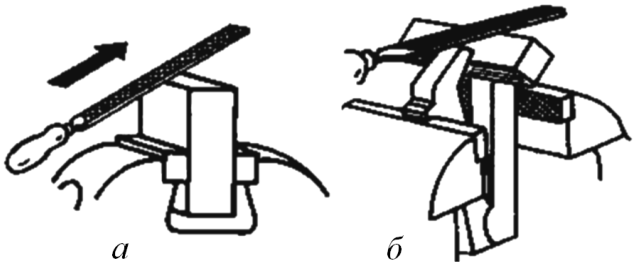
Довольно часто стараются насильно протолкнуть недостаточно свободно движущуюся деталь с надеждой на то, что она «приработается». В результате такого насильного пропихивания детали на ее поверхности или на поверхности той детали, куда входит первая, образуются расширения, вмятины, задиры и царапины, которые бывает очень трудно удалить, а порой приходится выбраковывать детали как испорченные.

При пригонке деталей главной помехой обычно служат ребра и углы припиливаемых плоскостей, которые необходимо терпеливо и методически поправлять до тех пор, пока пригоняемые детали не будут входить свободно. Если такое соединение не просматривается на свет, то опиловку нужно вести под краску. Примером этому может служить припиливание клиньев к суппортам различных станков.

При примерках детали на поверхности ее от движения или давления появляются блестящие пятна-блики, которые указывают на то, что именно это место и мешает движению детали. Снимая блестящее место, вновь проверяют соединение и опиливают новый блик на другом месте и так до тех пор, пока деталь не будет окончательно припилена. Разумеется, что одна из пригоняемых деталей должна быть припилена совершенно точно по размеру, указанному на чертеже.

При всех опиловочных работах, а на сборке машин и станков в особенности, необходимо соблюдать одно «золотое правило» слесарного искусства – никогда не оставлять острых ребер, а всегда сглаживать их, потому что, во первых, ни в одной машине, ни в одном станке не возникает необходимость в подобного рода углах, а, во-вторых, острые углы могут поранить руки и послужить причиной появления задиров и заусенцев, могущих испортить изделие.

Такое сглаживание ребер не следует путать со снятием фаски. Мерой, определяющей нормальное сглаживание, является чувство осязания – если, проводя пальцем по ребру, не будите чувствовать ощущения режущего лезвия, сглаживание будет достаточным. Обычно для такого сглаживания применяются личные плоские и полукруглые напильники размером от 100 до 150 мм. На рис. 3.387 приведены приемы сглаживания ребер изделия.



а *б*

Рис. 3.387. Сглаживание ребер в тисках (*а*) и ручных косогубых тисочках (*б*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Отделка обработанной поверхности. Опиливание поверхности обычно заканчивается ее отделкой, которая производится различными способами. В слесарном деле поверхности отделывают личным и бархатным напильником, бумажной или полотняной абразивной шкуркой, абразивными брусками. Отделка напильниками производится поперечным, продольным и круговым штрихом, рис. 3.388.

Чтобы получить в результате отделки гладкую и чистую поверхность, очень важно не допускать на ней глубоких царапин при доотделочном опиливании. Так как царапины получаются от опилок, застрявших в насечке напильника, необходимо во время работы насечку чаще прочищать и натирать мелом. Еще более тщательно надо прочищать и натирать мелом (а при опиливании алюминия – стеарином) насечку отделочных напильников, особенно при работе по вязким материалам.

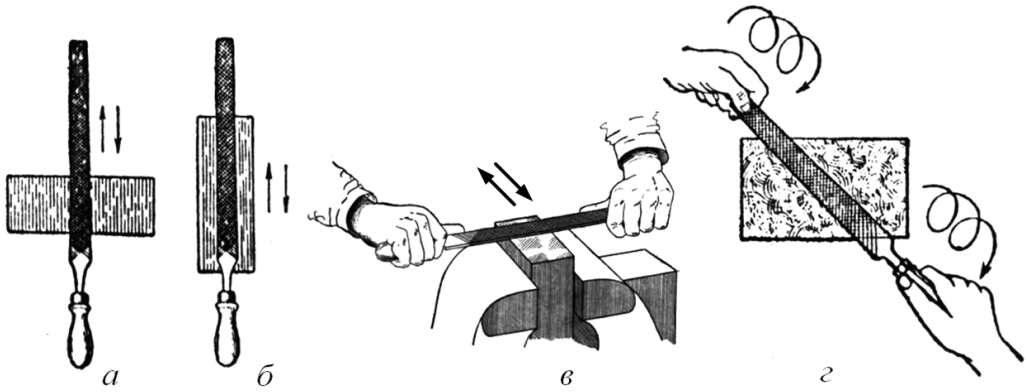


Рис. 3.388. Отделка поверхности напильником: *а* – поперечным штрихом; *б-в* – продольным штрихом; *г* – круговым штрихом

После отделки напильником поверхность обрабатывают абразивными брусками или абразивной шкуркой (мелкими номерами) всухую или с маслом. В первом случае получают блестящую поверхность металла, во втором – полуматовую. При отделке меди и алюминия шкурку следует натирать стеарином. Обработка плоской поверхности шкуркой требует умения, неправильная работа шкуркой может привести к порче изделия.

Для отделки поверхностей используют также деревянные бруски с наклеенной на них абразивной шкуркой, рис. 3.389. Иногда шкурку накладывают на плоский напильник (в один слой) или же натягивают на напильник полоску шкурки, придерживая ее при работе, как показано на рис. 3.389, *в*.

При отделке криволинейной поверхности, а также в случаях отделки прямолинейной поверхности, когда возможный небольшой завал краев не будет считаться браком, шкурку навертывают на напильник в несколько слоев, рис. 3.389, *г*.

Чернение, воронение и коричневая окраска изделий. Многим стальным изделиям нежелательно придавать по каким-либо соображениям блестящую поверхность или покрывать их никелем, но в то же время нужно защитить их от коррозии и одновременно придать гладкий и чистый вид. Это достигается при помощи чернения.

Для наведения черного цвета чисто обработанные изделия кладут в муфельную печь и нагревают до температуры 400-500 °С, после чего их окунают в отработанное масло, которое пригорает к раскаленным поверхностям. Если чернение получается недостаточно чистым, тогда приставшее масло обжигают новым прокаливанием. После остывания поверхность приобретает красивый черный цвет, с матовым блеском, предохраняющим в дальнейшем от появления на поверхности ржавчины.

Если чернение должно быть особенно тщательным тогда вместо масла применяют жидкий воск.

Коричневая окраска изделий имеет ту же цель, что и чернение, т.е. для защиты металлических частей от коррозии. Для коричневой окраски стальные изделия покрывают в холодном состоянии раствором хлористого железа и железного купороса. Таким образом, искусственно, как бы наводится обыкновенная красно-бурая ржавчина. После этого изделия проваривают в воде, отчего эта «ржавчина» получает красивый темный цвет.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

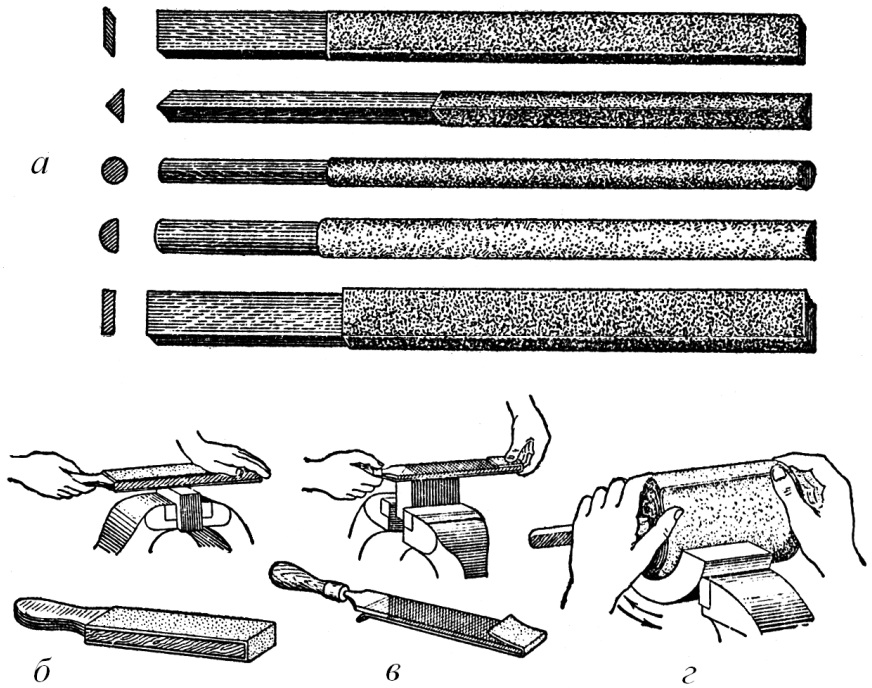


Рис. 3.389. Отделка опиленных поверхностей: *а* – деревянные бруски с наклеенной наждачной бумагой; *б* – отделка поверхности детали деревянным бруском с наклеенной наждачной бумагой; *в* – отделка абразивной бумажной шкуркой, натянутой на напильник; *г* – отделка вогнутой поверхности абразивной шкуркой

Воронение. Стальные части воронят путем нагревания их в блестящем (полированном) и вычищенном виде в песочной ванне на открытом пламени. Нагретые до 300°С, они приобретают темно-синий цвет. Для большей прочности их обычно еще покрывают бесцветным лаком.

Часто изделия из стали и других металлов, которым хотят придать чистый и красивый цвет, можно воронить искусственно. Искусственное воронение заменяет естественный синий цвет отпуска, который можно вызвать только у стали. Получают его опусканием изделий в холодном состоянии в уксуснокислый раствор окиси свинца. При этом предварительно изделие необходимо хорошо очистить.

3.5.4 Контроль качества опиливания

Контроль качества опиливания заключается в постоянной проверке опиливаемой плоскости. Чтобы убедиться в правильном опиливании плоскости, необходимо время от времени проверять ее проверочной линейкой на просвет. Если линейка ложится на плоскость плотно, без просвета, то это значит, что плоскость опилена чисто и правильно. Если обозначается ровный по всей длине линейки просвет – плоскость опилена правильно, но грубо. Такой просвет образуется оттого, что насечка напильника оставляет на поверхности металла незаметные бороздки и линейка опирается на их выступы.

На неправильно опиленной плоскости при наложении линейки обнаруживаются неровные просветы, что будет указывать на наличие отдельных крупных выступов и впадин.

Проверка на просвет производится по всем направлениям контролируемой плоскости: вдоль, поперек и с угла на угол, т.е. по диагонали. Для этого с поверхности заготовки щеткой или тряпкой удаляют опилки и вынимают заготовку из тисков. Затем, взяв линейку в правую руку, осторожно прикладывают ее перпендикулярно обрабатываемой поверхности.

Линейку держат тремя пальцами правой руки – большим, указательным и средним. Нельзя перемещать линейку по проверяемой плоскости, она от этого изнашивается и теряет

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

прямолинейность. Чтобы переместить линейку, ее нужно приподнять и осторожно наложить на новое место. Контроль осуществляется в нескольких местах, держа заготовку на уровне глаз и проверяя равномерность просвета, рис. 3.390.

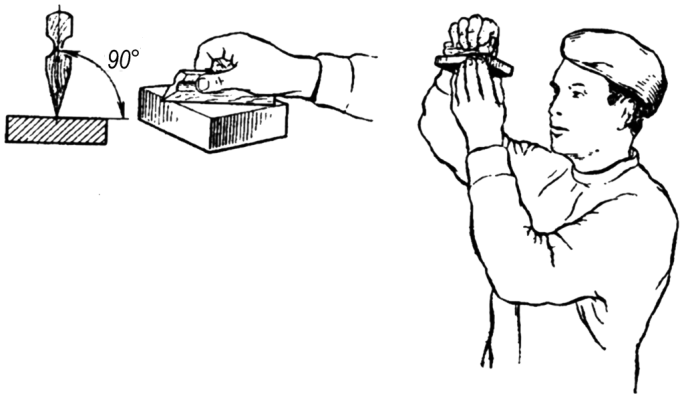


Рис. 3.390. Положение линейки при проверке плоскости поверхности заготовки

Опиловка поверхностей в изделиях с одной стороны встречается не очень часто. В большинстве изделий опиливается несколько плоскостей, расположенных под разными углами друг к другу. Каждая из таких плоскостей может быть очень точно опилена под линейку, но под углом к другим плоскостям она может быть неверной. Для проверки расположения этих плоскостей под заданным углом, например в 90°, применяются стальные каленые и точно выверенные угольники.

Угольниками пользуются лишь тогда, когда одна из плоскостей точно выверена лекальной линейкой и может служить базой для дальнейших измерений и проверок.

Измерение осуществляется следующим образом. Правой рукой берут угольник за длинное плечо и прислоняют его ребром к опиливаемой плоскости. Затем плавно опускают вниз так, чтобы его короткое плечо легло на другую ранее опиленную плоскость, перпендикулярную измеряемой. При этом указательным пальцем нажимают на внешнее длинное ребро угольника, стараясь пригнать его плотнее к опиленной плоскости, а большим и средним пальцами тянут его вниз, держа за широкие стороны, рис. 3.391, *а*.

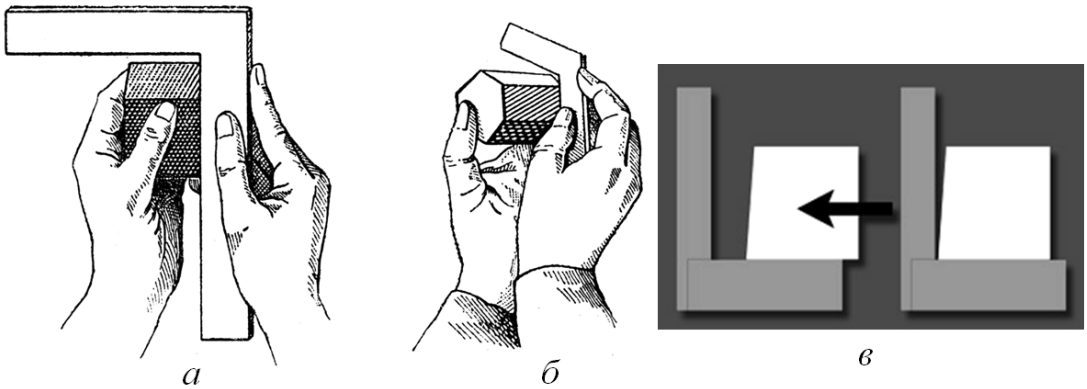


Рис. 3.391. Проверка внешнего угла сопряжения опиленных плоскостей и хватка угольника: *а* –прямого угла; *б* – угла 120°; *в* – не перпендикулярности сторон

Если сторона, расположенная по верхнему ребру угольника опилена правильно, то между угольником и плоскостью будет ровный просвет или совсем не будет просвета. В случае неправильного опиливания угольник коснется либо только середины боковой стороны (если эта сторона выпуклая), либо какого-нибудь края (если боковая сторона косая), рис. 3.391, *в*. Наличие брака сразу определится большим просветом также как и при проверке под линейку.

Угольник прикладывают в нескольких местах поверхности. При этом следят за тем, чтобы угольник не наклонялся ни в ту, ни в другую сторону, а плотно прилегал к изделию всей поверхностью своих ребер.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таким же образом можно пользоваться и другого вида угольниками, например, угольником в 120° при опиловке шестигранника, рис. 3.391, *б*.

Для наружных и внутренних измерений используют штангенциркуль с точностью измерений 0,1-0,05 мм (в зависимости от точности обрабатываемой детали).

Для наружного замера, измеряемую деталь помещают между рабочими поверхностями длинных губок, слегка поджимая ее к неподвижной губке, рис. 3.392, *а*. Затем небольшим усилием большого пальца правой руки перемещают подвижную губку до соприкосновения с деталью и закрепляют положение рамки стопорным винтом. По окончании измерения осторожно снимают с детали штангенциркуль и отсчитывают по нониусу размер.

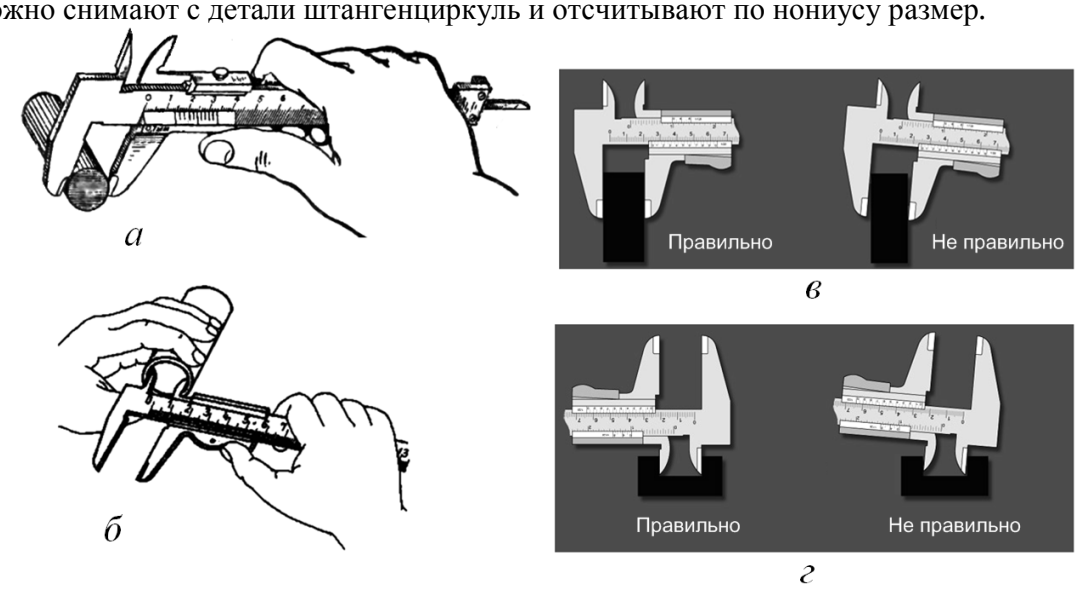


Рис. 3.392. Приемы измерения штангенциркулем: *а* – наружное измерение; *б* – внутреннее измерение; *в-г* – положение штангенциркуля при измерении

Размеры паза или отверстия у деталей измеряют короткими губками, рис. 3.391, *б*. Губки вставляют в отверстие (паз), раздвигая их до полного соприкосновения со стенками отверстия и фиксируя положение рамки стопорным винтом (следует особо тщательно найти положение губок, чтобы размер, установленный на штангенциркуле, соответствовал размеру детали), рис. 3.392, *в-г*. По окончании измерений штангенциркуль снимают с детали, и результат измерения считывают по нониусу.

Очень часто при опиловке возникает необходимость выдержать параллельность опиливаемых плоскостей. Параллельные плоскости в любом месте должны иметь между собой одинаковое расстояние. Наиболее употребимым инструментом для контроля этой работы служит кронциркуль и штангенциркуль, рис. 3.393.

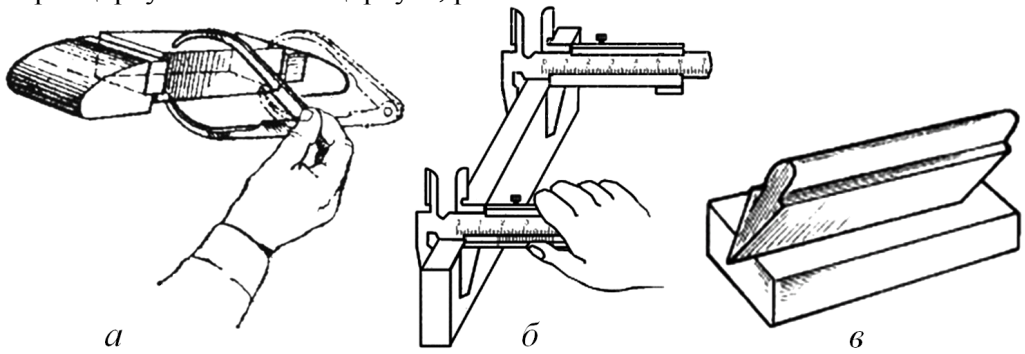


Рис. 3.393. Контроль параллельности плоскостей: *а* – кронциркулем; *б* – штангенциркулем; *в* – лекальной линейкой

Следует подчеркнуть, что каждому слесарю необходимо упражняться в совершенствовании своего осязания при измерениях, потому что «деревянная рука» – рука, слабо различающая небольшие сопротивления, которые встречаются при скольжении ножек указан-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ных инструментов по опиленной поверхности, может подвести опиловщика, и он не сможет выполнить точную работу качественно.

При измерении кронциркулем необходимо брать инструмент пальцами за шарнирное соединение, рис. 3.394, *а*. Такая хватка обеспечивает неизменную ширину раздвижения ножек кронциркуля, будучи свободной, обладает большой чувствительностью. При измерении кронциркулем необходимо обращать внимание на то, чтобы ножки были достаточно остры, а шарнирное соединение не было слишком свободным или слишком тугим.

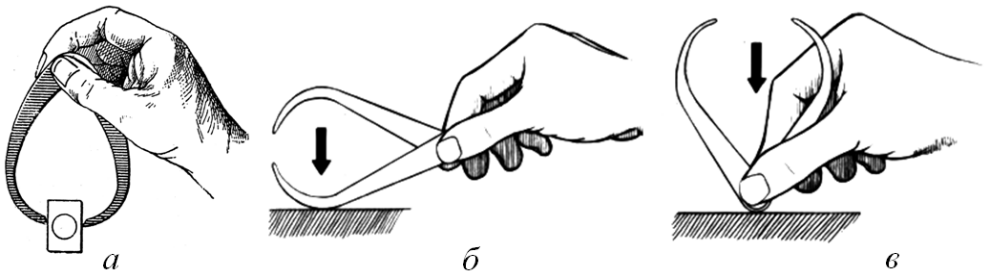


Рис. 3.394. Хватка кронциркуля (*а*) и установка ножек на определенный размер (*б-в*)

Установка раствора ножек кронциркуля на определенный размер (рис. 3.394, *б-в*) производится легким постукиванием одной из ножек по какому-нибудь твердому предмету. Ножки кронциркуля нужно устанавливать на детали так, чтобы их концы находились друг против друга. При косо установленных ножках, смещениях и наклонах проверка дает неверный результат.

Техника проверки следующая. Установив раствор ножек кронциркуля точно по расстоянию между плоскостями в каком-нибудь одном месте, перемещают кронциркуль по всей поверхности. Раздвинутые ножки кронциркуля должны входить на плоскость свободно без вертикального раскачивания и без усилия со стороны руки.

Две плоскости могут считаться параллельными между собой, если ножки перемещаемого кронциркуля скользят по ним в любом направлении с легким трением и равномерно.

Если при перемещении кронциркуля между его ножками ощущается зазор, то это значит, что в этом месте расстояние между плоскостями меньше. Если же кронциркуль перемещается туго, это значит, что расстояние между плоскостями в данном месте больше, чем в других местах.

Проверив, таким образом, всю плоскость, можно найти на ней границы, определяющие размер и форму неровности. Проверяя эту неровность лекальной линейкой, можно совершенно точно убедиться, какое именно место обрабатываемой поверхности необходимо снять для достижения параллельности.

Проверка параллельности по штангенциркулю ничем, кроме большей точности, не отличается от проверки кронциркулем. Как при работе кронциркулем, так и при работе штангенциркулем необходимо строго соблюдать одно правило: *никогда не пытаться насильно продвинуть кронциркуль или штангенциркуль дальше того места, на котором обнаружилось затруднение хода*.

Контрольные вопросы

1. Какие виды напильников вы знаете и каково их назначение?
2. Как подобрать напильник по длине для выполняемой работы?
3. Почему заваливается плоскость в стороне, обращенной к опиловщику?
4. Отчего получаются неровности на опиливаемой поверхности?
5. Для чего применяется перекрестная опиловка?
6. Какие части тела должны участвовать при работе напильником?
7. Чем и как производится проверка опиливаемых плоскостей на прямолинейность, сопряженных под углом 90°?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

8. Назовите приемы опиливания выпуклых и вогнутых поверхностей? Чем проверяют их форму?
9. Как выполняют опиливание деталей с применением наметок, рамок и кондукторов?
10. Какая операция называется распиливанием и в каких случаях она применяется?
11. Какими способами можно удалить часть металла для получения контура на детали (проема или отверстия), подлежащего распиливанию?
12. Чем проверяется точность распиленного отверстия или проймы?
13. В какой последовательности выполняют разметку для припасовки двух деталей (шаблона и контршаблона)?
14. Каким способом производят проверку точности припасовки шаблона и контршаблона?
15. По каким признакам судят о правильной припасовке?
16. Какие механизированные инструменты применяются при обработке поверхностей?
17. Назовите способы и приемы отделки поверхности?

3.6 Абразивная обработка металла

3.6.1 Безопасность труда при абразивной обработке

Абразивная обработка металла является источником повышенной опасности. Острые грани деталей, инструмента и стружки могут вызвать при случайном контакте с ними порезы рук и их нагревающиеся при обработке поверхности могут стать причиной ожогов. Образующаяся в процессе обработки стружка может вызвать тяжелые травмы глаз. Травмировать могут также подвижные и вращающиеся части станков и шлифовальных инструментов.

При работе со шлифовальным инструментом необходимо соблюдать большую осторожность и аккуратность. Длинные волосы подвязывают, скрепив их сзади, и не используют незакрепленные предметы одежды: галстуки и ювелирные украшения. Запрещается работать в тапочках, сандалиях, босоножках и т.п.

Размещенные на станках защитные приспособления должны использоваться по назначению и иметь исправное состояние и доступное размещение.

Если станок или заготовка движутся с ручной подачей, необходимо пользоваться рукавицами и носить подходящую одежду. Для рукавиц рекомендуется степень защиты согласно стандарту EN 388, категория 2.

После отключения станка следует дождаться полной остановки шлифовального (наждачного) круга, прежде чем оставлять его без присмотра.

Обращение со шлифовальным инструментом нуждается в крайней аккуратности, так как его можно легко повредить. Перед использованием его следует проверить на наличие повреждений.

Хранить шлифовальный инструмент следует так, чтобы исключить вредное воздействие на него атмосферы, в первую очередь повышенной влажности ее, минусовых температур и больших колебаний, а также механические повреждения.

Абразивные изделия на гибкой основе следует хранить при 18-22 °С и относительной влажности воздуха не более 45%. Абразивные ленты следует хранить на прутке или крюке диаметром не мене 50 мм.

В процессе установки абразивного инструмента на станок или шлифовальную машинку нельзя применять силу. Не допускается слишком сильно затягивать зажимное приспособление. После каждого закрепления в течение как минимум 30 с проводить пробный пуск на рабочей скорости с надежно закрепленным защитным кожухом. Находиться при этом возле станка нужно так, чтобы при возможной поломке обломки не могли попасть в человека.

Заготовка должна быть закреплена надежно и надлежащим образом, а опора заготовки должна быть правильно отрегулирована и прочно зафиксирована.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Запускать станок следует только тогда, когда между заготовкой и шлифовальным инструментом отсутствует контакт.

В процессе работы необходимо: избегать механических повреждений абразивного изделия в результате воздействия усилий или ударов, а также нагрева.

Осуществлять шлифование исключительно тем инструментом, который предусмотрен для этого. Избегать шлифования краями абразивных лент, используя по возможности их середину.

Применять средства для защиты глаз во всех процессах шлифования. Для ручного шлифования рекомендуются защитные очки или средства для защиты лица.

Все сухие процессы шлифования должны оснащаться подходящими пылесосными системами. Вдыхание шлифовальной пыли может повредить легкие человека.

Не допускается работа шлифовальным инструментом вблизи горючих материалов.

Защитные кожухи должны быть отрегулированы таким образом, чтобы от изделия отводились все искры и абразивные частицы.

Рабочие процессы со шлифовальным инструментом имеющим ручную подачу могут вызвать травмы в результате вибрации.

Работая с заготовкой и с переносным инструментом не следует держать их слишком сильно и не надавливать с большим усилием на шлифовальный инструмент.

Применяя абразивные ленты необходимо помнить о следующем:

- проверить, соответствуют ли параметры и размеры ленты шлифовальному станку и типу их применения. Соблюдать указания производителя шлифовального станка;
- убедиться, что люди находящиеся вблизи защищены от угроз, которые вызывают стружки, искры, газы, пыль, а также шум. Процессы обработки абразивными лентами могут также вызывать появление большой концентрации пыли, газа или тумана. Это может повлечь за собой не только угрозу для здоровья, но также риск взрыва.

Абразивные ленты могут разрываться. Поэтому необходимо принять меры, обеспечивающие защиту от разрыва ленты. К таким мерам относятся обеспечение защиты на станке и индивидуальные средства защиты.

По мере возможности ленту необходимо нагружать плоско в ее центральной части. Избегать сильной точечной нагрузки, например остроконечными предметами или с резко выступающими краями, а также шлифования краями.

Избегать перегрузки и перегрева ленты из-за слишком сильного нажима.

Систематически проверять ленты, не допуская чрезмерного износа, а также появления возможных повреждений (например, разрывы на краях, разрыва или сильного износа в месте соединения). В случае обнаружения повреждений инструмент следует незамедлительно поменять.

При работе на шлифовальных и заточных станках основную опасность представляет разрыв шлифовального круга. Кроме того, возможно поражение кожи и глаз рабочего мелкими раскаленными отлетающими частицами шлифовального круга, а также захват неогражденными вращающимися частями станка одежды и волос рабочего.

При недостаточно надежном креплении шлифуемые детали могут сорваться и ранить рабочего.

Во время работы на шлифовальном или заточном станке рабочий должен стоять сбоку, а не напротив круга. При сухом шлифовании необходимо надевать защитные очки. Следует оберегать шлифовальный круг от ударов. Соприкосновение с обрабатываемой деталью должно быть плавным, без лишнего нажима. При наличии вибрации шлифовального круга работать на нем не разрешается.

При обработке мелких деталей с ручной подачей рабочему необходимо надевать на руки кожаные или резиновые напальчники для предохранения пальцев рук от ранения и пользоваться при этом подручником. При остановке станка нельзя тормозить шлифовальный круг руками. Не допускается также тормозить вращающийся круг нажимом на него каким-либо предметом. Не разрешается правка абразивного круга зубилом или другим ударным инструментом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Запрещается работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами без резиновых напальчников.

До установки детали на станок необходимо осмотреть шлифовальный круг, нет ли на нем заметных трещин и выбоин, имеется ли прокладка между зажимными фланцами и кругом, не ослаблены ли гайки, зажимающие фланцы.

На станок можно устанавливать только испытанные или сертифицированные круги. Испытание кругов производится на специальных испытательных станках обученными для этого рабочими.

Шлифовальный круг, установленный на станок, должен быть закрыт ограждением и подвергнут кратковременному вращению вхолостую на рабочей скорости. Затем следует проверить центровку круга и шпинделя (отсутствие биения); убедиться, легко ли перемещаются шлифовальная и задняя бабки и пиноль.

Диаметр отверстия круга должен быть больше диаметра посадочного места на шпинделе или переходной втулке на:

- 0,1-0,8 мм – для кругов с отверстием до 100 мм;
- 0,2-1,0 мм – для кругов с отверстием от 101 до 250 мм;
- 0,2-1,2 мм – для кругов с отверстием более 250 мм.

Зажимные фланцы должны быть одинаковыми и диаметром не менее 1/3 диаметра круга, с кольцевой выточкой глубиной не менее 0,5 мм и шириной прижимных поверхностей кольца от 1 до 5 мм для кругов диаметром от 10 до 135 и от 6 до 25 мм для кругов диаметром от 150 до 1100 мм.

Между фланцами и кругом необходимо ставить прокладки из картона или резины толщиной 0,5-1,0 мм в зависимости от диаметра круга. Прокладки должны выступать из фланца не менее 1 мм по всей окружности.

При установке и закреплении обрабатываемой детали на плоскошлифовальном станке следует крепить деталь только специальными упорными и прижимными планками, размещая их на равных расстояниях друг от друга; все упорные планки ставить ниже обрабатываемой поверхности, чтобы круг мог свободно проходить над ними; крепежные болты располагать как можно ближе к месту прижима детали, а крепящие планки – под прямым углом к детали (резьба крепежных болтов должна быть исправной); для крепления деталей не применять случайных, неприспособленных планок и прокладок; при установке детали проверить правильность ее расположения (не задевает ли деталь при движении за выступающие части станка) путем ручного перемещения стола, а если это невозможно (при крупных деталях) – с помощью масштабной линейки.

У станков с электромагнитными плитами должны быть блокирующие устройства, выключающие движение стола и вращение шлифовального круга при прекращении подачи электроэнергии на электромагнитную плиту.

При работе на станках с движущимся столом необходимо соблюдать следующие правила: не допускать установки каких-либо предметов с торцов станка, чтобы к ним не прижало людей движущимся столом; не допускать людей в опасную зону «вылета» стола, требовать ее ограждения (в виде перекрытия под столом станка); у быстроходных станков большой мощности с движущимся столом следить за исправным состоянием механизма зацепления; не прикасаться к движущейся обрабатываемой детали и шлифовальному кругу до полного их останова.

При ручной подаче подавать круг или инструмент на круг плавно, без рывков и резкого нажима. Не допускать работу боковыми поверхностями круга, если круг не предназначен специально для такого вида работ. Запрещается применять рычаги для увеличения нажима на круг.

При работе шлифмашинками необходимо соблюдать следующие меры безопасности.

Работать с защитным кожухом в защитной маске (очках).

В условиях высокой запыленности использовать респиратор.

Не прилагать больших усилий на обрабатываемую поверхность во избежание перегрузки и заклинивания круга.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Не допускать натягивания, перекручивания и попадания под различные грузы соединительного провода, соприкосновения его с горячими и масляными поверхностями. При повреждении провода, сразу же отключить шлифмашинку от сети.

Крепко держать электроинструмент обеими руками и работать только в устойчивом положении, всегда сохранять равновесие тела. Не работать лежа, на коленях и сидя на корточках.

Соблюдать направление вращения рабочего диска. Всегда держать шлифмашинку так, чтобы искры и шлифовальная пыль летели в сторону от работающего.

Кабель всегда отводить в заднюю сторону от шлифмашинки.

Подводить шлифмашинку к обрабатываемому предмету только во включенном состоянии.

Следить, чтобы вблизи (в зоне искрения) не находились воспламеняющиеся материалы.

При замене дисков, при переносе шлифмашинки с одного рабочего места на другое, во время перерыва и по окончании работы необходимо отключать электроинструмент от сети, вынув штепсельную вилку.

Не работать шлифмашинкой с приставных лестниц.

При работе со шлифмашинками запрещается:

- работать без спецодежды и обуви, средств защиты головы и глаз; снимать защитный кожух рабочего круга;
- применять круги, допустимая скорость вращения которых меньше скорости вращения шли шлифмашинки;
- производить торможение рабочего круга рукой;
- укладывать шлифмашинку в нерабочее положение до полной остановки круга.

3.6.2 Оборудование и инструмент, применяемые при абразивной обработке

Абразивный инструмент – это инструмент или набор инструментов, определяющим признаком которого является наличие абразивного материала, производящего механическую обработку изделия. В абразивном инструменте абразив выполняет ту же функцию, что и резец при точении. Но в отличие от резца, абразивный инструмент содержит абразивные зерна, распределенные по всему шлифовальному кругу. Тысячи твердых и крепких частиц, воздействуя на деталь, удаляют материал в виде мелких стружек.

Абразивный инструмент состоит из зерен абразивных материалов, скрепленных каким-либо связующим веществом. Он изготавливается в основном из искусственных и, в небольшом количестве, из природных абразивных материалов преимущественно путем прессования массы, состоящей из шлифовального зерна и связки, с последующей термической и механической обработкой полученных заготовок. Применяется так же горячее прессование, литье, экструдирование и пр.

Режущая поверхность абразивного инструмента не имеет определенных геометрических параметров режущей части, присущих металлическому инструменту. Пространственное расположение и распределение режущих граней и поверхностей абразивных зерен разнообразной формы и размеров определяет существенное отличие процесса образования поверхности при абразивной обработке от процесса резания обычными инструментами. Радиус округления режущих кромок на абразивных зернах по сравнению с толщиной слоя, срезаемого каждым зерном, сравнительно велик: его размеры соизмеримы с толщиной срезаемого слоя (алмазные круги) или превосходят ее в несколько раз (абразивные круги).

При шлифовании срезаемые стружки отличаются друг от друга своими размерами и формой, так как абразивные зерна на поверхности круга расположены хаотично, на разной высоте, на разных расстояниях друг от друга и каждое зерно имеет свои размеры и форму.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Режущие зерна имеют высокую скорость резания и срезают очень большое число тонких стружек (до 100 000 000 в одну минуту).

Размеры стружек при шлифовании очень малы; их толщина составляет всего несколько микрометров, а длина обычно менее 1-2 мм. Абразивные зерна, беспорядочно расположенные на рабочей поверхности круга, срезают стружку с шероховатой поверхности обрабатываемого изделия. Поэтому сечение срезаемого металла отдельными зернами может практически приобретать любую форму и размеры.

В действительности не все абразивные зерна, находящиеся на поверхности круга, имеют возможность срезать стружку. Активно участвуют в резании только около 10% абразивных зерен, расположенных на той части поверхности круга, которая в данный момент находится в контакте с обрабатываемой поверхностью. Остальные зерна либо не имеют контакта с изделием, либо только скользят по поверхности и заглаживают шероховатости, образованные предшествующими зернами.

Абразивный инструмент условно можно разделить на 3 вида:

Абразивный инструмент фиксированной геометрической формы (шлифкруги) – круги всех типов, кольца, сегменты, шлифовальные головки, бруски и т.п. Шлифовальные круги состоят из двух основных компонентов – шлифовального зерна, которое собственно режет металл и связки, которая скрепляет зерна между собой и удерживает их во время резания. Процент зерна, связки и свободного пространства в шлифовальном круге определяет структуру круга. Шлифовальный круг характеризуется составом, твердостью, структурой, размерами.

Абразивные частицы, используемые в круге выбираются с учетом того, как они будут взаимодействовать с обрабатываемым материалом. Идеальный абразив обладает способностью оставаться острым с минимальным числом затупившихся кромок. Когда затупление начинается, абразив скалывается, обнажая свежие режущие кромки. Каждый тип абразива уникален и отличается от другого твердостью, стойкостью к скалыванию, сопротивлением на удар.

Гибкий шлифовальный инструмент – шлифовальная шкурка, шлифовальные ленты, лепестковые круги, сетчатые и фибровые диски, щетки из абразиво-наполненных волокон.

Шлифовальная шкурка изготавливается на тканевой, бумажной и синтетической основах с использованием шлифовального зерна, шлифовальных порошков и микропорошков на поточных механизированных линиях. В зависимости от клеящего вещества, связывающего материал и основу, шкурка может быть водостойкой (органическая водостойкая смола) и неводостойкой (мездровый клей или неводостойкая органическая смола).

Шлифовальные ленты – по требованию заказчика из шлифшкурки вырезаются ленты необходимой длины и ширины. Если концы ленты не склеены между собой, то это бобина, если склеены – бесконечная шлифовальная лента.

Лепестковые круги – это круги, изготовленные набором вырубленных из шлифшкурки лепестков, скрепленных в центре или по периферии. В первом случае это круги работающие окружностью, во вторых – торцевой частью. Возможно изготовление лепестковых кругов по требованию заказчика практически любых размеров, из любых видов шлифшкурки и любой плотности упаковки. Они обеспечивают эксплуатационные показатели в ряде случаев значительно более высокие, чем использование шлифшкурки и лент из нее, особенно в местах трудно доступных для обработки (сложный профиль).

Сетчатые диски – изготавливаются путем нанесения шлифматериала на сетчатую основу (лавсан, стеклосетка и т.д.). Используются взамен шлифшкурки (полирование) и фибровых дисков (зачистка поверхностей). При увеличении связующего вещества получают жесткие сетчатые диски, которые используют для разрезания заготовок малого диаметра и дорогостоящих материалов.

Фибровые диски – абразивные диски, выполненные путем нанесения шлифовального материала на фибровую основу. Фибра – твердый, гибкий и пластичный материал из целлюлозы, пропитанный хлористым цинком. Фибровые диски используются для зачистных и шлифовальных операций.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Щетки из абразиво-наполненных волокон – аналог металлических щеток различной формы, в которых проволока заменена на нити из синтетического материала с включенными в них при их экстрагировании абразивными зернами либо с нанесенным на поверхность нитей абразивом.

Свободный абразив и пасты. Абразивными пастами называются смеси абразивных материалов с неабразивными различной густоты (от довольно твердых брикетов до совершенно жидких, так что трудно бывает сказать паста это или свободный абразив в жидкости). И пасты, и свободный абразив используются для операций доводки, полирования и притирки, т.е. используются только мелкозернистые абразивные материалы – шлифпорошки и микропорошки.

Абразивные материалы – это преимущественно материалы высокой твердости, природные и искусственные, применяемые для обработки менее твердых материалов. Используются в виде зерна или порошков в свободном виде или в виде изготовленных из них инструментов.

Искусственные абразивные материалы отличаются большей стабильностью физико-механических свойств по сравнению с природными. В настоящее время искусственные абразивные материалы практически полностью вытеснили в промышленности природные. К искусственным абразивным материалам относятся алмаз синтетический, карбид бора, карбид кремния, техническое стекло, эльбор (борозон), электрокорунд и др.

Алмаз синтетический (маркировка – АСВ, АСР) – абразивный материал, получаемый синтезом из графита при высоком давлении и температуре. Свойства и применение синтетического алмаза аналогично природному. При изготовлении инструмента основной характеристикой является содержание алмаза в алмазоносном слое или концентрация алмаза, 100% концентрации соответствует его содержанию в количестве 4,39 карата в 1 $см^3$ алмазоносного слоя. Выпускают инструмент с концентрацией 50, 75, 100%, по заказу – 25, 125 и 150%.

Карбид бора (маркировка – карбид бора) – абразивный материал, получаемый в электрических печах из борной кислоты (B_2O_3) и нефтяного кокса. Применяется в виде порошков и паст для доводки режущего инструмента из карбидо-вольфрамовых и карбидо-титановых сплавов.

Карбид кремния (маркировка 64С-62С и 55С-52С) – абразивный материал, представляющий собой химическое соединение кремния с углеродом (SiC), получаемое в электрических печах из кварца и нефтяного кокса при температуре 1500-2300 С°. Различают зеленый и черный карбид кремния. Зеленый карбид кремния содержит меньше примесей, более хрупок, но имеет более высокую абразивную способность. Широко используется во всех видах шлифовального инструмента.

Техническое стекло (маркировка – 71F) – бой листового и бутылочного стекла. После дробления и рассева получают шлифзерно и шлифпорошки, которые используются для изготовления шлифовальной шкурки, применяемой для обработки дерева.

Эльбор (борозон) – кубический нитрид бора. Получают из гексагонального нитрида бора при высоком давлении и температуре. Разновидность кубического нитрида бора, разработанная за рубежом, имеет торговую марку борозон. Используется в промышленности достаточно широко, в основном как аналог алмазного инструмента, а также наносится на режущие пластинки для резцов, буров, сверл.

Электрокорунд – абразивный материал, состоящий из корунда (Al_2O_3) и небольшого количества примесей. Промышленность производит несколько разновидностей электрокорунда, в том числе нормальный, белый, хромистый, титанистый, циркониевый, моно- и сферокорунд. Наиболее широко используются нормальный электрокорунд (маркировка – 16А-12А), получаемый в электрических печах из бокситов.

Белый электрокорунд (маркировка – 25А-22А) получают в электрических печах расплавлением глинозема.

Корунд циркониевый (маркировка – 38А) – разновидность электрокорунда с примесью окиси циркония (от 10 до 45%) применяется для тяжелых обдирочных операций.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Из этих видов электрокорундов производится до 80-90% абразивного инструмента самого разного назначения. В специальных инструментах используется электрокорунд хромистый и титанистый (маркировка – 34А-32А и 37А) имеющие отличные от белого электрокорунда свойства благодаря соответствующим примесям.

Монокорунд (маркировка 45А-43А). В отличие от нормального электрокорунда, имеющего поликристаллическую структуру, шлифзерно монокорунда представлено монокристаллами, что обеспечивает как высокую режущую способность, так и высокую стоимость этого материала.

Сферокорунд (маркировка – ЭС) – абразивный материал в виде полых корундовых сфер. Используется для обработки мягких и вязких материалов (кожа, резина, пластмасса, цветные металлы и т.п.).

Природные (естественные) абразивные материалы имеющие промышленное значение – алмаз, гранат, корунд, кремень и др.

Алмаз (маркировка – А) – минерал, состоящий из кристаллического углерода с кубической структурой решетки. Обладает наибольшей твердостью из всех известных абразивных материалов. До 80% добываемых алмазов используется на технические цели (20% идут на изготовление ювелирных изделий). Масса алмаза определяется в каратах. Один карат равен 0,205 г. Из технических алмазов изготавливаются инструменты для шлифования, доводки и резки различных материалов, для бурения горных пород, обработки камня, сверления стекла и т.п.

Гранат (маркировка – 92Е) – минерал, представляющий собой соединение алюминия, железа, хрома, кальция, магния и марганца с кремневой кислотой. В зависимости от примесей гранат бывает темно-красного (пироп), красного (альмандин), оранжево-желтого (спессартин), буро-красного, черного (андрадит) или изумрудно-зеленого (уваровит) цветов. Из граната получают шлифзерно и микро порошки. Первое используют для изготовления шлифовальной шкурки, применяемой при обработке дерева, пластмасс, кожи. Вторые – в свободном виде при обработке стекла.

Корунд – черная порода, состоящая в основном из кристаллической окиси алюминия (Al_2O_3) с небольшой примесью кварца и других минералов. Цвет зависит от примесей – красный, бурый, желтый, синий, серый или белый. Из корунда изготавливают шлифпорошки для производства абразивного инструмента и микропорошки для полировки стекла и металла.

Кремень (маркировка – 81Кр) – плотная горная порода, состоящая из кремнезема и микроскопических зерен кварца и примесей. Цвет от светло-серого до черного. Применяется для изготовления шлифовальной шкурки, идущей для обработки кожи, эбонита, дерева.

Наждак – тонкозернистая горная порода, состоящая из корунда (до 30%) магнетита с примесью гематита и кварца. Используется для шлифования свободным зерном. Можно отнести к древнейшим абразивным материалам, используемых человеком, в частности, для мельничных жерновов.

В табл. 3.21 приведено обозначение основных абразивных материалов в различных странах.

При выборе инструмента для операций абразивной обработки существенное значение имеет вид абразивного материала, его зернистость и степень твердости.

Инструменты из электрокорунда применяются при обработке материалов с высоким сопротивлением разрыву (сталь, ковкий чугун, латунь, бронза). Инструменты из карбида кремния применяются для обработки материалов с низким сопротивлением разрыву, высокой твердости и хрупкости (твердые сплавы, чугун, гранит, фарфор, стекло, керамика), а также очень вязких материалов (жаропрочная сталь и сплавы меди и алюминия).

При обработке материалов с высоким сопротивлением разрыву (обдирка стальных отливок, поковок, проката, сталистых высокопрочных и отбеленных чугунов, ковкого чугуна при получистовой и чистовой обработке различных деталей машин и механизмов из углеродистых и легированных сталей в незакаленном и закаленном виде, марганцовистый бронзы, никелевых и алюминиевых сплавов и т.п.) рекомендуется применять абразивные инструменты из нормального электрокорунда. При выполнении получистовых и чистовых опе-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

раций, при профильном шлифовании и заточке инструментов из стали следует применять шлифовальные круги из электрокорунда повышенного качества.

Таблица 3.21 **Обозначение основных абразивных материалов в различных странах**

Абразивный материал	Россия	США	Англия	Франция	ФРГ	Италия	Австрия	Швейцария	Япония
Абразивное зерно на основе кубического нитрида бора	Эльбор	Боразон	—	—	—	—	—	—	—
	Эльбор Р	Боразон резцовый	—	—	—	—	—	—	—
Карбид кремния зеленый	62С; 63С; 64 С	39С; GC	С	66С; 4С	SiCg; SCg	CVC; CW	С; CV	Vitocarbon	GC
Карбид кремния черный	52С; 53С; 54С; 55С	37С; С	ВС	55С; С	SiC; SC21	CNC; C	1С; С	Vitocarbon	С
Монокорунд	43А; 44А; 45А	32А	—	—	—	—	—	—	—
Электрокорунд циркониевый	68А	68А; 66А; ZS; ZF	—	—	—	—	14F; 24А; 28А	—	—
Электрокорунд титанистый	37А	—	—	—	—	—	—	—	—
Электрокорунд хромистый	32А; 33А; 34А	5А; 25А	—	—	—	—	88А	—	—
Электрокорунд ванадиевый	—	ЕА	—	—	—	—	—	—	—
Электрокорунд белый	22А; 23А; 24А; 25А	38А; АА	WA	44А; 99А	EK; EKv	OBA; WA	89А; WA	Vitoneva	WA
Электрокорунд нормальный	12А; 13А; 14А; 15А; 16А	А; 16А; 44А; 57А	А	А	NK	ONA; A	А; 10А	Vitoborund	А; А-40; ТА

Абразивные инструменты из электрокорунда белого применяются:

- при обработке закаленных деталей из углеродистых, быстрорежущих и нержавеющих сталей, хромированных и нитрированных поверхностей;
- при обработке тонких деталей и инструментов, когда отвод тепла, образующегося при шлифовании, затруднен (штампы, зубья шестерен, резьбовой инструмент, тонкие ножи и лезвия, стальные резцы, сверла, деревообрабатывающие ножи и т.п.);
- при обработке деталей (плоское, внутреннее и профильное шлифование) с большой площадью контакта между кругом и обрабатываемой поверхностью, сопровождающейся обильным теплообразованием;
- при отделочном шлифовании (хонингование, суперфиниширование и т.п.).

Для шлифования деталей из цементированных, закаленных, азотированных и высоколегированных сталей с низкой теплопроводностью и теплоемкостью применяются абразивные инструменты из монокорунда. Эти инструменты благодаря скалыванию мельчайших частиц зерен в процессе резания обладают высокой режущей способностью. За счет сохранения остроты режущих кромок снижаются потребляемая на резание мощность и соответственно нагрев обрабатываемой детали.

Преимущества абразивных инструментов из монокорунда проявляются в большей степени на операциях получистового и чистового шлифования, заточки режущих инструментов, шлифования тонких и длинных резьб, зубо- и шлицешлифования, шлифования колец подшипников.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для обработки твердых материалов с низким сопротивлением разрыву (чугун, бронзовое и латунное литье, твердые сплавы, стекло, мрамор, гранита, фарфора, и т.п.), а также мягких и вязких материалов (латунь, медь и т.п.) применяется абразивный инструмент из карбида кремния, который характеризуется более высокой твердостью и меньшими углами заострения зерен, чем инструмент из электрокорунда.

Абразивный инструмент из эльбора применяется:

- при шлифовании и доводке труднообрабатываемых сталей и сплавов;
- при чистовом шлифовании, заточке и доводке инструментов из быстрорежущих сталей;
- при чистовом и окончательном шлифовании прецизионных деталей из жаропрочных, нержавеющих и высоколегированных конструкционных сталей;
- при чистовом и окончательном шлифовании направляющих станков, ходовых винтов, обработка которых затруднена обычными абразивными инструментами из-за больших тепловых деформаций;

Абразивный инструмент из алмаза, имеющий высокую абразивную способность при обработке, применяется:

- при шлифовании и доводке хрупких и высоко-твердых материалов и сплавов (твердые сплавы, чугун, керамика, и т.п.);
- при чистовом шлифовании, заточке и доводке твердосплавных режущих инструментов;
- при чистовом и окончательном шлифовании и хонинговании деталей автотракторного производства;

Карбид бора применяется исключительно в незакрепленном состоянии в виде паст и свободного зерна для доводки, притирки и отделки режущих поверхностей инструментов (резцов, разверток, зенкеров, протяжек, сверл), армированных пластинками металлокерамики. Имеет широкое применение при доводке фильер, калибровочных колец из твердых сплавов, шлифовании рубина, сверлении и доводке подпятников к специальным измерительным приборам.

В качестве мягкого абразивного материала для притирки и доводки деталей из стали, цветных металлов, а также для декоративного полирования металлов находят широкое применение крокус (окись железа), венская известь, мел, тальк, окись хрома и окись алюминия. Все эти материалы используются в виде паст или суспензий.

Абразивные материалы, предназначенные для изготовления абразивного инструмента, подвергаются переработке по различным технологическим схемам, таким как дробление, измельчение, различные виды обогащения, термическая обработка, рассев, либо гидравлическая или пневматическая классификация. В результате получаются шлифовальное зерно или порошок требуемой крупности (размера).

Зернистость абразивного материала – это показатель, определяющий содержание и размер данного шлифовального материала.

Размер зерна – это индивидуальный размер частицы в круге. Он соответствует количеству линейно расположенных отверстий на одном дюйме сита, используемого для окончательного рассева зерна. Другими словами, большие числа означают меньшее количество отверстий на сите, через которое проходит зерно. Меньшие числа (такие как 10, 16, или 24) означают круг с грубым зерном. Чем грубее зерно – тем больше величина удаляемого при обработке материала. Грубые зерна используются для быстрого и объемного съема материала, где окончательная обработка не столь важна. Большие числа (такие как 70, 100 или 180) относятся к кругам из тонкого зерна. Они подходят для тонкой окончательной обработки, небольшой площади контакта и использования на твердых и хрупких материалах.

В России обозначение зернистостей и их состав определяет ГОСТ 3647-71:

- шлифовальное зерно – 320, 250, 200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16 (получают рассевом на ситах);
- шлифовальные порошки – 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 (получают рассевом на ситах);

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- микропорошки – М63, М50, М40, М28, М20 М14, М10, М7, М5, М3, М2, М1 (получают гидравлической классификацией).

Определяющей характеристикой зернистости является ее основная фракция. Крупность основной фракции продуктов рассева определяется размерами ячеек двух сеток; через первую все зерна основной фракции проходят и задерживаются на второй. За зернистость принимается номинальный размер стороны ячейки в свету сетки, на которой задерживается зерно. Например, для основной фракции размером 500-400 мкм зернистость будет 40.

При гидравлической классификации картина обратная, т.е. за зернистость принимается максимальный размер зерен основной фракции. ГОСТ так же регламентирует содержание основной фракции в шлифовальном зерне 39-45%. По заказу содержание основной фракции может быть доведено до 55%.

В табл. 3.22 и 3.23 приведены зернистость, размер зерен основной фракции и процентное содержание основной фракции по ГОСТ 3647-71 и европейскому стандарту FEPA.

Таблица 3.22 **Размер и содержание зерен основной фракции в шлифпорошках**

Обозначение по ГОСТ 3647-71 порошков для шлифкругов и шлифшкурки			Обозначение порошков для шлифкругов по европейскому стандарту FEPA					
			32 GB 1971			31 GB 1971		
Зернистость	Размер зерен, мкм	Содержание основной фракции, %	Зернистость	Размер зерен, мкм	Содержание основной фракции, %	Зернистость	Размер зерен, мкм	Содержание основной фракции, %
—	—	—	8	2800-2360	45	—	—	—
200	2500-2000	45	10	2360-2000	45	—	—	—
160	200-1600	45	12	2000-1700	45	12	2000-1700	45
—	—	—	14	1700-1400	45	—	—	—
125	1600-1250	45	16	1400-1180	45	16	1400-1180	49
100	1250-1000	45	20	1180-1000	45	20	1000-850	44
80	1000-800	45	24	850-710	45	24	850-710	47
63	800-630	45	30	710-600	45	30	710-600	47
50	630-500	45	35	600-500	45	36	600-500	47
40	500-400	45	46	425-355	40	40	425-355	47
32	400-320	43	54	355-300	40	50	355-300	49
25	320-250	43	60	300-250	40	60	300-250	45
20	250-200	43	70	250-212	40	—	—	—
16	200-160	43	80	212-180	40	80	212-180	49
—	—	—	90	180-150	40	100	180-150	45
12	160-125	45	100	150-125	40	—	—	—
10	125-100	45	120	125-106	40	120	125-106	44
8	100-80	45	150	106-65	40	150	106-90	49
—	—	—	—	—	—	180	90-75	47
6	80-63	40	180	90-63	40	220	75-63	47
5	63-50	40	220	75-53	40	—	—	—
4	50-40	40	—	—	—	—	—	—
3	40-28	40	—	—	—	—	—	—

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.23 **Размер и содержание зерен основной фракции в микропорошках**

Обозначение по ГОСТ 3647-71 для шлифкругов, шлифшкурки и использования в свободном виде					Обозначение для шлифкругов по евростандарту FEPA					
Зернистость	Размер зерен, мкм	Содержание основной фракции			33 G 1971 (содержание зерен максимальной фракции, не более 0,1%)			3 G 1971 (содержание зерен максимальной фракции, не более 0,1%)		
		Высокая (В), %, не менее	Повышенная (П), %, не менее	Номинальная (Н), %, не менее	Зернистость	Средний размер, мкм	Максимальный размер зерен, мкм	Зернистость	Средний размер, мкм.	Максимальный размер зерен, мкм
М63	63-50	60	50	45	—	—	—	Р240	58,5±2,0	106
—	—	—	—	—	F 230/53	53±3,0	106	Р280	52,2±2,0	90
М50	50-40	60	50	45	F 240/45	44,5±2,0	90	Р320	46,2±1,5	90
—	—	—	—	—	—	—	—	Р360	40,5±1,5	75
М40	40-28	60	50	45	F 280/37	36,5±1,5	75	Р400	35,0±1,5	75
—	—	—	—	—	F 300/29	29,2±1,5	63	Р500	30,2±1,5	63
М28	28-20	60	50	45	—	—	—	Р600	25,75±1,0	63
—	—	—	—	—	F 360/23	22,8±1,5	53	Р800	21,8±1,0	53
М20	20-14	60	50	40	F 400/17	17,3±1,0	45	Р1000	18,3±1,0	45
—	—	—	—	—	—	—	—	Р1200	15,3±1,6	38
М14	14-10	60	50	40	F 500/13	12,8±1,0	38	—	—	—
М10	10-7	55	45	40	F 600/9	9,3±1,0	32	—	—	—
М7	7-5	55	45	40	F 800/7	6,5±1,0	22	—	—	—
М5	5-3	55	45	40	F 1000/5	4,5±0,8	16	—	—	—
—	—	—	—	—	F 1200/3	3,0±0,5	11	—	—	—

В зависимости от процентного содержания основной фракции обозначение зернистости дополняют буквенным индексом (табл. 3.24), например, 40-Н, 80-П и т.п.

Таблица 3.24 **Содержание зерен основной фракции в шлифовальном материале**

Индекс	Минимальное процентное содержание основной фракции для зернистостей				
	200-8	6-4	М63-М28	М20-М14	М10-М5
В	—	—	60	60	55
П	55	55	50	50	45
Н	45	40	45	40	40
Д	41	—	43	39	39

Примечание. В – высокий, П – повышенный, Н – нормальный, Д – допустимый

С уменьшением размера абразивных зерен повышается их режущая способность за счет возрастания числа зерен на единице рабочей поверхности, уменьшения радиусов округления зерен, меньшего износа отдельных зерен. Однако уменьшение размера зерен приводит к значительному уменьшению пор круга, что вызывает необходимость снижения глубины шлифования и величины снимаемого на операции припуска. Чем мельче абразивные

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

зерна в инструменте, тем меньше в единицу времени снимается материала с обрабатываемой детали.

В настоящее время все более широкое применение находят абразивные инструменты так называемых промежуточных (20, 32 и 63) зернистостей. Применение шлифкругов зернистостью 32 вместо шлифкругов зернистостью 40 позволяет повысить стойкость круга до 60% и снизить шероховатость поверхности. Замена кругов зернистостью 40 кругами зернистостью 63 при предварительном и комбинированном шлифовании повышает съем металла до 20% при одновременном увеличении стойкости кругов до 18%. Таким образом, рациональное сочетание режима обработки, правки инструмента и его зернистости позволяет получать высокие точность и качество обработки поверхности.

Зернистость абразивного инструмента выбирается в зависимости от следующих факторов:

- количества снимаемого при обработке материала;
- требуемого класса шероховатости и точности обработки поверхности;
- физических свойств обрабатываемого материала.

Крупнозернистые абразивные инструменты применяются:

- при обдирочных и предварительных операциях с большой глубиной резания, когда удаляются большие припуски;
- при обработке материалов, которые вызывают заполнение пор круга и «засаливание» его поверхности, например при обработке латуни, меди, алюминия;
- при большой площади контакта круга с обрабатываемой деталью, например при использовании высоких кругов, при плоском шлифовании торцом круга, при внутреннем шлифовании.

Средне- и мелкозернистые инструменты применяются:

- для получения шероховатости 0,32-0,03 мкм;
- при обработке закаленных сталей и твердых сплавов;
- при окончательном шлифовании, заточке и доводке инструментов;
- при высоких требованиях к точности обрабатываемого профиля детали.

В табл. 3.25 приведен ориентировочный выбор зернистости абразивного инструмента в зависимости от вида обработки.

Таблица 3.25 **Выбор зернистости абразивного инструмента в зависимости от вида обработки**

Зернистость инструмента	Вид обработки
80-320	Обдирочные операции с большой глубиной резания: зачистка заготовок, отливок, поковок, штамповочных деталей. Обработка материалов, которые вызывают «засаливание» поверхности круга (латунь, медь, алюминий).
50-80	Плоское шлифование торцом круга, заточка средних и крупных резцов, правка абразивного инструмента, резание материалов
25-63	Предварительное и комбинированное шлифование, заточка режущего инструмента
16-32	Чистовое шлифование, обработка профильных поверхностей, заточка мелкого инструмента, шлифование хрупких материалов
6-12	Отделочное шлифование, доводка твердых сплавов, доводка режущего инструмента, стальных заготовок, предварительное хонингование, заточка тонких лезвий
4-6	Отделочное шлифование металлов, стекла, мрамора и т.п., резьбошлифовальние, чистовое шлифование
М40-М14	Суперфиниширование, окончательное хонингование, доводка тонких лезвий и мерительных поверхностей калибров, резьбошлифование изделий с мелким шагом

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Связка. Чтобы абразивный инструмент резал с наибольшей эффективностью, он должен содержать надежную связку. Связка – это материал, который удерживает абразивные зерна вместе, так чтобы они могли эффективно резать и обеспечивать прочность самого круга, так как он работает на очень больших скоростях резания. Связка должна изнашиваться по мере изнашивания и вырывания абразивных зерен из круга для открывания новых режущих элементов (зерен).

Вид связки имеет определяющие значение для прочности и режимов работы абразивного инструмента. В производстве абразивного инструмента применяют два вида связок: неорганические (минерального происхождения) и органические.

К органическим связкам относятся: бакелитовая, вулканитовая, глифталевая, эпоксидная, поливинилформалевая и полиэфирная. Рассмотрим наиболее распространенные связки.

Бакелитовая связка – это фенолформальдегидная смола в жидком (бакелит) и порошкообразном виде (пульвербакелит) с наполнителями (криолит, гипс, пирит, антимонит и др.). В ряде случаев жидкий бакелит заменяют на другие увлажнители, в частности, фурфурол.

Абразивная масса готовится на смесительных машинах, куда в соответствии с рецептурами, загружаются абразивное зерно, увлажнитель, пульвербакелит и наполнители. Смешанная масса протирается через сито протирочной машины. В ряде случаев для придания постоянных во времени свойств масса сушится в течение нескольких часов при комнатной температуре («старение массы»), затем вновь пропускается через сито.

Прессование производится на формовочных агрегатах на базе гидравлических прессов. Дозирование и укладка механизированы, либо производятся в автоматическом режиме. Прессование производится при удельных давлениях от 200 до 500 кгс/см^2.

При прессовании армированных стеклосеткой кругов, укладка массы производится послойно с перекладкой дисками из стеклосетки (марки СПАП-БЖ, М и т.п.). Количество дисков в кругах зависит от толщины и диаметра кругов и изменяется от 1-3 (в отрезных кругах) до 6-10 (в обдирочных кругах).При изготовлении обдирочных кругов для упрочнения используются металлические кольца от 1 до 3-х.

Термообработка (бакелизация) заготовок кругов производится в камерных или туннельных печах, имеющих специальное название – бакелизаторы. Время термообработки от 6 до 36 часов. Конечная температура – 180-200°С.

Абразивный инструмент на бакелитовой связке обладает высокой ударной прочностью и высокой прочностью на сжатие, превосходя по этим показателям инструмент на керамике. Высокая прочность бакелитовой связки позволяет абразивному инструменту работать при больших нагрузках и высоких скоростях резания (при армировании стеклосеткой – до 80 м/с и выше). Абразивные круги на бакелитовой связке применяются для обдирочных и отрезных операций, и для шлифования с большими нагрузками и съемом металла.

К недостаткам следует отнести невысокую теплостойкость – деструкция связки происходит при температурах 400-700°С, недостаточную устойчивость к воздействию щелочных растворов, что ограничивает применение охлаждающих жидкостей (нежелательно применение растворов содержащих более 1,5% щелочи).

Вулканитовая связка – это многокомпонентные композиции на основе синтетических каучуков. В состав входят: вулканизирующий агент – сера, органические ускорители и вулканизаторы (каптакс, тиурам и др.), наполнители (окислы металлов, соли, синтетические смолы и т.п.), смягчители.

Связка и абразивная масса изготавливаются на смесительном оборудовании: вальцах или смесительных машинах (аналогичных, применяемым в резиновой промышленности). Изготовление связки представляет собой процесс смешивания каучука с другими компонентами до однородного состояния.

Формование кругов производится двумя способами: прокаткой массы на вальцах и штамповкой; прессованием кругов в пресс-формах из сыпучей порошкообразной массы, изготовленной в смесительных машинах и разрыхленной в специальных рыхлителях типа дезинтегратора.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Заготовки кругов подвергаются вулканизации (термообработке) в течение 6-16 часов, конечная температура 160-180°С в камерных или туннельных вулканизаторах. После вулканизации круги подвергаются механической, обработке и проверке на соответствие нормативно-технической документации.

Инструмент на вулканитовой связке обладает эластичностью и плотностью, поэтому может использоваться как при обычных видах шлифования, так и при полирующих операциях. Круги на вулканитовой связке в отличие от остальных могут быть изготовлены очень тонкими (десятые доли миллиметра при диаметре до 150-200 мм.).

Недостатком является низкая теплостойкость (250°-300°С) и слабое закрепление зерна в связке, что объясняет более низкую износостойкость кругов в сравнении с бакелитовыми и керамическими.

Неорганические связки обладают высокой огнеупорностью, водостойкостью, химической стойкостью и относительно высокой износостойкостью.

Керамические связки изготавливаются из смеси глин, полевого шпата, пегматита, борного стекла, талька и других минеральных материалов. Все материалы, идущие на изготовление связок, измельчаются до заданной крупности и смешивают в соотношениях, принятых действующей рецептуры и технологии. Массы для абразивных инструментов изготавливаются в зависимости от требующихся характеристик. Необходимые по рецепту количества абразивного зерна, связки, увлажнителя и (при необходимости) клеящей добавки смешиваются в течение определенного времени в специальных смесительных машинах.

Масса после смесительной машины пропускается через разрыхлительные машины с нужными сетками для устранения комков, посторонних частиц и подается к формовочным агрегатам, созданным на базе гидравлических либо механических прессов. После дозировки, укладки и прессования заготовки кругов на металлических плитах поступают в сушильные камеры. Сушка происходит при температуре 100°С. После сушки заготовки перекладываются на огнеупорные плиты и подаются в туннельные печи, где производится окончательная термообработка при температуре 1220-1280°С. После обжига практически все круги подвергаются механической обработке (наружный диаметр, отверстия и торцевые поверхности.

В зависимости от поведения в процессе термической обработки абразивные круги делятся на плавящиеся (стекловидные) и спекающиеся (фарфоровидные). Общее название – керамические (обозначаются «КПГ» и «КМ»). Существуют так же связки, отверждающиеся без термической обработки (магнезиальные – «М»). Плавящиеся связки после остывания превращаются в стекло, спекающиеся расплавляются только частично и по своему составу и состоянию близки к фарфору.

Недостатком керамической связки является ее высокая хрупкость, вследствие чего круги на этой связке не могут использоваться при ударных нагрузках (обдирочное, отрезное и силовое шлифование). Относительно низкий предел прочности при изгибе не допускает применение таких кругов для отрезных работ, так как они могут разрушиться от боковой нагрузки (изгиба).

В табл. 3.26 приведено обозначение связки абразивного инструмента.

Таблица 3.26 **Обозначение связки абразивного инструмента**

Обозначение по ГОСТ 3647-71	Обозначение по европейскому стандарту FEPA	Связка абразивного инструмента
К	V	Керамическая
Б	B	Бакелитовая
БУ	BF	Бакелитовая с упрочняющими элементами
Б4	B4	Бакелитовая с графитовым наполнителем

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Связка абразивного инструмента в значительной степени обуславливает интенсивность съема обрабатываемого материала, качество обработки и износ инструмента и соответственно экономичность операции. При выборе абразивного инструмента учитывают следующее: характер операции; кинематику резания; условия работы инструмента.

Необходимо помнить, что связка абразивного инструмента не участвует в резании и удалении припуска, но существенно влияет на состояние рабочей поверхности инструмента и работу абразивных зерен. С неправильным выбором связки при обработке металлов связано и явление засаливания шлифовального круга. Наибольшее применение в настоящее время получили инструменты на керамической и бакелитовой связках.

Для грубых обдирочных работ рекомендуются круги на бакелитовой связке, для чистовых операций – на различных связках. Обычно круги на бакелитовой и вулканитовой связках обеспечивают более высокий класс шероховатости обрабатываемой плоскости. На плоскошлифовальных станках, работающих торцом круга, и при обработке прерывистых поверхностей, т.е. в условиях ударной нагрузки, необходимо применять сегменты или кольца на бакелитовой связке.

Для увеличения производительности обдирочные операции следует вести кругами на бакелитовой связке на режимах скоростного шлифования. При обработке тонких изделий, лезвий режущих инструментов и других деталей, где опасен прижог, также применяют круги на бакелитовой связке.

Инструменты из эльбора серийно выпускаются на керамической и органической связках, опытные партии изготавливаются на металлических связках. Круги на керамической связке отличаются прочным закреплением эльбора в абразивном слое, высокой стойкостью профиля; круги на органической связке более эластичны, отличаются высокими режущими свойствами, интенсивно самозатачиваются, редко засаливаются, позволяют осуществить бесприжоговое шлифование на повышенных режимах, но имеют по сравнению с кругами на керамической связке более высокий удельный расход эльбора.

Инструменты из алмазов серийно изготавливаются на органической и металлической связках. При шлифовании и доводке кругами на бакелитовой связке в зоне резания выделяется меньше тепла, а силы резания значительно меньше, чем при работе кругами на металлической связке. Алмазные круги на металлической связке обладают высокой стойкостью, длительно сохраняют рабочий профиль и находят преимущественное применение на операциях предварительного шлифования при съеме небольших припусков.

В табл. 3.27 приведен выбор связки абразивных инструментов в зависимости от вида обработки.

Таблица 3.27 **Выбор связки абразивных инструментов в зависимости от вида обработки**

Связка	Вид обработки
Керамическая	Все виды шлифования, кроме обдирки на подвесных станках, резки и прорезание узких пазов, плоского шлифования сегментными кругами и шлифования желоба колец шарикоподшипников
Бакелитовая	Плоское шлифование торцом круга, обдирочные работы, выполняемые вручную и на подвесных станках, резка и прорезание пазов, заточка инструментов, отделочное шлифование цилиндров, кулачков и роликов мелкозернистыми абразивными инструментами, хонингование и резьбошлифование кругами на специальной связке и тонкозернистыми кругами на глифталевой связке и с графитовым наполнителем для окончательного полирования
Вулканитовая	Резка, прорезание и шлифование пазов, обработка сферических поверхностей, иногда чистовые операции при других видах фасонного шлифования, бесцентровое шлифование и полирование гибкими кругами

Упрочняющие элементы. Для увеличения механической прочности абразивного инструмента используются упрочняющие элементы. Прежде всего, это металлические элемен-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ты: кольца, впрессованные в обдирочные круги; металлические диски в алмазных отрезных кругах; подложки для торце-шлифовальных кругов; фланцы для лепестковых кругов.

В отрезных, зачистных и обдирочных кругах, работающих при рабочих скоростях 80 м/с и выше в качестве упрочняющего элемента используются диски, вырезанные из стеклосетки с размером ячеек от 3 до 6 мм и толщиной нити от 0,4 до 2 мм. Наличие упрочняющей сетки указывается в маркировке круга буквой «У».

Твердость. Понятие твердости абразивных инструментов по смыслу не совпадает с аналогичным понятием, определяющим свойства металла и других твердых тел. Твердость абразивного инструмента характеризует прочность удержания зерна в связке круга. Поэтому из зерен самого твердого абразивного материала можно изготовить мягкие абразивные инструменты и, наоборот, из абразивного материала малой твердости можно изготовить твердые инструменты. Мягкими абразивными инструментами, в отличие от твердых, называют такие, из которых абразивные зерна легко выкрашиваются.

Твердость абразивных инструментов оказывает влияние на режущие свойства и кромкостойкость абразивного инструмента, а также на характер его изнашивания в процессе резания. Если прочность закрепления зерен в абразивном инструменте ниже прочности самого абразивного зерна (мягкий абразивный инструмент), то изнашивание происходит вследствие выкрашивания зерен и абразивный инструмент работает в режиме самозатачивания. Если же прочность абразивного зерна окажется ниже прочности его закрепления в инструменте (твердый абразивный инструмент), то изнашивание будет протекать частично за счет хрупкого разрушения, скалывания зерен и частично за счет их стирания с образованием площадок износа на зерне.

Получение абразивных инструментов требуемой твердости достигается соответствующей технологией их изготовления, устанавливающей соотношение шлифзерна и связки, давлением при прессовании, температурой и длительностью термической обработки. В зависимости от связки обозначения твердости несколько различаются. У вулканитовых кругов градаций твердости меньше, нежели у керамических и бакелитовых.

В табл. 3.28 приведено обозначение твердости абразивного инструмента.

Таблица 3.28 **Обозначение твердости абразивного инструмента**

Обозначение по ГОСТ 3647-71	Обозначение по европейскому стандарту FEPA	Твердость абразивного инструмента
ВМ1	F	Весьма мягкий
ВМ2	G	
М1	H	Мягкий
М2	I	
М3	J	
СМ1	K	Средне-мягкий
СМ2	L	
С1	M	Средняя
С2	N	
СТ1	O	Средне-твердый
СТ2	P	
СТ3	Q	
Т1	R	Твердый
Т2	S	
ВТ	T, U	Весьма твердый
ЧТ	V, W, Y, Z	Чрезвычайно твердый

Примечание: Шкала степеней твердости имеет ориентировочный характер и не может быть использована для непосредственной замены импортного инструмента отечественным, и наоборот.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В настоящее время у части кругов маркируют твердость не буквенным обозначением, а цифровым показателем, именуемым «звуковой индекс», который обозначается цифрой, например, для бакелитовых отрезных кругов указывают цифры от 25 до 51, что примерно соответствует ранее указанным твердостям. Для вулканитовых кругов от 23 до 45.

Твердость инструмента в значительной степени определяет производительность процесса обработки и качество обработанной детали. Абразивные зерна по мере их затупления должны обновляться путем скалывания и выкрашивания частиц. При слишком твердом круге связка продолжает удерживать затупившиеся и потерявшие режущую способность зерна, наблюдается явление засаливания круга. При этом на работу расходуется большая мощность, изделия нагреваются (возможны их коробления), на поверхности появляются следы дробления, риски, прижоги и другие дефекты.

При слишком мягком круге зерна, не утратившие свою режущую способность, выкрашиваются, круг теряет правильную форму, увеличивается его износ, в результате чего трудно получить детали необходимых размеров и форм. В процессе обработки появляется вибрация, необходима более частая правка круга. Таким образом, в обоих случаях снижается интенсивность съема материала, повышается шероховатость поверхности обрабатываемого изделия.

На выбор твердости абразивного инструмента влияют следующие факторы:

- физико-механические свойства шлифуемого материала;
- величина площади контакта между инструментом и изделием;
- режим работы;
- мощность электродвигателя.

При выборе твердости круга необходимо руководствоваться следующими положениями.

- Твердые материалы более интенсивно истирают абразивные зерна, затупляют их. Удаление затупившихся зерен скорее происходит в сравнительно мягких кругах. Поэтому для обработки твердых материалов следует применять мягкие абразивные инструменты, а для обработки материалов невысокой твердости – более твердые. Исключение составляют медь, алюминий, свинец, нержавеющая и жаропрочная стали, которые шлифуют мягким инструментом. При обработке вязких материалов отходы шлифования заполняют поры круга, и он становится не пригодным для работы. Тогда правка круга необходима, хотя абразивные зерна в этом случае могут быть еще достаточно острыми.
- С увеличением площади контакта между кругом и изделием давление на единицу круга уменьшается и, следовательно, обновление затупившихся зерен затрудняется. В этом случае следует использовать более мягкий инструмент.
- Чем больше окружная скорость круга при прочих равных условиях, тем более мягкий инструмент следует применять. При интенсивных режимах работы (при большой скорости изделия и поперечной подаче) применяются более твердые круги.
- Для предварительных операций применяются более твердые инструменты, чем для чистовых.
- При шлифовании всухую следует использовать более мягкие круги, чем при работе с охлаждением.
- При шлифовании неровных, прерывистых поверхностей применяют более твердые инструменты, чем при шлифовании ровных поверхностей.
- Мелкозернистые инструменты должны быть относительно меньшей твердости, а крупнозернистые – большей.
- При заточке лезвий закаленных инструментов, при шлифовании и заточке пластинок из твердых сплавов, при обработке поверхностей изделий, плохо отводящих тепло, тонких, с отверстиями (типа труб) и т.п. применяют мягкие шлифовальные круги.
- При одинаковых условиях шлифования абразивные инструменты на бакелитовой связке должны быть на две ступени тверже, чем на керамической.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- Мягкие круги экономичнее твердых, так как реже правятся и позволяют вести обработку с более интенсивными режимами. Однако твердость их не должна быть излишне низкой, чтобы они быстро не изнашивались и не теряли форму.

Ориентировочный выбор твердости абразивного инструмента в зависимости от вида обработки приведен в табл. 3.29.

Таблица 3.29 **Выбор абразивного инструмента по твердости в зависимости от вида обработки**

Твердость инструмента	Вид обработки
ВТ1-ЧТ2	Обдирочное шлифование и зачистка в металлургии и кузнечно-литейном производстве; правка шлифовальных кругов; шлифование с большим давлением резания (например, шаров).
Т1-Т2	Обдирочное шлифование; снятие заусенцев на поковках и литье; изготовление отрезных кругов и ведущих кругов для бесцентрового шлифования; хонингование закаленных сталей; врезное профильное шлифование с большим объемом металла.
СТ2-Т2	Обдирочные операции, ведущиеся вручную (обработка крупных отливок и поковок), шлифование прерывистых поверхностей. Отрезка абразивными дисками, прорезание канавок. Круглое наружное шлифование методом врезания при необходимости сохранить профиль круга (например, обработка шеек коленчатых валов), бесцентровое шлифование ведущими кругами, хонингование отверстий небольших диаметров.
СТ1-СТ3	Круглое и бесцентровое врезное шлифование; профильное шлифование; обработка разобщенных поверхностей; обдирочное шлифование чугунов.
С2-СТ2	Предварительное круглое наружное и бесцентровое шлифование сталей (преимущественно незакаленных) и ковкого чугуна. Профильное шлифование, обработка прерывистых поверхностей. Хонингование и резьбошлифование кругами на бакелитовой связке.
С1-СТ1	Плоское шлифование сегментами и кольцевыми кругами, резьбошлифование кругами на бакелитовой связке
СМ1-С2	Чистовое и комбинированное круглое, наружное, бесцентровое и внутреннее шлифование стали, плоское шлифование периферией круга, резьбошлифование деталей с крупным шагом, заточка режущих инструментов.
С1-С2	Окончательное и чистовое шлифование (круглое, бесцентровое и внутреннее); плоское шлифование периферией круга; резьбошлифование; шлифование чугунов; обдирочное шлифование торцом круга.
СМ1-СМ2 М1-М3	Шлифование с интенсивным самозатачиванием инструмента – плоское (торцом круга), внутреннее (закаленных сталей); заточка и доводка режущего инструмента, цветных металлов, трудно обрабатываемых и вязких сплавов, высокотвердых закаленных сталей, имеющих склонность к прижогам и трещинам; зубошлифование; резьбошлифование; чистовое шлифование и суперфиниширование.
М2-СМ2	Плоское шлифование торцом круга, заточка режущих инструментов.
М2-М3	Заточка и доводка режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, шлифование труднообрабатываемых специальных сплавов, полирование.

Примечание. ВТ – весьма твердый, ЧТ – чрезвычайно твердый, СТ – среднетвердый, Т – твердый, С – средний, СМ – среднемягкий, М – мягкий.

Структура. Структура абразивного инструмента характеризуется содержанием абразивного материала в единице его объема, выраженным в процентах.

$$V_З + V_С + V_П = 100\%,$$

где $V_З$ – объем зерна, $V_С$ – объем связки, $V_П$ – объем пор.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Определяющим параметром структуры является объем V_3. С увеличением на один номер структуры объем зерен уменьшается на 2%, при этом расстояние между зернами увеличивается, однако для сохранения одинаковой твердости инструмента объем связки также увеличивается на 2%, при этом объем пор остается неизменным.

Таким образом, абразивные инструменты, имеющие одинаковые зернистость и твердость, но разные структуры, различаются между собой по степени сближения абразивных зерен. Структуру, обозначенную № 0-4, принято называть закрытой (плотной), № 5-7 – средней, № 8 и выше – открытой. Чем больше номер структуры, тем больше расстояние между зернами, т.е. структура более открытая, табл. 3.30.

Таблица 3.30 **Структура абразивного инструмента**

Содержание абразивного зерна в абразивном материале, %	Структура	
	Номер структуры	Наименование структуры
60	0	Закрытая
58	1	
56	2	
54	3	
52	4	
50	5	Средняя
48	6	
46	7	
44	8	Открытая
42	9	
40	10	
38	11	Высокопористая
36	12	

На выбор структуры абразивного инструмента влияют следующие факторы:

- физико-механические свойства обрабатываемого материала (мягкие материалы с небольшим сопротивлением разрыву обрабатываются кругами открытых структур, твердые с мелкозернистым строением и хрупкие материалы – кругами закрытых структур);
- требуемое качество отделки (для чистовой обработки следует использовать круги более закрытых структур, чем для предварительной или грубой обработок; для обдирки со значительным припуском рекомендуется использовать круги открытых структур);
- величина давления при шлифовании (при больших давлениях следует применять круги средней и закрытой структур).

Ориентировочный выбор структуры абразивного инструмента в зависимости от вида обработки приведен в табл. 3.31.

Абразивные инструменты открытой структуры имеют улучшенные условия отвода стружки и меньшее тепловыделение. Наиболее эффективно их применение при обработке вязких металлов, а также металлов, склонных к прижогам и трещинам.

Помимо шлифовальных кругов с заранее заданной структурой, на керамической связке изготовляются круги, отличающиеся повышенной пористостью (величина пор до 2-3 мм) и получившие название высокопористых. Поры в таких кругах создаются различными наполнителями, выгорающими в процессе термической обработки (пластмасса, уголь, древесная мука).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.31 **Ориентировочный выбор структуры абразивного инструмента в зависимости от вида обработки**

Номер структуры	Вид обработки
1-3	Шлифование с малым съемом металла, применяются преимущественно для обработки шарикоподшипников
3-4	Профильное шлифование, шлифование с большими подачами и с переменной нагрузкой, отрезные работы
5-6	Круглое наружное шлифование, бесцентровое шлифование, плоское шлифование периферией круга, заточка инструмента, отрезные работы
7-9	Плоское шлифование торцом круга, внутреннее шлифование, заточка инструмента
8-10	Шлифование и заточка инструмента оснащенного твердым сплавом
8-12	Резьбошлифование мелкозернистыми кругами

Высокопористый круг лучше охлаждается поступающим в процессе работы воздухом. Установлено, что скорость воздуха в зоне резания при вращении высокопористого круга на 25-35% больше, чем при вращении обычного, что позволяет работать с большей глубиной резания и с меньшей опасностью прижога обрабатываемой детали.

Наличие большого количества крупных пор, а также увеличенная скорость воздушной струи в процессе работы абразивного инструмента создают лучшие условия для удаления стружки и уменьшают возможность застревания ее в порах. При обработке мягких и вязких материалов (красной меди, алюминия, пластмассы, дерева, резины, кожи и т.п.) рабочая поверхность высокопористого абразивного инструмента дольше остается работоспособной и реже требует правки. Высокопористые круги по сравнению с обычными имеют примерно в 1,5 раза меньший удельный износ.

Класс точности абразивных инструментов. Точность размеров и геометрической формы абразивного инструмента характеризуется тремя классами АА, А и Б. Для менее ответственных операций абразивной обработки применяют абразивный инструмент класса Б. Более точным и качественным является абразивный инструмент класса А. Для работы на автоматических линиях, на высокопрецизионных и многокруговых станках применяют прецизионный абразивный инструмент класса АА, отличающийся наибольшей точностью геометрических параметров, однородностью зернового состава, уравновешенностью абразивной массы и изготавливающийся из лучших сортов шлифовальных материалов.

Типы абразивного инструмента. В слесарной практике наибольшее применение имеет абразивный инструмент фиксированной геометрической формы (шлифкруги) и гибкий шлифовальный инструмент (шлифовальная шкурка), значительно реже применяется свободный абразив.

***Шлифовальные круги*.** Круг сам по себе может иметь различные формы. Наиболее часто встречающаяся форма шлифовального круга – это прямой круг. Рабочая поверхность – часть инструмента, предназначенная для работы, находится на периферии прямого круга. Основной разновидностью прямой формы круга является круг с выемкой, называемый так из-за углубления в центре круга, предназначенного для фланца – элемента крепления круга на шпинделе.

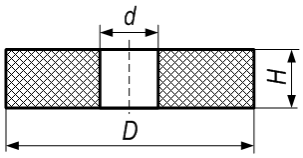
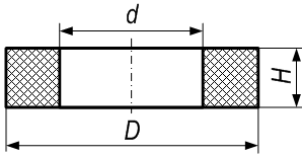
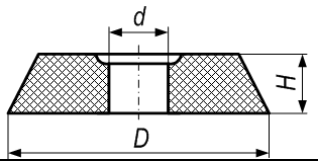
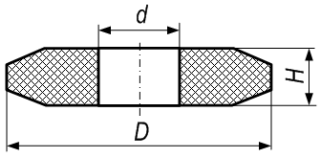
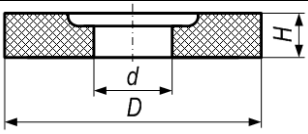
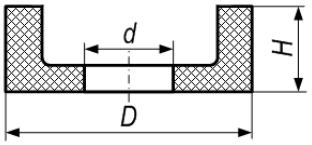
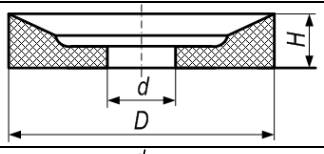
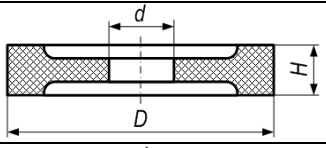
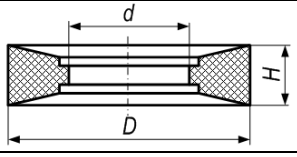
На некоторых кругах рабочая поверхность находится на боковой стороне круга. Такие круги обычно имеют названия своих форм, например, цилиндрические круги, круги-чашки или круги-тарелки. Изготавливают также секции и сегменты на различных связках, из которых формируют шлифовальные круги. Круги, у которых боковая сторона является рабочей поверхностью часто используются для заточки зубьев режущего инструмента или для обработки труднодоступных поверхностей.

Смонтированные круги – это небольшие шлифовальные круги специальных форм, таких как конусы или пробки, прочно смонтированные на стальной оправке. Используются в ручном инструменте и при внутреннем прецизионном шлифовании.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

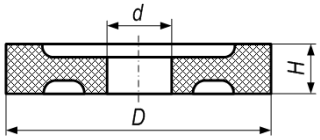
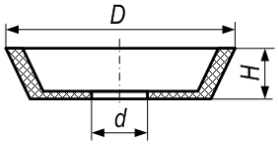
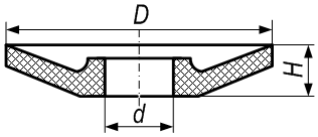
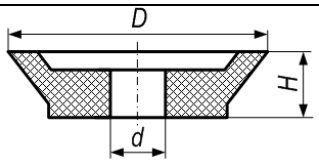
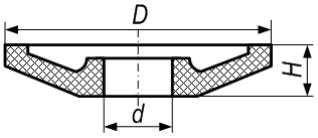
Тип шлифовального круга раньше было принято обозначать заглавными буквами, несущими определенную смысловую нагрузку, например: ПП – прямой профиль; ПВ – плоские с выточкой; Д – диски; К – кольца и т.п. В настоящее время, согласно ГОСТ 2424-83, типы кругов обозначаются цифрами от 1 до 42, табл. 3.32 и 3.33.

Таблица 3.32 **Типы шлифовальных кругов по ГОСТ 2424-83**

Обозначение		Наименование	Внешний вид
Цифровое	Буквенное		
1	ПП	Плоский прямого профиля	
1	ПР	Плоский рифленый	—
—	Д	Диск	—
2	К	Кольцо	
3	ЗП	Плоский с 45° коническим профилем	
4	2П	Плоский с двухсторонним коническим профилем	
4	4П	Плоский с малым углом конического профиля	—
5	ПВ	Плоский с односторонней выточкой	
6	ЧЦ	Чашечный цилиндрический	
23	ПВК	Конический с выточкой	
7	ПВД	Плоский с двухсторонней выточкой	
26	ПВДК	Конический с двухсторонней выточкой	

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.32

Обозначение		Наименование	Внешний вид
Цифровое	Буквенное		
—	ПВДС	С двухсторонней выточкой и ступицей	
9	И	Круг с двухсторонней ступицей	—
10	С	Круг с двухсторонней выточкой и ступицей	—
11	ЧК	Чашечный конический	
14	1Т	Тарельчатый	
14	2Т		
14	3Т		
13	4Т		
—	1ТП	Тарельчатый плоский	
—	2ТП	Тарельчатый плоский	
26	М	Круг с конической и цилиндрической выточками с обоих сторон	—
27, 28	5П	Круг с утопленным центром	—
36, 37, 40	ПН	Круг прямого профиля с запрессованным крепежным элементом	—

Размер шлифовального круга. Под размером круга понимаются размеры в миллиметрах полностью определяющие геометрию абразивного инструмента. Для обычного шлифовального круга это его наружный диаметр, высота и диаметр посадочного отверстия, которые приводятся именно в таком порядке без указания размерности через знак «х», например, 750х80х305, т.е. наружный диаметр круга равен 750 мм, высота (толщина круга) – 80 мм, диаметр посадочного отверстия – 305 мм.

Более сложно обозначаются чашки, круги с выточками и т.п. Размеры кругов регламентируются нормативно-технической документацией, в первую очередь ГОСТами, в которых они, как правило, соответствуют общепринятому в технике размерному ряду. Вообще же пределы размеров абразивного инструмента лежат в очень широком интервале, например, отрезные круги выпускаются от 40 до 2000 мм в диаметре; шлифовальные круги общего назначения от 3 до 1060 мм и т.п. Толщины от долей миллиметра до 1,5 м (для обработки больших поверхностей). Менее широка гамма посадочных отверстий кругов: от 1 до 305 мм. Диаметр посадочного отверстия зависит как правило только от имеющегося станочного оборудования.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.33 **Типы шлифовальных кругов из Эльбора по ГОСТ 17123-79**

Обозначение	Наименование
1A1	Плоские прямого профиля
A8	Плоские прямого профиля без корпуса
1E1, 1E6Q, 1D1	Плоские с двухсторонним коническим профилем
1V1, 1R1	Плоские с односторонним коническим профилем
1F2	Плоские прямого профиля
1F1X	Плоские с полукругло-выпуклым профилем
4V9	Профильные
6A2	Плоские с выточкой
9A3	Плоские с двухсторонней выточкой
12A2-45°, 11A2, 12V5-45°, 12B2, 12C2	Чашечные конические
12R9, 12V9, 12A2-20°, 12R4, 12V5-20°	Тарельчатые
14A1	Плоские прямого профиля
14EE1X	Плоские с двухсторонним коническим профилем

Форма и размер абразивного инструмента определяется в зависимости от конструкции и назначения станка, его размеров, конструкции крепежного приспособления, формы и размеров обрабатываемых деталей, а также площади контакта инструмента с обрабатываемыми поверхностями деталей.

Наиболее просты по форме и универсальны по применению круги типа 1, ПП, которые используются для следующих операций:

- круглого наружного шлифования деталей – преимущественно диаметром 250-1100 мм;
- круглого внутреннего шлифования деталей – преимущественно диаметром до 150 мм;
- бесцентрового шлифования деталей – диаметром 250-600 мм, высотой 100 мм и более (на некоторых станках поточного производства и автоматических линиях применяется набор кругов высотой 700-800 мм;
- плоского шлифования деталей периферией круга – преимущественно диаметром 200-450мм;
- заточки инструментов – диаметром 150-500 мм;
- ручного обдирочного шлифования деталей – преимущественно диаметром 150-600 мм и высотой 32-63 мм;
- резьбо-, шлице- и зубошлифования.

Тонкие круги – диски типа Д применяются для прорезных работ, шлифования пазов и резки материалов.

Круги с выточками тип 5, 23, 7, 26 (ПВ, ПВК, ПВДК, ПВД) представляют собой разновидность кругов типа 1, ПП. Выточки предназначены для более прочного их крепления во фланцах и лучшего доступа круга к шлифуемому месту. Конические выточки у кругов типов ПВК и ПВДК помогают также уменьшить площадь соприкосновения боковой поверхности круга с буртиками и фланцами изделий, обрабатываемых на кругло-шлифовальном станке. Если в уменьшении площади соприкосновения нет необходимости, то для тех же работ применяют круги типов ПВ и ПВД. Круги типа ПВ применяют также для внутреннего шлифования в случае, когда надо подрезать донышко изделия или доработать «в упор».

Круги типов ПР и 36, 37, 4, ПН предназначены для обдирочного и реже для чистового шлифования. Круги типа ПР имеют рифленую рабочую поверхность, и поэтому их применение предпочтительнее там, где существует опасность чрезмерного нагрева обрабатываемого изделия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Круги типов 2, 2П и 4П приспособлены главным образом для заточки многорезцовых инструментов и для шлифования зубьев шестерен. Круги типа 3, ЗП – для заточки пил, Т – фрез. Кольца типов К и 2К, применяемые для плоского шлифования, крепятся в чашечной планшайбе станка каким-либо цементирующим или клеящим веществом. Кольца 2К имеют выточку для более прочного крепления круга.

Круги типа 6, ЧЦ используют при заточке инструментов, при плоском шлифовании, иногда – при обработке отверстий, особенно несквозных. В последнем случае применяют круги с более толстыми стенками.

Круги типа 11, ЧК рекомендуется использовать для заточки инструментов и плоского шлифования, например направляющих станин станков, когда из-за резкого ограничения свободного пространства над обрабатываемой поверхностью нельзя использовать инструменты других форм.

Тарельчатые круги типов 1Т-4Т применяют в случае резкого ограничения свободного пространства вокруг шлифуемой поверхности, а также для заточки и доводки передних граней деталей. Например, для заточки зубьев фрез, лучше использовать круги типа 1Т, для заточки червячных фрез – круги типа 2Т, для обработки зубьев шестерен – круги типа 3Т.

Круги других форм, например сегменты, головки, бруски, предназначены для работы на станках специального назначения.

Сегменты крепятся в патроне и образуют круг с прерывистой кольцевой поверхностью, работающий торцом при плоском шлифовании. Различная форма сегментов обусловлена конструкцией патронов станка. Сегментный круг по сравнению с кольцевым (типов К, 2К) дает некоторое снижение шероховатости поверхности, но позволяет работать с более интенсивными режимами.

Шлифовальные головки сначала крепятся на металлической оправке с помощью клеящего вещества, а затем в патроне, получающем вращение от гибкого вала. С их помощью выполняются операции обработки штампов, матриц, пресс-форм, зачистки отливок и сварных конструкций. Головки типа ГП иногда применяются для внутреннего шлифования.

Для машинной работы (хонингование и суперфиниширование) используют бруски типов БКв, БП, БХ. Остальные типы брусков применяются для ручной работы.

При обработке отверстий, диаметр круга $D_{кр}$ выбирается в зависимости от диаметра отверстия: $D_{кр}=(0,5\text{-}0,9)d_{отв}$, табл. 3.34. Такое соотношение позволяет применять круги оптимальных размеров и создать наиболее рациональный режим шлифования.

Таблица 3.34 **Диаметр шлифовальных кругов при обработке отверстий**

Диаметр отверстия, мм	Диаметр круга, мм	Диаметр отверстия, мм	Диаметр круга, мм
10	9	100	80
20	19	150	110
30	28	300	200-250
40	35	600	250-300
50	40		

Применение кругов различных диаметра и высоты определяется стоимостью единицы полезно используемого объема абразива и скоростью износа круга. Для малых кругов эти показатели всегда выше, так как нагрузку принимает меньшее количество абразивных зерен, в результате чего они быстрее изнашивается. Возникает неравномерный износ круга, ухудшается шероховатость поверхности, возможно снижение производительности. Поэтому рекомендуется использовать возможно большие по диаметру и высоте круги. Применение их позволяет работать на жестких режимах. Однако отсутствие достаточного места для размещения более крупных кругов, недостаточная мощность и жесткость стакана, форма обрабатываемой детали (ступенчатые изделия, тонкие и т.п.) могут ограничивать размеры круга.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Обозначения на абразивных кругах. На торцевой поверхности круга должны быть четко нанесены, рис. 3.395:

- товарный знак предприятия-изготовителя или наименование предприятия-изготовителя;
- условное обозначение круга;
- номер партии.

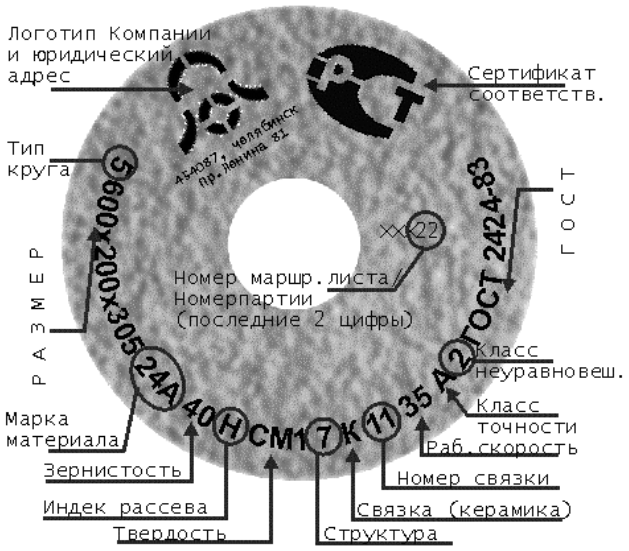


Рис. 3.395. Пример маркировки абразивного круга

Например, круг 5 600х200х305 24А 40-Н СМ1 7 К 11 35 А 2 ГОСТ 2424-83 означает: круг типа 5 наружный диаметр 600 мм, высотой 200 мм, диаметр посадочного отверстия 305 мм, абразивный материал – белый электрокорунд марки 24А, зернистость – 40-Н, степень твердости – СМ1, номер структуры – 7, связка – керамическая К, допустимая скоростью 35 м/с, класс точности – А, класс неуравновешенности – 1.

Примечания:

- маркировка кругов диаметром 40 мм и менее наносится на коробку или упаковку;
- номер партии и класс неуравновешенности допускается наносить на обратной стороне круга;
- маркировку кругов типа 2, 6, 11, 12 и 14 и на кругах диаметром от 40 до 200 мм допускается наносить на периферии круга;
- марка связки не наносится на кругах диаметром 80 мм и менее;
- размер круга, обозначение стандарта и номер партии не наносится на кругах диаметром 250 мм и менее;
- рабочая скорость круга не наносится на кругах диаметром менее 100 мм;

На рис. 3.396 приведена система маркировки абразивных кругов. Данная система позволяет легко ориентироваться в технических характеристиках и облегчает выбор шлифовальных кругов.

Выбор шлифовального круга. При выборе шлифовального круга для работы учитывается множество факторов. Прежде всего – это обрабатываемый материал, он определяет тип абразива. Например, абразив – оксид алюминия или циркониевый оксид алюминия требуются для шлифования сталей и сплавов. Для шлифования литейного чугуна, цветных металлов, неметаллических материалов следует подобрать круг из карбида кремния.

Твердые, хрупкие материалы в основном обрабатываются тонко зернистыми и мягкими кругами. Твердые материалы препятствуют проникновению абразивных зерен и способствуют их быстрому притуплению. Поэтому, сочетание твердого зерна и мягкой связки позволяет освобождаться абразивным зернам из связки по мере их затупления, освобождая новые зерна с острыми гранями. С другой стороны, круги из грубого зерна на твердой связке подбираются для мягких, вязких и легко проникаемых материалов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

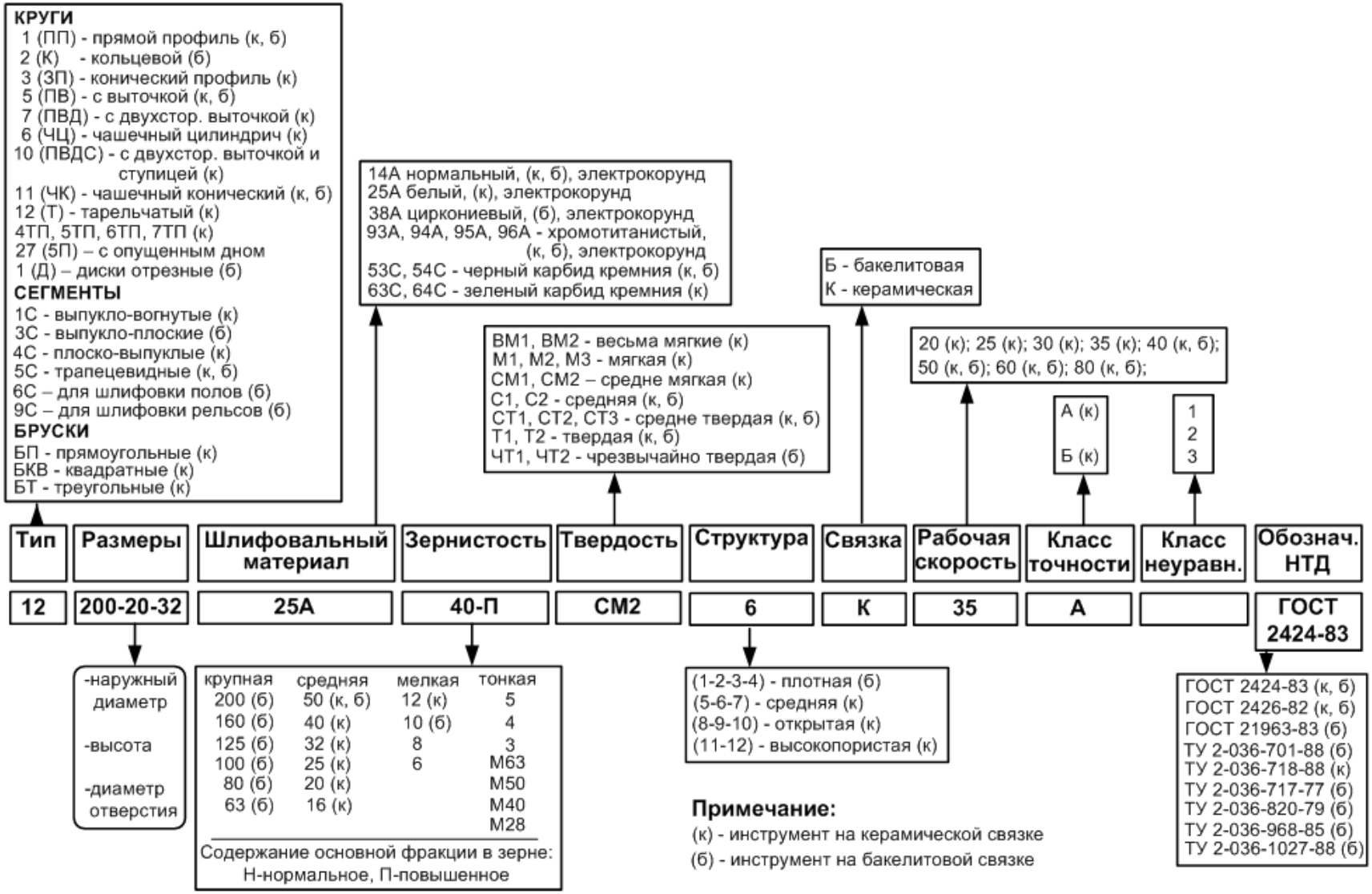


Рис. 3.396. Система маркировки абразивных кругов

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Следует также учесть количество снимаемого материала. Более грубое зерно дает быстрое удаление большого количества материала, поскольку способно проникать глубже и срезать больше. Однако если обрабатываемый материал является труднопроникаемым, мелкозернистый круг будет работать быстрее на той же операции за счет большего количества режущих вершин.

Круги на керамической связке производят быстрое резание. Органическая связка используется, если следует снять меньшее количество материала при более высоких требованиях к окончательной обработке.

Другой фактор, оказывающий влияние на выбор инструмента – это рабочая скорость круга. Обычно керамические круги используются при окружной скорости не превышающей 40 м/с. При большей скорости связка может разрушиться за счет центробежных сил. Органические связки в основном применяются при скорости от 40 до 50 м/с. Для работы на больших скоростях используются круги со специальным укреплением.

Следующий фактор – площадь поверхности шлифования между кругом и обрабатываемой деталью. Для большей площади используются грубое зерно и мягкая связка, что облегчает процесс шлифования за счет проникновения воздуха и охлаждения места контакта и за счет меньшего давления на единицу площади. Меньшие площади требуют мелкозернистых кругов с большей степенью твердости, чтобы выстоять под действием повышенного удельного давления.

Далее, следует учесть условия работы при шлифовании. Условия определяются давлением, оказываемым на круг и на обрабатываемую деталь. Некоторые абразивы специально разработаны для жестких условий работы при шлифовании сталей и сплавов.

Необходимо принять во внимание и мощность станка, более твердые круги используются на станках большей мощности. Если мощность привода меньше принятой для данного диаметра круга, то следует установить более мягкий круг, а если выше – более твердый круг.

В табл. 3.35 приведены рекомендуемые характеристики абразивных инструментов для некоторых видов обрабатываемых изделий.

Таблица 3.35 **Рекомендуемые характеристики абразивных инструментов**

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Сталь быстрорежущая					
Бесцентровое шлифование	14А	25	СМ2	5	К
Внутреннее шлифование	24А	40	М3	5	К
Круглое наружное шлифование	24А	25	СМ1	5	К
Резка – мокрая	14А	40	ЧТ	8	В
Резка – сухая	14А	80	Т2	8	Б
Шлифование плоскостей – плоские круги	24А	40	М1	8	К
Шлифование плоскостей – чашечные круги и цилиндры	24А	40	ВМ1	8	К
Сталь закаленная					
Бесцентровое шлифование	14А	25	С1	5	К
Внутреннее шлифование	24А	40	М3	5	К
Круглое наружное шлифование	14А	25	СМ2	5	К
Отрезка – мокрая	14А	40	СТ	0	В
Отрезка – сухая	14А	63	СТ3	8	Б
Шлифование плоскостей – диски (черновое)	14А	125	М3	4	Б

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Шлифование плоскостей – диски (чистовое)	14А	40	М3	5	Б
Шлифование плоскостей – плоские круги (узкие)	24А	40	М2	8	К
Шлифование плоскостей – плоские круги (широкие)	24А	40	М2	8	К
Шлифование плоскостей – чашечные круги и цилиндры	24А	63	СТ3	8	К
Сталь (обыкновенного качества)					
Бесцентровое шлифование	14А	40	С2	5	К
Внутреннее шлифование	14А	40	С1	5	К
Круглое наружное шлифование	14А	32	С2	5	К
Отрезка – мокрая	14А	40	ЧТ	10	Б
Отрезка – сухая	14А	80	Т2	8	Б
Шлифование плоскостей – диски (черновое)	14А	100	СМ2	4	Б
Шлифование плоскостей – диски (чистовое)	14А	40	СМ1	5	Б
Шлифование плоскостей – плоские круги (узкие)	24А	40	М3	5	К
Шлифование плоскостей – плоские круги (широкие)	24А	40	СМ2	8	К
Шлифование плоскостей – чашечные круги и цилиндры	24А	100	М3	8	К
Сталь нержавеющая					
Бесцентровое шлифование	54С	25	С1	5	К
Круглое наружное шлифование	54С	40	С1	5	К
Без охлаждения	14А	40	Т2	8	Б
Шлифование плоскостей – плоские круги	24А	80	М1	8	К
Шлифование плоскостей – чашечные круги и цилиндры	24А	50	ВМ2	8	К
Стальное литье					
Внутреннее шлифование черновое	14А	80	СТ2	4-5	К, Б
Портативные шлифовальные станки	14А	100	СТ3	4-6	К, Б
Станки с качающейся рамой	14А	125-160	СТ2-Т1	3-5	К, Б
Шлифование поверхностей на станке строгального типа	14А	125-160	СТ2	4-5	К, Б
Шлифование поверхностей на токарных и расточных станках	14А	160	СТ2	8	К
Болванки (сталь легированная и быстрорежущая незакаленная)					
Обдирочное шлифование на переносных станках	13А;14А	50-80	С2-СТ1	—	Б
Обдирочное шлифование на подвесных станках	13А;14А	80-160	СТ1	—	Б

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Болванки (сталь нержавеющая незакаленная)					
Обдирочное шлифование на переносных станках	13А;14А	50-80	С2-СТ1	—	Б
Обдирочное шлифование на подвесных станках	13А;14А	50-125	С2-СТ1	—	Б
Чугун					
Бесцентровое шлифование	53С;54С	40	СМ2	5	К
Внутреннее шлифование	54С	40	М3	5	К
Круглое наружное шлифование	53С;54С	50	М3	5	К
Обдирка (на станке с качающейся рамой)	54С	125	СТ3-Т2	5-7	К, Б
Обдирка (от руки)	54С	100	Т1	8	Б
Обдирка (портативные станки)	54С	100-125	СТ3-Т2	4-5	К, Б
Резка	14А	50	Т1	8	Б
Плоское шлифование – диски	54С	100	СМ1	5	К
Плоское шлифование – плоские круги	54С	100	М3	6	К
Плоское шлифование – чашечные круги и цилиндры	54С	125	С1	5	К
Латунь					
Бесцентровое шлифование	54С	50	С2	5	К
Внутреннее шлифование	54С	50	М3	5	К
Обдирка (от руки)	54С	80	СТ2	4	Б
Резка	14А	50	ЧТ	7	Б
Цилиндрическое шлифование	54С	50	СМ1	5	К
Шлифование плоских поверхностей – диски	54С	100	С1	4	Б
Шлифование плоских поверхностей – чашечные круги и цилиндры	54С	80	С2	8	К
Бронза (мягкая, отожженная при 650 °С)					
Бесцентровое шлифование	54С	50	С2	5	К
Внутреннее шлифование	54С	50	М3	5	К
Обдирка (ручная)	54С	80	СТ2	4	Б
Отрезка	14А	50	ЧТ	7	Б
Цилиндрическое шлифование	54С	50	СМ1	5	К
Шлифование плоских поверхностей – диски	54С	100	С1	4	Б
Шлифование плоских поверхностей – чашечные круги и цилиндры	54С	80	С2	8	К
Бронза (твердая, деформирована на 50%)					
Бесцентровое шлифование	14А	25	М1	5	К
Круглое наружное шлифование	14А	40	СМ2	5	К
Обдирка (ручные шлифовальные камни)	14А	100	СТ3	8	К
Резание	14А	50	ЧТ	7	Б
Шлифование плоскостей – диски	14А	125	СМ2	4	Б

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Медь					
Круглое наружное шлифование	54С	12	М2	8	К
Резка выпаров и литников	14А	80	ВТ	6	В
Резка пруткового материала (мокрая)	14А	25	ЧТ	8	В
Резка труб (мокрая)	14А	16	ЧТ	8	В
Шлифование плоских поверхностей – диски	54С	50	С1	5	Б
Шлифование плоских поверхностей – чашечные круги и цилиндры	54С	125	М2	8	К
Алюминий					
Внутреннее шлифование	53С	50	СМ1	5	К
Круглое наружное шлифование	53С	40-100	СМ1	3	К
Переносимые шлифовальные станки	53С;54С	50-80	СТ2	6	К, Б
Плоское шлифование – диски	53С	100	СМ1	4	Б
Плоское шлифование – чашечные круги и цилиндры	53С	80	М3	8	К
Ручные шлифовальные станки	13А;54С	50-80	СТ1	4	К, Б
Арматурная сталь (сталь конструкционная незакаленная)					
Внутреннее шлифование	23А	16-32	СМ1-СМ2	—	К
Круглое наружное шлифование	13А;15А	25-63	С1-С2	—	К
Арматура (чугун серый)					
Круглое наружное обдирочное шлифование	53С;54С	80-125	СТ1-СТ2	—	Б
Бабка металлорежущих станков (чугун серый)					
Плоско-обдирочное шлифование	53С;54С	80-125	СТ1-СТ2	—	Б
Блоки зубчатых колес коробок скоростей передач (сталь легированная)					
Окончательное шлифование	14А;24А	25-40	С1-С2	—	К
Окончательное шлифование внутреннее	23А;24А	16-32	С2-СТ1	—	К
Окончательное шлифование круглое наружное	25А	25-40	С1-С2	—	К
Плоское шлифование: предварительное	13А;14А	40-63	СТ1-СТ2	—	Б
Блоки цилиндров (чугун серый)					
Хонингование – окончательное	63С	М28-М40	М3-СМ1	—	К
Хонингование – предварительное	53С	8-10	С1-С2	—	К
Бойки для молотков (сталь инструментальная углеродистая закаленная)					
Окончательное шлифование круглое наружное	15А;24А	40-50	С1-С2	—	К
Окончательное шлифование плоское	15А;24А	40-63	СМ2-С1	—	К
Плоское обдирочное шлифование: периферией круга	13А;14А	50-80	СТ2-СТ3	—	Б
Болты (сталь цементированная)					
Бесцентровое шлифование	14А	20	С2	4	К
Круглое шлифование	14А	25	СМ2	5	К

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Болты для автотракторных шатунов (сталь конструкционная закаленная)					
Круглое наружное и бесцентровое шлифование	14А;15А; 24А	25-40	СМ2-С1	—	К
Болты для автотракторных шатунов (сталь конструкционная незакаленная)					
Бесцентровое шлифование: окончательное	14А;15А; 24А	25-40	С2-СТ1	—	К
Круглое наружное шлифование: предварительное	14А;15А; 24А	40-63	С1-С2	5	К
Валки опорные (сталь литая)					
Новые или перешлифовка износившихся – черновое и чистовое шлифование	14А	80	С2	5	Б
Валки для горячей прокатки (чугун отбеленный)					
Новые валки – удаление трефов	54С	80	ВТ	2	Б
Новые валки – черновое шлифование (на станках стандартного типа)	54С	100	Т1	4	Б
Новые валки – черновое шлифование (на тяжелых мощных станках)	54С	100	ВТ	2	Б
Новые валки – чистовое шлифование	54С	63	С2	7	Б
Перешлифовка – проточка для удаления трещин от нагревания	54С	80	СТ1	5	Б
Перешлифовка черновая	54С	50	С2	7	Б
Перешлифовка черновая (на более легких станках)	54С	63	СМ2	7	Б
Валки для холодной прокатки					
Круглое наружное шлифование окончательное	63С	5-6	СМ1-СМ2	—	К
Круглое наружное шлифование предварительное	53С	40-63	СТ1-СТ2	—	—
Перешлифовка	53С	40-50	СТ-СТ1	—	Б
Валки для холодной прокатки (закаленная сталь)					
Новые валки – черновое шлифование после закалки	24А	40	СМ2	5	К
Новые валки – чистовое шлифование	24А	12	М3	6	К
Перешлифовка – для быстрого резания и для получения матовой гладкой поверхности	24А	12	М3	6	К
Перешлифовка – для сверхкачественной отделки	54С;25А	М40	ВМ2	7	Б
Перешлифовка на маломощных станках	24А	10-16	С1	5	Глифталевая
Валки для холодной прокатки (отбеленный чугун)					
Новые валки – черновое шлифование	54С	100	Т1	4	Б
Новые валки – чистовое шлифование	54С	16	СМ2	7	Б

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Перешлифовка – для быстрого резания и для получения матовой гладкой поверхности	54С	16	СМ2	7	К
Перешлифовка на маломощных станках	54С	16	С1	5	Глифталевая
Перешлифовка – особо чистая отделка	54С	М63	М2	8	Глифталевая
Валки для холодной прокатки (сталь хромистая закаленная)					
Доводка	63С	М14-М28	СМ1-СМ2	—	Б
Круглое наружное шлифование	14А;15А	40-50	С1-С2	—	К
Круглое наружное шлифование окончательное	24А;25А	5-6	СМ1-СМ2	—	Б
Круглое наружное шлифование предварительное	24А;25А	10-12	СМ1-СМ2	—	К
Перешлифовка	23А;24А	16-25	СМ2-С1	—	К
Валки для холодной прокатки (сталь хромистая незакаленная)					
Круглое наружное шлифование	13А;14А	40-50	С1-СТ1	—	Б
Валки для холодной прокатки (сталь конструкционная незакаленная)					
Круглое наружное шлифование	15А;16А; 23А	25-40	С2-СТ3	—	К
Валы коленчатые (сталь конструкционная легированная незакаленная)					
Круглое наружное шлифование коренных шеек предварительное	23А;33А	25-40	С2-СТ1	—	К
Круглое наружное шлифование коренных шеек предварительное	43А	16-25	СТ2-СТ3	—	К
Круглое наружное шлифование коренных шеек окончательное	43А	16-25	СТ1-СТ2	—	К
Круглое наружное шлифование шатунных шеек предварительное	23А;33А	40-50	СТ1-СТ2	—	К
Круглое наружное шлифование шатунных шеек окончательное	24А;34А	25-40	СТ1-СТ2	—	К
Круглое наружное шлифование шеек вала для маховика	23А;33А	25-40	СТ1-СТ2	—	К
Круглое обдирочное шлифование шеек и мест для балансировки	14А;15А	80-125	СТ2-СТ3	—	К
Перешлифовка шеек	23А;33А	25-40	СТ1-СТ2	—	К
Суперфиниширование	24А;25А	М28-М40	М3-СМ1	—	К
Валы кулачковые распределительные для двигателей автомобилей и тракторов (сталь конструкционная легированная закаленная)					
Круглое наружное шлифование кулачков предварительное	14А;15А	40-63	СМ2-С1	—	К
Круглое наружное шлифование кулачков предварительное	14А	40-63	С1-С2	—	Б

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Круглое наружное шлифование кулачков предварительное	15А;24А	16-32	СМ2-С1	—	К
Круглое наружное шлифование кулачков окончательное	43А	25	С1-С2	—	К
Круглое наружное шлифование кулачков окончательное	13А;14А	12-16	СТ	—	В
Круглое наружное шлифование торцов кулачков	14А;15А	40-63	С1-С2	—	К
Круглое наружное шлифование шеек предварительное	14А	40-63	С1-С2	—	—
Круглое наружное шлифование шеек окончательное	15А;24А	25-40	СМ2-С1	—	К
Валы рулевого управления автомобилей (сталь)					
Бесцентровое шлифование	15А;24А	16-25	С1-С2	—	К
Винты ходовые длиной до 1000 мм (сталь хромистая закаленная)					
Шлифование резьбы предварительное	43А	8-12	ВМ2-М1	—	К
Шлифование резьбы: предварительное	43А	16	М1-М2	—	К
Шлифование резьбы окончательное	Эльбор	Л10-Л12	М3-СМ2; 100%	—	К
Втулки ступиц заднего колеса автомобиля (сталь конструкционная незакаленная)					
Внутреннее шлифование	14А;15А	25-40	СМ2-С1	—	К
Гильзы цилиндров автотракторных двигателей (чугун серый)					
Внутреннее шлифование	53С	25-40	СМ1-СМ2	—	К
Круглое наружное шлифование	53С	40-50	СМ2-С1	—	К
Плоское шлифование	14А;15А	25-40	СМ2-С1	—	К
Хонингование окончательное	АСМ	10-14	100%	—	Б
Хонингование предварительное	63С;64С	М20-М28	М3-СМ1	—	М
Хонингование предварительное	63С	8-10	С1-СТ1	—	—
Хонингование предварительное	63С	10-12	СТ3-Т1	—	К
Хонингование предварительное	АСР	125-160	50%	—	Б
Хонингование окончательное	63С	3-4	СМ2-С1	—	К
Гильзы цилиндров дизельного двигателя (сталь азотированная)					
Внутреннее шлифование предварительное	23А	25-40	С1-С2	—	К
Внутреннее шлифование предварительное	23А	40-50	С2-СТ1	—	Б
Внутреннее шлифование окончательное	63С	6-10	СМ1-СМ2	—	К
Хонингование	63С	М20-М28	М3-СМ1	—	К
Детали алюминиевые (алюминий и его сплавы)					
Круглое наружное шлифование окончательное	53С;54С	16-25	СМ1-СМ2	—	К
Круглое наружное шлифование предварительное	53С;54С	40-50	СМ2-С1	—	К

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Плоское шлифование периферией круга	53С;54С	40-50	СМ1-СМ2	—	К
Плоское шлифование торцом круга	53С;54С	50-80	СМ1-СМ2	—	Б
Детали бронзовые (бронза мягкая, отожженная при 650 °С)					
Бесцентровое шлифование	53С;54С	40-50	С1-С2	—	К
Внутреннее шлифование	53С;54С	25-40	СМ1-СМ2	—	К
Круглое наружное шлифование	53С;54С	40-50	СМ1-СМ2	—	К
Плоское шлифование периферией круга	53С;54С	50-80	СМ2-С1	—	Б
Плоское шлифование торцом круга	53С;54С	80-125	СМ1-СМ2	—	Б
Детали бронзовые (бронза твердая, деформирована на 50%)					
Бесцентровое шлифование	23А	16-25	СМ2-С1	—	К
Внутреннее шлифование	23А;24А	16-25	СМ1-СМ2	—	К
Круглое наружное шлифование	23А	40-25	СМ2-С1	—	К
Резка	13А;14А	40-50	СТ2-СТ3	—	Б
Плоское шлифование	54С	50-80	С1-С2	—	Б
Долота и стамески (сталь инструментальная углеродистая и быстрорежущая закаленная)					
Заточка	14А	25-40	СМ2-С1	—	К
Плоское шлифование	15А	50-80	СМ2-С1	—	К
Плоское шлифование	15А	40-50	С2-СТ1	—	Б
Зубила (сталь инструментальная углеродистая закаленная)					
Заточка	23А	25-40	С2-СТ1	—	К
Обдирочное шлифование	13А;14А	50-80	СТ1-СТ2	—	Б
Карбиды (твердые сплавы)					
Абразивное зерно с чугунным диском	54С	М20	—	—	—
Внутреннее шлифование	А	8	—	—	Б
Задняя заточка чашечным кругом (шлифовка фрез) – черновая (без охлаждения)	64С	25	М2	7	К
Задняя заточка чашечным кругом (шлифовка фрез) – чистовая (без охлаждения)	64С	5	М3	7	К
Круглое наружное шлифование – черновое (с охлаждением)	14А	25	СМ2	7	К
Круглое наружное шлифование: чистовое (с охлаждением)	14А	5-12	М3	7	К
Резка	А	12	—	—	М
Притирка чашечными кругами (мокрая)	А	М20	ВМ2	—	Б
Хонингование от руки прямоугольными брусками	54С	М40	С2	—	К
Шлифование на станке плоским кругом (для резцов) – черновое и чистовое (мокрое)	64С	16	М3	7	К
Шлифование на станке чашечным кругом (для резцов) – черновое (мокрое)	64С	25	М1	7	К
Шлифование на станке чашечным кругом (для резцов) – чистовое (мокрое)	64С	25	М1	7	К

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Шлифование от руки плоским кругом (для сверх качественной отделки) – черновое (мокрое)	64С	25	М3	7	К
Шлифование от руки плоским кругом (для сверх качественной отделки) – черновое (сухое)	64С	25	М3	7	К
Шлифование от руки плоским кругом (для сверх качественной отделки) – чистовое (мокрое)	64С	12	М2	7	К
Шлифование от руки плоским кругом (для сверх качественной отделки) – чистовое (сухое)	64С	12	М1	7	К
Шлифование от руки чашечным кругом – черновое (мокрое)	64С	16	М1	7	К
Шлифование от руки чашечным кругом – черновое (сухое)	64С	25	М3	7	К
Шлифование от руки чашечным кругом: чистовое (мокрое)	64С	5-12	М1	7	К
Шлифование от руки чашечным кругом – чистовое (сухое)	64С	5-12	М1	7	К
Шлифование поверхностей плоским кругом – черновое (мокрое)	64С	25	М3	7	К
Шлифование поверхностей плоским кругом – черновое (сухое)	64С	25	М2	7	К
Шлифование поверхностей плоским кругом – чистовое (мокрое)	64С	5-12	М2	7	К
Шлифование поверхностей плоским кругом – чистовое (сухое)	64С	5-12	М1	7	К
Клапаны автотракторных двигателей (сталь конструкционная закаленная)					
Бесцентровое шлифование стержня – окончательное	14А;15А	16-25	С1-С2	—	К
Бесцентровое шлифование стержня по радиусу и конусу	14А;15А	12-16	Т2-ВТ1	—	К
Бесцентровое шлифование стержня – предварительное	14А;15А	10-25	С2-СТ1	—	К
Круглое наружное шлифование фаски клапана	23А	10-12	СТ2-СТ3	—	К
Круглое наружное шлифование фаски стержня	23А	16-25	С1-С2	—	К
Плоское шлифование торцов стержня – предварительное	13А;14А	50-80	СМ2-С1	—	Б
Плоское шлифование торцов стержня – окончательное	14А;15А	25-40	СМ1-СМ2	—	Б
Матрицы штампов (сталь инструментальная)					
Плоское шлифование	15А;23А	40-50	СМ1-СМ2	—	К

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Матрицы штампов (сталь легированная, закаленная)					
Плоское шлифование	14А;15А	40-50	СМ2-С1	—	Б
Напильники **(**сталь инструментальная углеродистая закаленная)					
Бесцентровое шлифование	14А;15А	25-40	СТ1-СТ2	—	К
Плоское обдирочное шлифование	23А	40-50	СТ1-СТ2	—	К
Плоское обдирочное шлифование	13А;14А	50-80	СТ1-СТ3	—	Б
Направляющие станков (сталь конструкционная углеродистая и легированная закаленная)					
Плоское шлифование	Эльбор	Л8-Л10	100%	—	Б
Направляющие станков (чугун серый и модифицированный)					
Плоское шлифование предварительное	53С;54С	50-80	СМ1-СМ2	—	Б
Плоское шлифование предварительное	23А	50	М3-СМ1	—	К
Плоское шлифование окончательное	53С;24А	25-40	СМ1-СМ2	—	К
Плоское шлифование окончательное	Эльбор	Л12-Л16	100%	—	Б
Отбеленный чугун					
Обдирка (от руки)	54С	125	Т1-СТ2	5	К, Б
Обработка поверхностей – плоские круги	54С	50	М2	8	К
Обработка поверхностей – чашечные круги и цилиндры	54С	80	М1	8	К
Резцы (сталь инструментальная углеродистая и легированная закаленная)					
Доводка рабочей части	63С	5-6	СМ2-С1	—	Б
Заточка рабочей части окончательная	23А;24А	16	СМ1-СМ2	—	К
Заточка рабочей части окончательная	Эльбор	Л8-Л12	100%	—	Б
Заточка рабочей части предварительная	23А;24А	25-40	СМ2-С1	—	К
Резцы (металлокерамический сплав)					
Доводка рабочей части	АСР	100-125	100%	—	М
Доводка рабочей части	63С;64С	5-6	СМ2-С1	—	Б
Доводка рабочей части	АСР	80-100	100%	—	Б
Заточка рабочей части предварительная	63С	25-40	СМ1-СМ2	—	К
Заточка рабочей части предварительная	63С	25-40	С1-С2	—	Б
Заточка рабочей части окончательная	63С;64С	16-25	СМ1-СМ2	—	Б
Заточка рабочей части окончательная	63С;64С	16-25	М3-СМ1	—	К
Сварные швы (сталь нержавеющая)					
Портативные шлифовальные станки	14А	100	ВТ	8	В
Сварные швы (сталь углеродистая легированная)					
Портативные шлифовальные станки	14А	100	СТ3	4-8	К, Б

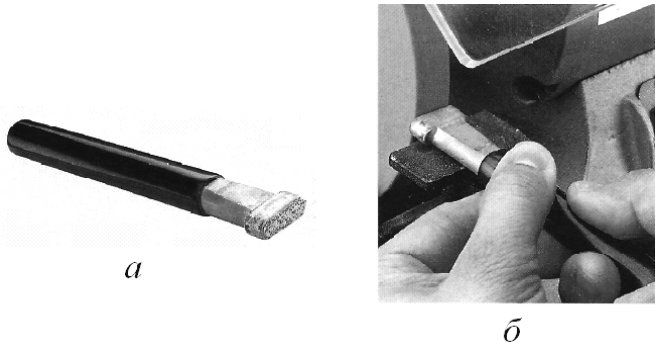
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 3.35

Вид шлифования	Шлифовальный материал	Зернистость	Твердость	Структура	Связка
Сварные швы (сталь конструкционная)					
Зачистка мест сварки	13А;14А	80-125	СТ1-СТ2	—	Б
Шестерни (сталь закаленная)					
Внутреннее шлифование	14А	40	СМ2	5	К
Диски (удаление заусенцев)	14А	63	СМ2	5	Б
Зубья (прецизионная шлифовка, методом обкатки)	24А	25	М3	5	К
Зубья (фасонная, прецизионная шлифовка)	24А	25	СМ1	5	К
Плоское шлифование – плоские круги	24А	40	СМ2	5	К
Плоское шлифование – сегменты	24А	63	М3	8	К
Плоское шлифование – чашечные круги и цилиндры	24А	63	М2	8	К

Подготовка круга к работе. Правка. Большинство операций с абразивным инструментом требуют подготовки круга перед началом работы – правки.

Правка – это обтачивание круга по периферии более твердым абразивом. Обычные абразивы обтачиваются (правятся) алмазными карандашами, рис. 3.397. Суперабразивы правятся электроразрядным методом.



а *б*

Рис. 3.397. Алмазный карандаш (*а*) и правка круга алмазным карандашом (*б*)

Правка кругов производится при рабочей скорости. Перед началом обточки следует дать кругу 1-2 мин. свободно вращаться для прогрева приводного механизма. Во время правки стачивается небольшой слой с периферии абразивного круга.

С помощью правки, во-первых, устраняется возможное смещение круга относительно шпинделя, круг центрируется, балансируется и принимает идеальную форму применительно к приводу, на котором он установлен. Можно сказать, что инструмент «притирается» к станку. Поэтому не рекомендуется переставлять рабочий круг на другой станок, т.к. это потребует дополнительной правки. Обычно круг остается на своем месте до полного износа.

Во-вторых, с помощью обточки придают кругу необходимую форму (профилирование) для шлифования профильных изделий. В-третьих, добиваются начальной шероховатости рабочей стороны круга в соответствии с требуемой чистотой шлифования.

Качество обработки абразивного круга задается глубиной врезки и скоростью подачи правящего инструмента (поперечное перемещение инструмента относительно радиуса круга). Обточка абразивного круга, похожа на точение резцом и производится в несколько этапов. Вначале алмазный карандаш врезается глубоко в тело круга и перемещается быстро,

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

снимая большой слой абразива для его подгонки к приводу. Далее, в 5-6 проходов с постепенным уменьшением глубины резания и скорости перемещения алмазного карандаша вдоль торцевой поверхности круга придается необходимая шероховатость.

С помощью правки круг восстанавливает свои режущие свойства. Алмаз, снимая заданный слой, скалывает шлифовальные зерна, открывая их режущие кромки. Круг подвергается правке по мере «засаливания» и затупления абразивных зерен. «Засаливание» – это явление забивания пор круга стружкой, мелкими частицами, грязью.

Применяются три способа правки: обтачиванием, обкатыванием и шлифованием.

Правка обтачиванием. Правящий инструмент выполняет роль резца, а скорость правки равна скорости вращения шлифовального круга. Такой способ, будучи наиболее простым и надежным, вместе с тем вызывает наибольшее изнашивание правящего инструмента и этим условиям может удовлетворять лишь алмазный инструмент, обладающий наибольшей износостойкостью.

Правку обтачиванием применяют главным образом для автоматической и профильной правки, а также для кругов, используемых для прецизионного шлифования по 6-му квалитету и шероховатости поверхности Ra=0,32 мкм и менее.

Правящим инструментом при правке обтачиванием служат алмазные карандаши; алмазные зерна (с естественными гранями), закрепленные в оправах; алмазные инструменты, режущая часть которых искусственно огранивается (шлифуется) по определенной геометрической форме (резцы, иглы, гребенки).

Основные преимущества алмазных карандашей (ГОСТ 607-80): простота конструкции, жесткость, возможность изменения характеристики по размерам, количеству и расположению алмазов, равномерное распределение рабочей нагрузки между алмазными зернами, меньшая опасность разрушения алмазов, минимальное время установки и правки, возможность полного использования алмазов и наиболее низкая их стоимость. Поэтому они являются самым распространенным видом правящего инструмента.

Алмазные карандаши делятся на типы 01, 02. 03 и 04. Назначение карандашей типа 01 с расположением алмазов по оси инструмента такое же, как и карандаша с одним алмазом. В карандашах типа 02 алмазы могут быть расположены с перекрытием слоев, чтобы по мере изнашивания одного слоя алмазов вступали в работу алмазы последующего слоя. В карандашах типа 03 алмазы расположены по сферической поверхности в один слой, при этом вершины алмазов выступают равновысотно над уровнем связки, благодаря чему достигается более открытая структура рабочей поверхности круга с повышенной режущей способностью. Карандаш типа 03 должен быть расположен под углом 15° к поверхности круга, с тем, чтобы по мере изнашивания поворотом вокруг оси можно было вводить новые участки сферы алмазного карандаша. Карандаши типа 04 изготовляют из мелких алмазных порошков, они способны при правке формировать острые кромки круга, обладающие достаточно высокой режущей способностью.

Карандаши типов 02 и 04 устанавливают в радиальном направлении относительно рабочей поверхности круга, карандаши типов 01 и 03 – с наклоном в 10-15° относительно радиального направления в сторону вращения круга.

Кристальные алмазные правящие инструменты разделяются на инструменты из алмазов естественной формы и обработанных (ограненных) алмазов.

Алмазный однокристальный инструмент с зернами естественной формы имеет более острые режущие кромки, которые ориентированы при установке алмаза в оправе. Поэтому инструмент работает с меньшими усилиями правки, что весьма важно при правке кругов на вулканитовой связке, резьбошлифовании (однониточным кругом), шлицешлифовании, зубошлнфовании и других случаях, где необходимо получить острые тонкие режущие кромки или уменьшить упругие отжатия круга на вулканитовой связке в процессе его правки.

Для рационального использования алмазов необходимо переставлять зерна новой острой вершиной вверх, когда площадка износа достигает 1-2 мм^2.

В ограненных алмазных инструментах придается определенная геометрическая форма алмазу, и создаются режущие кромки, ориентированные по вектору твердости. Этот ин-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

струмент необходим для образования сложных профилей и одновременной правки периферийных и торцовых поверхностей по копиру.

Карандаш типа Ц и алмазные кристальные инструменты должны устанавливаться под углом 15°, а карандаши тина С – под углом 2-5° к оси, проходящей через центр круга с наклоном в сторону его вращения.

Правка обкатыванием. Правку осуществляют правящими дисками, получающими вращение от контакта их образующей со шлифовальным кругом. Метод обкатывания, где скорость правки варьирует от 0,1 до 5 м/с, способствует наименьшему изнашиванию правящего инструмента, поэтому в качестве инструмента для правки можно применять металлические и твердосплавные диски. Скорость правки регулируется поворотом оси правящего диска относительно оси шлифовального круга.

Металлические диски применяют преимущественно на обдирочных и предварительных операциях шлифования кругами на бакелитовой связке, работающими в режиме самозатачивания, где основное назначение правки сводится к периодическому восстановлению геометрической формы из-за неравномерного изнашивания при шлифовании. Металлические диски работают при скорости правки 0,1-0,5 м/с. Твердосплавный правящий инструмент используют в виде монолитных твердосплавных дисков и металлических дисков со спеченной крошкой твердого сплава. Диски на твердосплавной крошке обладают более высокой износостойкостью и более эффективно восстанавливают режущие свойства круга.

Монолитные диски имеют меньшие габариты и легче встраиваются в блоки, имеющие ограниченное место для размещения правящих средств.

Твердосплавные диски работают при скорости правки 3-5 м/с, их применяют на операциях шлифования с ручным циклом, где по условиям обработки применение алмазного инструмента не допускается.

Правка шлифованием. В этом случае правку осуществляют принудительным вращением цилиндрического правящего инструмента – алмазным роликом или абразивным правящим кругом.

Правящий алмазный ролик вращается от индивидуального электропривода. Правку производят на рабочей скорости шлифовального круга, при этом правящему алмазному ролику сообщается встречное или попутное вращение со скоростью 10-30 м/с. Применяют два метода правки: на проход и врезанием.

Алмазный ролик, вследствие чрезвычайно малого изнашивания осуществляет до 50-100 тыс. правок, упрощает наладку и обеспечивает однородность качества деталей в условиях массового производства.

При правке методом шлифования используются также шлифовальные круги из карбида кремния черного твердостью ВТ и ЧТ.

Правка алмазных кругов. Правку и чистку кругов выполняют в случаях «засаливания» режущей поверхности, при неравномерном износе и необходимости восстановления заданной формы круга.

Наиболее простыми и доступными являются правка методом обтачивания абразивными брусками и шлифования абразивными кругами.

Абразивные бруски при правке закрепляют в тисках или специальных приспособлениях на столе плоскошлифовального или заточного станка, Алмазный круг при правке вращается на обычной рабочей скорости.

Алмазные круги на металлической связке следует править кругами из карбида кремния зеленого зернистостью 40-25, твердостью СТ1-СТ2, а алмазные круги на органической связке – кругами из карбида кремния зеленого зернистостью 16-8, твердостью СМ2-С1 на керамической связке.

Правку кругов желательно производить с охлаждением. Чистку алмазных кругов осуществляют пемзой или брусками из белого электрокорунда зернистостью 16-12, твердостью СМ2 с жестким креплением правящего инструмента.

Правка эльборовых кругов. Круги на керамической связке правят алмазно-металлическими карандашами типа 01 (Ц) и алмазами в оправе методом обтачивания. Скорость про-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

дольной подачи правящего инструмента 50-60 мм/мин, глубина врезания 5-6 мкм. Круги на органических связках правят алмазными кругами зернистостью 100/80 концентрацией 100% на связке М1 методом шлифования. Скорость алмазного круга 15-20 м/с, продольная подача 100-150 мм/мин, глубина врезания 3-5 мкм. Круги на металлической связке правят абразивными кругами из карбида кремния методом шлифования. Характеристика правки круга 63С16СМ1-СМ25К – скорость круга 15-20 м/с, продольная подача 100-150 мм/мин, глубина врезания 3-5 мкм.

Гибкий шлифовальный инструмент (шлифовальная шкурка). Шлифовальная шкурка, как уже отмечалось, это абразивный инструмент на гибкой основе с нанесенным на нее слоем или несколькими слоями шлифовального материала, закрепленного связкой с дополнительным покрытием. Для крепления шлифовальной шкурки к инструменту на нижнюю часть основы может наноситься крепление «липучка», рис. 3.398. Гибкий шлифовальный инструмент применяется в виде шлифовальных листов, бесконечных лент, бобин, дисков, трубок, колец, конусов, лепестковых шлифовальных кругов и т.п.

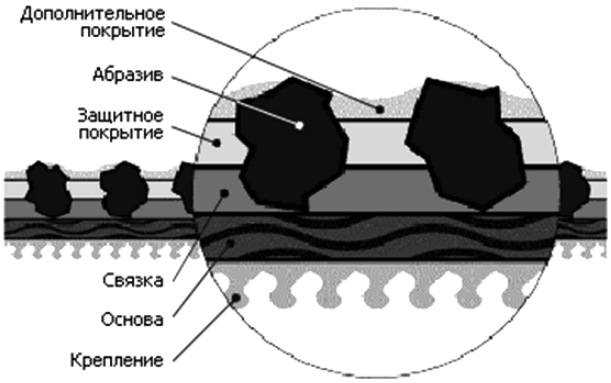


Рис. 3.398. Структура шлифовальной шкурки

Шлифовальная шкурка на тканевой и бумажных основах изготавливается с использованием шлифовального зерна, порошков и микропорошков на поточных механизированных линиях. Неводостойкая шлифовальная шкурка изготавливается с применением в качестве клеящего вещества мездрового клея; водостойкая – с применением синтетических смол и лаков.

Рулон бумаги или аппретированной ткани устанавливается на размоточное устройство. Основа проходит через маркировочную машину, где производится нанесение маркировки на неработающую сторону основы. Нанесение клеевого слоя на работающую сторону основы производится на двухвалковой клеенаносящей машине. Толщина наносимого слоя регулируется изменением зазора между валками. Далее основа с клеящим веществом проходит в гравитационную или электростатичекую машину, где производится нанесение шлифматериала. Нанесенное зерно вдавливается в слой клея стальным валиком. Плохо приклеившееся зерно удаляется с основы отбойниками.

Основа с абразивным слоем подсушивается в гирляндном сушиле, после чего поступает на вторую клеенаносящую машину, где производится нанесение закрепляющего слоя клея. Окончательная сушка шкурки производится во втором гирляндном сушиле при температуре 30-40°С (для неводостойкой шкурки) и 90-130°С (для водостойкой шкурки). Из сушильной камеры полотно шлифовальной шкурки поступает на намоточный станок для получения стандартных размеров. Рулонная шкурка на бумажной основе поступает на листорезательную машину и разрезается на стандартные листы. Некоторые виды шкурки на ткани подвергаются операции изгиба.

В зависимости от назначения шлифовальной шкурки и требований к прочности при эксплуатации для ее изготовления применяют ткани хлопчатобумажные, смешанные, (основа хлопчатобумажная, а уток – вискозная техническая нить), синтетические (капрон, лавсан), бумагу, фибру, комбинированную основу (ткань + бумага).

Основа. Выбор основы обусловлен нагрузками при шлифовании. Саржи, особо легкая, легкая и средняя применяются для изготовления шкурки, предназначенной для работы со средними нагрузками. Такие ткани, как саржа утяжеленная, ткань с вискозно-технической нитью в утке (уток – поперечные нити ткани, расположенные перпендикулярно к нитям основы и переплетающиеся с ними), применяются на особо тяжелых операциях. Шифон, капрон и плащевая ткань предназначены для изготовления более эластичной шкурки. Бумаги марок 0-140 (П1) и 0-200 (П2) используются при изготовлении неводостойкой шкурки, пред-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

назначенной для работы со средними нагрузками, а бумаги марок 0-240 (П5) и БВ-225 (П9) – при изготовлении неводостойкой шкурки, предназначенной для работы с большими нагрузками.

Связка. Для изготовления шлифовальной шкурки применяют связки различных видов и марок. При изготовлении неводостойких тканевых, бумажных и комбинированных шкурок, предназначенных для абразивной обработки без охлаждения или с применением охлаждающей жидкости на основе масла, керосина и уайтспирита, используется мездровый клей, мездровый клей в сочетании с фенолформальдегидными смолами, казеиновый клей.

Водостойкая бумажная шлифовальная шкурка изготовляется с применением алкидного лака марки ПФ-587, лака марки ЯН-153, эпоксиэфирного лака.

Водостойкая тканевая шлифовальная шкурка изготовляется на синтетических фенолоформальдегидных связках. Синтетические связки обеспечивают получение более качественной шлифовальной шкурки, которая может применяться как без охлаждения, так и с охлаждением.

Для изготовления шлифовальной шкурки на фибровой основе применяются органические связки – жидкий бакелит и фенолформальдегидные жидкие смолы.

Абразивные материалы. Шлифовальную шкурку изготовляют из нормального, белого и легированного электрокорундов, зеленого и черного карбидов кремния, граната, хромотитанистого электрокорунда, эльбора и алмаза. Выбор вида шлифматериала для изготовления шкурки зависит от обрабатываемого материала.

Выбирать абразивный материал, учитывая только твердость зерна, неверно, так как на долговечность шлифовального инструмента и качество шлифования значительное влияние оказывают: тип связки и защитного покрытия; размер абразивных зерен; плотность нанесения абразивных зерен; материал основы. Так же необходимо учитывать и экономическую целесообразность использования того или иного абразивного материала. Так, например, стоимость оксида циркония значительно выше стоимости оксида алюминия или карбида кремния.

Виды, типы и области применения. В зависимости от условий и требований, предъявляемых при эксплуатации, шлифовальная шкурка выпускается следующих видов:

- неводостойкая (тканевая, бумажная и комбинированная) на мездровом клее или на других водорастворимых связках;
- водостойкая (тканевая и бумажная).

В зависимости от назначения неводостойкая и водостойкая шлифовальная шкурка на различных основах изготовляется двух типов:

- неводостойкая тканевая по ГОСТ 5009-82:
  тип 1 – для машинной обработки неметаллических материалов, металлов и сплавов низкой твердости и для ручной обработки различных материалов;
  тип 2 – для машинной и ручной обработки твердых и прочих невязких материалов.
- водостойкая тканевая по ГОСТ 13344-79:
  тип 1 – для машинной и ручной обработки древесины, пластмасс, лаковых покрытий, сплавов низкой твердости;
  тип 2 – для машинной и ручной обработки твердых и прочновязких металлов и сплавов;
- неводостойкая бумажная по ГОСТ 6456-82:
  тип 1 – для машинной и ручной обработки неметаллических материалов (дерева, кожи, резины, пластмассы и т.п.);
  тип 2 – для машинной и ручной обработки металлов и сплавов.

В табл. 3.36 приведена рекомендуемая скорость резания при обработке различных материалов.

Условные обозначения: Маркировка шлифшкурки наносится на нерабочей части поверхности рулона через каждые (235±20) мм в продольном и через каждые (200±20) мм в поперечном направлениях, при этом должны быть нанесены: товарный знак предприятия-изготовителя; условное обозначение; номер партии.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.36 **Рекомендуемые скорости резания в зависимости от материала заготовки**

Материал заготовки	Скорость резания, м/с	Тип абразива
Углеродистая сталь	32-38	Элетрокорунд
Серый чугун	30-45	Элетрокорунд
Титан	6-14	Карбид кремния
Алюминий	35-50	Элетрокорунд
Цветные металлы	32-45	Карбид кремния
Стекло, фарфор, керамика	10-20	Карбид кремния
Кожа, резина, фетр	15-28	Элетрокорунд
Лак, шпатлевка, пластик	5-15	Элетрокорунд
Дерево и фанера из мягких пород	10-20	Карбид кремния
Дерево и фанера из твердых пород	15-30	Карбид кремния
ДСП	15-40	Карбид кремния

Условное обозначение различных видов шлифшкурки несколько отличаются друг от друга. Ниже приведены примеры условных обозначений преимущественно используемых видов шлифовальных шкурок.

2 830 Х 50 С2 24А 40-Н М, ГОСТ 5009-82 означает – неводостойкая шлифовальная шкурка на тканевой основе типа 2, шириной 830 мм, длиной 50 м, на сарже средней №2 суровой (С2), из белого электрокорунда 24А, зернистостью 40, содержание основной фракции не менее 45% (Н), на мездровом клее.

1Л 230 Х 280 П8 53С 16-П М ГОСТ 6456-82 означает – неводостойкая шлифовальная шкурка на бумажной основе типа 1 в листах, шириной 230 мм, длиной 280 мм, на бумаге (П8), из черного карбида кремния марки 53С, зернистостью 16, содержание основной фракции не менее 55% (П), на мездровом клее.

В настоящее время, все чаще и чаще, обозначение шлифшкурки производят в соответствии с Европейским стандартам, табл. 3.37. Например, обозначение серии шлифшкурки KK10XW расшифровывается следующим образом: шлифматериал – электрокорунд, основа – ткань, связывающее – фенолформальдегидная смола, основа жесткая, шкурка водостойкая.

Для удобства использования шлифовальные шкурки объединены в группы посредством цветовой маркировки. В зависимости от условий и требований, предъявляемых при эксплуатации, выпускаются шлифшкурки, характеристики которых приведены в табл. 3.38.

Изделия из шлифшкурки.

- Шлифовальные бобины получают резкой шлифшкурки на бобинорезательной установке.
- Бесконечные шлифленты получают склейкой концов шлифленты, полученной на бобинорезательной установке. При этом склеиваемые концы предварительно шлифуются под углом 45°.
- Лепестковые круги. Из шлифшкурки на штампах вырубают заготовки требуемого размера, которые закладываются (набираются) в формы для набора кругов (кондукторы), после чего центральная часть формы заполняется эпоксидной смолой с отвердителем и наполнителями. Заготовка лепесткового круга в форме сушится в течение 4-х часов при температуре 80-100°С в термошкафу. Затем круг вынимается, маркируется и упаковывается. Помимо скрепляющей центральной части из эпоксидной смолы зачастую по бокам круга устанавливают после заливки смолой металлические скрепляющие фланцы.
- Фибровые диски вырубывают из ленты, состоящей из фибровой основы с абразивным слоем, закрепленным на одной из ее сторон при помощи клеящего вещества. Эта

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

лента изготавливается по технологии аналогичной технологии изготовления шлифшкурки. Отличие состоит в том, что вторая сушка не является окончательной. После нее из ленты вырубываются фибровые диски, а затем уже производится окончательная сушка.

Таблица 3.37 **Обозначение шлифшкурки по ТУ3985-009-00223332-2003**

1-й знак. Шлифматериал	2-й знак. Основа	3-й знак. Связующее	4-й знак. Специальные свойства	5-й знак. Характеристика основы	
				бумага	ткань
K – электрокорунд	K – ткань	1 – фенолформальдегидная смола + фенолформальдегидная смола	1 – открытое нанесение	A – 70 г/м^2	E – особо гибкая
C – карбид кремния	P – бумага	2 – клей	2 – антистатическое покрытие	B – 100 г/м^2	F – очень гибкая
A – электрокорунд легированный	F – фибра	3 – клей + фенолформальдегидная смола	3 – стеаратовое покрытие	C – 120 г/м^2	J – гибкая
	C – комбинированная	4 – лак	4 – стеаратовое покрытие + открытое нанесение	D – 160 г/м^2	T – жестко-гибкая
	X – полиэстер		0; 5-9 – внутризаводское обозначение	E – 250 г/м^2	X – жесткая
	T – латексная бумага			F – 300 г/м^2	Y – очень жесткая

Примечание. Буква W в конце названия серии обозначает водостойкую шлифшкурку.

Таблица 3.38 **Цветовая маркировка шлифовальных шкурок**

Цвет группы	Обрабатываемый материал	Абразив	Связка	Основа
Белый	Окрашенные поверхности	Двуокись алюминия	Синтетическая смола	Бумага
Красный	ДСП, древесина	Двуокись алюминия	Синтетическая смола или натуральный клей	Бумага, ткань, комбинация материалов
Голубой	Металл	Двуокись алюминия, оксид циркония, электрокорунд	Синтетическая смола или натуральный клей	Ткань, полиэстер
Черный	Камень, пластик, стекло	Карбид кремния	Синтетическая смола	Бумага

Примечание. Только «белые» шлифшкурки имеют дополнительное покрытие, содержащее соли кальция, препятствующее засаливанию абразивных зерен и налипанию обрабатываемого материала. Аналогичный прием используется в слесарной обработке, когда при обработке вязких материалов шкурку или напильник натирают мелом. Поэтому дополнительное покрытие уменьшает трение, предотвращает засорение и значительно увеличивает срок службы шлифшкурки при обработке окрашенных и лакированных поверхностей.

Свободный абразив. Как следует из названия «свободный абразив» – это просто шлифматериал определенной марки и зернистости. Что касается паст, то их состав зависит от рецептуры. Ввиду простоты их изготовления, потребители изготавливают их самостоятельно, применительно к особенностям операций, которые производят данными пастами.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Вследствие этого, характеристиками паст следует считать: абразивный материал, зернистость, рецептуру неабразивных материалов, концентрацию, т.е. процентное количество абразивного материала в пасте и консистенцию, т.е. степень густоты пасты.

Абразивные материалы в пастах – это твердые абразивы (все виды шлифматериалов, описанные выше), и мягкие материалы – окись железа, окись хрома, маршаллит (порошок кремнезема SiO), меловая пудра, тальк.

В качестве связки в пастах используются жиры и масла, главным образом олеин, стеарин, парафин, вазелин и т.д. По концентрации пасты делят на 3 группы: жидкие, мазеобразные и твердые (брикетированные).

Хранение и установка шлифовальных кругов. При складировании круги должны быть всегда защищены от ударов и сколов. Складские помещения не должны подвергаться большим перепадам температуры и влажности, наносящим вред связке некоторых видов кругов.

Сразу после распаковки круг должен быть внимательно изучен на предмет наличия повреждений после транспортировки. Использованные круги при возвращении на склад так же должны быть внимательно проверены.

Переносятся круги осторожно во избежание падения и ударов, вызывающих появление трещин. Круги следует переносить, но не катить. Тяжелые круги подвозятся на тележках или погрузчиках, при соблюдении мер предотвращения повреждений.

Керамические круги перед установкой подвергаются звуковому тесту по стандарту ANSI B7.1 «Нормы безопасности для использования, хранения и защиты шлифовальных кругов». Звуковой тест позволяет выявить наличие трещин в круге. Запрещается использовать поврежденные круги.

При установке круга необходимо убедиться в том, что скорость вращения шпинделя не превышает максимально безопасной скорости шлифовального круга. Посадочное отверстие круга должно совпадать с диаметром шпинделя; круг должен садиться свободно, с небольшим натягом, но без больших усилий. Не следует пытаться подгонять посадочное отверстие. Поверхность фланцев должна быть плоской, ровной, без выбоин и наростов грязи.

Нельзя допускать перетягивания гайки шпинделя. При установке направленного круга, необходимо следить за тем, чтобы направление стрелки, изображенной на круге, совпадало с направлением вращения шпинделя.

Перед запуском станка надо убедиться в том, что защитные экраны станка все на месте и все крышки плотно прикрыты. Убедившись, что круг должным образом установлен, защитные экраны на месте, включают станок, отходят в сторону и не менее минуты дают ему поработать с рабочей скоростью вхолостую, после чего приступают к шлифованию.

Шлифуют только периферией прямого круга, или только стороной цилиндрического, чашечного или сегментного круга. Работать необходимо плавно, исключая удары. Усилия не должны быть чрезмерными и не должны вызывать замедление вращения, изменение звука электродвигателя.

Если круг сломался во время работы, необходимо внимательно осмотреть станок, не повреждены ли защитные приспособления. Так же проверяют фланцы, шпиндель, крепежные гайки – не согнуты ли они, нет ли трещин и т.п.

3.16.3 Механическое опиливание

Замена ручных опиловочных работ механизированной обработкой достигается применением ручных шлифмашинок, как электрических, так и пневматических. В слесарном деле шлифмашинки применяются для удаления ржавчины с поверхности металла, удаления избыточного металла сварного шва, для полировки поверхности и т.п. Качество обработки поверхности зависит от навыка и опыта слесаря.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Небольшая портативная шлифмашинка (рис. 3.398) может быть использована со множеством аксессуаров (рис. 3.399): фасонные напильники, фрезы-шарошки, шлифовальные диски, абразивные фасонные головки. Все аксессуары закрепляются в цанговом патроне. Портативная шлифмашинка предназначена для заключительной обработки сложных штампов и литья, удаления заусенцев на ребрах и поверхностях изделий, снятия фасок, раззенковывания отверстий и выравнивания поверхности.

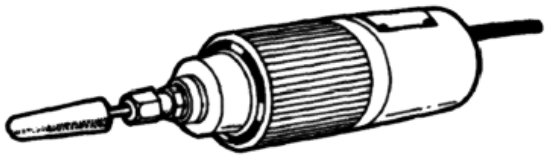
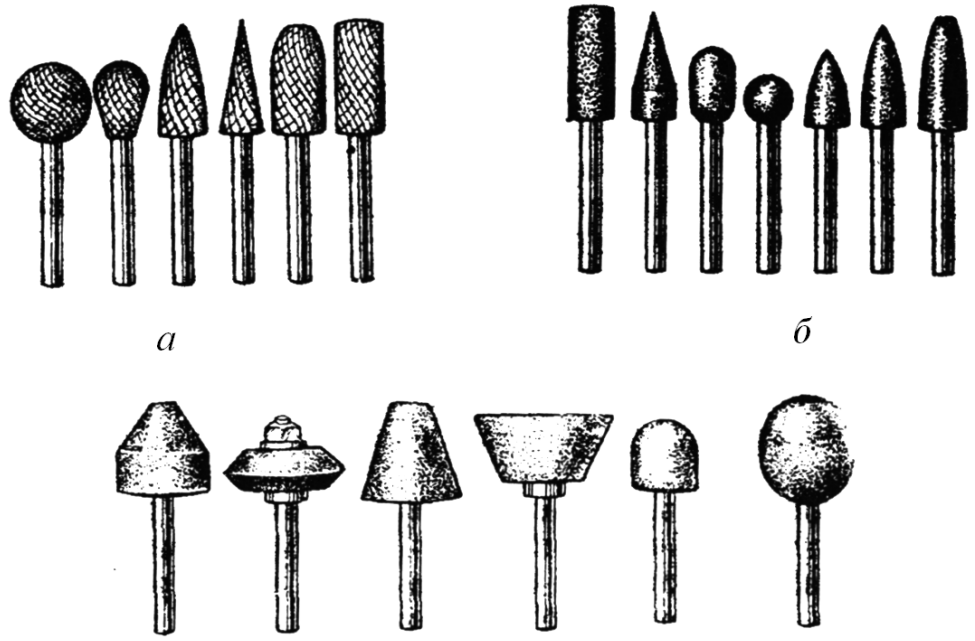


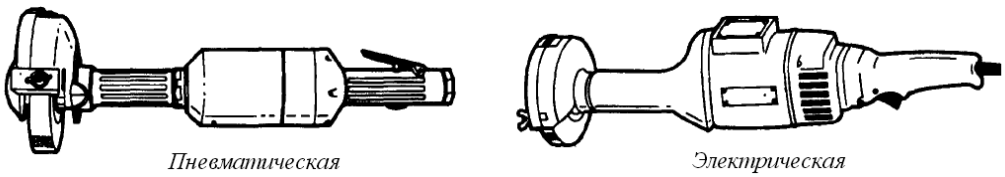
Рис. 3.399. Портативная электрическая шлифмашинка

Ручная шлифмашинка (рис. 3.400), с электрическим или пневматическим приводом, предназначена для выполнения работ по шлифованию в тяжелом режиме. На выходном валу, с помощью гайки, закрепляются абразивные круги или проволочные щетки диаметром 150 мм. Шлифмашинка применяется для удаления ржавчины, коррозии и заусенцев с поверхности больших заготовок, рис. 3.401, *а*.



а *б* *в*

Рис. 3.340. Фрезы-шарошки (*а*), фасонные напильники (*б*) и абразивные фасонные головки (*в*)



Пневматическая *Электрическая*

Рис.3.401. Ручная шлифмашинка

Шлифование поверхности производится периферийной частью круга. Обработка торцевой поверхностью не допускается, рис. 3.401, *б*. Абразивный круг шлифовальной машинки данного типа имеет защитный кожух, защищающий работающего от потока искр и осколков круга при его разрыве.

Угловая шлифовальная машинка (рис. 3.402) может быть как пневматической, так и электрической. Для шифмашинок данного типа, в связи с высокой частотой вращения выходного вала, применяются только армированные абразивные камни (круги). Работа этими шлифмашинками без защитного кожуха не допускается.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

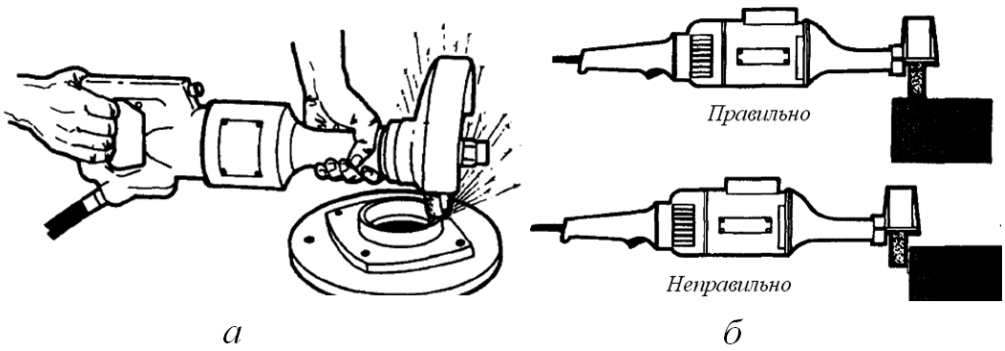


Рис. 3.401. Прием шлифовки поверхности пневматической шлифовальной машинкой (*а*) и прием шлифовки поверхности электрической шлифовальной машинкой (*б*)

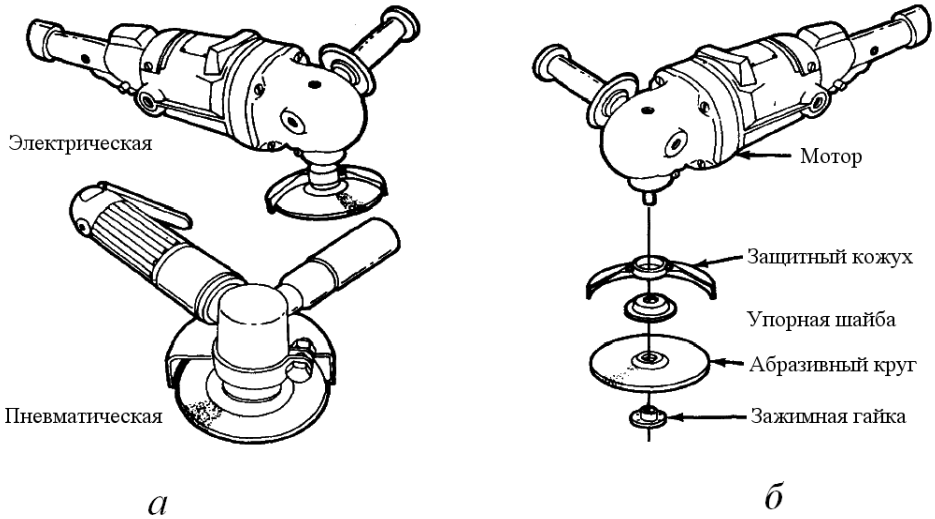


Рис. 3.402. Угловая шлифовальная машинка (*а*) и ее основные узлы (*б*)

Качество обработки поверхности, из-за большого вращающего момента, зависит от опыта слесаря, работающего со шлифовальной машинкой. При обработке плоских поверхностей, угол между поверхностью заготовки и поверхностью диска должен составлять примерно 15°, рис. 3.403. Обработка производится перемещением шлифовальной машинки от одного края заготовки до другого с частичным наложением на предыдущий проход. Если абразивный круг шлифовальной машинки при ее перемещении снимает неравномерный слой металла – наиболее вероятно, что угол между поверхностью заготовки и абразивным кругом менее 15°. Если на поверхности возникают грубые волны – угол больше 15°.

Для чистовой обработки и шлифовки, поверхности применяются низко-оборотистые шлифовальные машинки, как электрические, так и пневматические, рис. 3.404. Основное назначение шлифовальных машинок данного типа – это очистка поверхности заготовки от краски и ржавчины, а также подготовка поверхности к полировке, при этом в качестве абразива применяются круги из наждачной шкурки на матерчатой основе. Опорной поверхностью для абразивного круга служит диск из твердой резины.

Для полировки поверхности используют шлифовальные машинки вертикального типа, рис. 3.405. Обработка поверхности этими машинками производится торцевой плоскостью шлифовального круга. Шлифовальный круг изготовлен из грубого войлока. В качестве абразива применяются мягкие абразивы, наносимые на поверхность круга.

Шлифование. – Шлифование является одним из видов обработки резанием, при котором припуск на обработку снимается абразивными инструментами. Шлифованием можно получить высокую точность размеров и формы, а так же необходимую шероховатость поверхности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

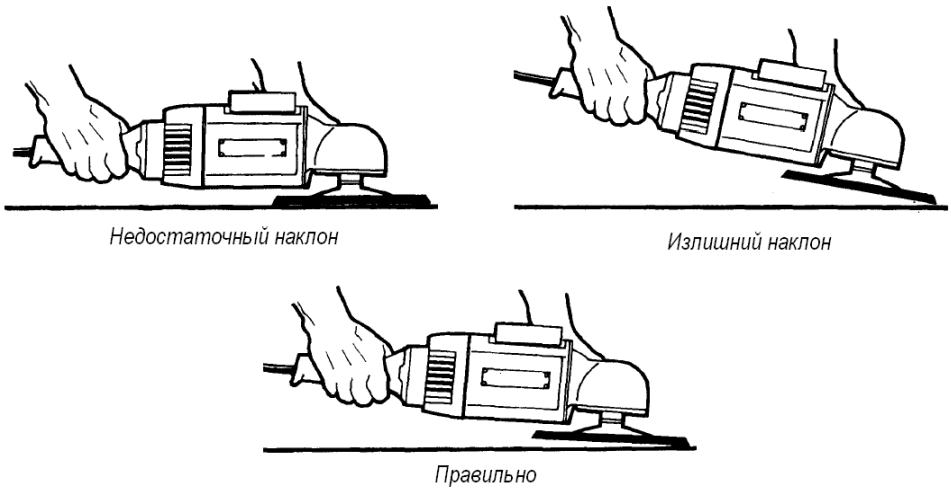


Рис. 3.403. Обработка поверхности угловой шлифовальной машинкой

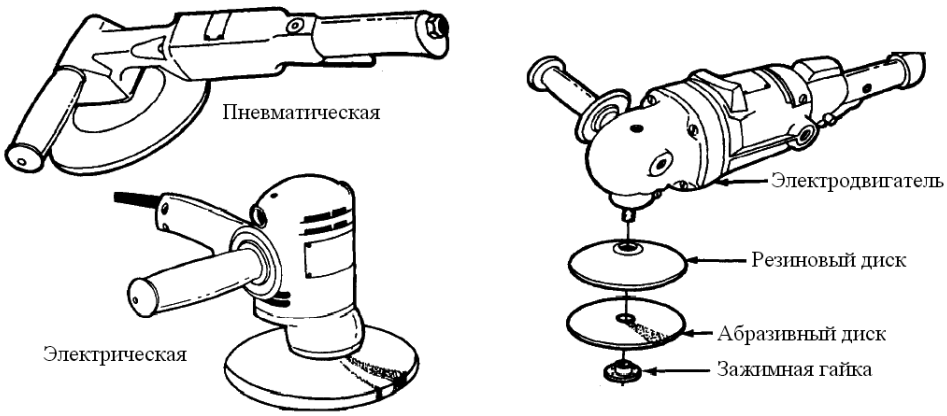


Рис. 3.404. Шлифовальные машинки для чистовой обработки поверхности

Рис. 3.405. Шлифовальные машинки для полировки поверхности

В слесарной обработке применяются следующие виды шлифования и других видов работ с использованием абразивного материала:

- ***Обдирочное шлифование*** (рис. 3.406, *г*) – снятие больших припусков крупнозернистыми кругами прямого профиля типа *ПП*, реже *ПВ*, *ПР* и *ПН*, а так же чашечными кругами типа *ЧК* (см. табл. 3.32 и 3.33);
- ***Резка*** – разрезание материала кругами типа *Л* и *М*, при этом обеспечивается большой припуск. Абразивная резка является в настоящее время самым производительным видом среди других видов резания;
- ***Круглое шлифование*** (рис. 3.406, *б*) – процесс шлифования детали во время ее вращения в центрах или в патроне, кругами типа *ПП*, *ПВ*, *ПВК* и *ПВДК*;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- ***Бесцентровое шлифование*** (рис. 3.406, *в*) – отличается от центрового тем, что обрабатываемые детали получают вращение и шлифуются без крепления в центрах, причем базой является обрабатываемая поверхность. При круглом бесцентровом шлифовании оба круга вращаются в одну сторону с разными скоростями, рабочий круг – со скоростью 30-35 м/с, ведущий – со скоростью, в 60-100 раз меньшей. Опорой для шлифуемой детали является нож со скошенным краем, находящийся между рабочим и ведущими кругами. Нож устанавливается так, чтобы центр детали находился выше или ниже центров кругов. Типы используемых кругов – *ПП* и *ПВД*;
- ***Внутреннее шлифование*** – шлифование отверстий цилиндрической и конической формы. В зависимости от конструкции детали и станка шлифование осуществляется при вращении детали или при неподвижном состоянии. Шлифовальный круг при обработке вращается не только вокруг своей оси со скоростью 20-35 м/с, но и вокруг оси обрабатываемого отверстия с круговой подачей 20-30 м/мин. Типы абразивного инструмента – *ПП* и *ПВ*;
- ***Плоское шлифование*** (рис. 3.406, *а*) – шлифование плоскостей осуществляется периферией или торцом круга, используются круги типа *ПП*, *ПВ*, *ПВД*, *1К*, *ЧК*, *ЧЦ* и *ПН*, сегменты *СП*, *1С*, *2С*, *3С*, *4С*, *5С*, *6С* и *8С*;
- ***Заточка и доводка режущего*** *инструмента* – от заточки и доводки режущих инструментов зависят производительность и стоимость обработки деталей, стойкость и расход инструментов. В операции заточки и доводки используются самые разнообразные типы абразивного инструмента;
- ***Резьбошлифование*** – шлифование резьбы различных профилей (треугольной, трапециевидной и т.п.) и шага метчиков, резьбовых калибров, накатных роликов, ходовых винтов металлорежущих станков и измерительных приборов. Используются круги типа *ПП* и *2П*;
- ***Зубошлифование*** – шлифование зубчатых колес всех видов. Типы кругов – *ПП*, *2П*, *3Т* и *4П*;
- ***Шлицешлифование*** – шлифование шлицев различного профиля: прямоугольных, эвольвентных, трапециевидных и треугольных. Типы кругов – *ПП*, *1Т*, необходимый профиль придается кругу непосредственно на станке;
- ***Хонингование*** применяется для окончательной обработки цилиндрических отверстий с точностью до второго класса и шероховатостью до R*a* = 0,04, уменьшить овальность и конусность до 5 мкм. Величина снимаемого слоя металла при хонинговании – 0,01-0,2 мм, диаметр обрабатываемых отверстий – 5-1300 мм. Типы применяемых брусков– *БК*, *БХ*. Среднее удельное давление брусков 30-60 Н/см^2. Хонингованием исправляются такие погрешности отверстия как овальность, конусообразность, нецилиндричность. Погрешности же расположения оси отверстия (например, увод ее или криволинейность) этим методом не исправляют;
- ***Суперфиниширование*** проводится с целью уменьшения высоты микронеровностей полученных после предыдущей обработки, при этом меняется и вид микровыступов – обработанная поверхность имеет сетчатый рельеф, а каждый микровыступ скругляется. Методом суперфиниширования обрабатывают плоские, цилиндрические (наружные и внутренние), конические и сферические поверхности из закаленной стали, а также чугуна и бронзы. Обработка производится мелкозернистыми абразивными брусками, установленными в специальных головках. Скорость резания весьма низкая – от 1 до 2,5 м/м. Амплитуда колебаний брусков составляет 1,5-6 мм, а частота колебаний 400-1200 двойных ходов в минуту. Припуск на диаметр 0,002-0,02 мм. Давление брусков на обрабатываемую поверхность – 10-40 Н/см^2. Для обработки стали применяют бруски из электрокорунда белого, твердость С1-СТ1. Для обработки хрупких материалов – чугуна, бронзы применяются бруски из карбида кремния зеленого, твердость СМ1-С. В большинстве случаев применяются бруски на керамической и бакелитовой связках, зернистость 3-8 и менее. Суперфинишированием зна-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

чительно уменьшается величина шероховатости поверхности, но практически не устраняются погрешности формы, полученные в процессе предыдущей обработки;

- ***Жидкостная отделка и полирование*** – процесс обработки, при котором жидкость, насыщенная абразивом, со скоростью 50 м/с и более ударяется об обрабатываемую поверхность, уменьшая шероховатость;
- ***Обработка во вращающихся барабанах*** – удаление заусенцев, ржавчины, окалины, притупление кромок, уменьшение шероховатости, путем вращения в барабанах различного типа (консольных, перфорированных, герметичных и т.п.) обрабатываемых деталей и абразивных наполнителей (боя керамических кругов или при полировке – бой фарфора, гранита, диабаза, металлические шарики, дерево и т.п.). Отношение наполнителей и деталей от 1:12 до 1:15;
- ***Обработка в вибрационных контейнерах*** – аналогична обработке во вращающихся барабанах, но вместо вращения используется вибрационное воздействие в 2-х или трех направлениях, обеспечивающее обработку хрупких и тонкостенных деталей без повреждения. Частота колебаний приблизительно 1500 качаний в минуту, при амплитуде 1,5-3 мм. Соотношение деталей и абразивного наполнителя от 1:3 до 2:1. Абразивный наполнитель аналогичен предыдущему;
- ***Ленточное шлифование и полирование*** (рис. 2.526, *д*) – обработка изделия бесконечной шлифовальной лентой, изготовленной из шлифовальной шкурки на тканевой и бумажной основах;
- ***Доводка и притирка*** – абразивная обработка свободным абразивным зерном как в виде суспензии и паст, так и специальными доводочными кругами и шаржированными притирами, обеспечивающими шероховатость R*a* = 0,160-0,08 мкм и выше, а так же высокую точность их размеров и формы (первый класс и выше).

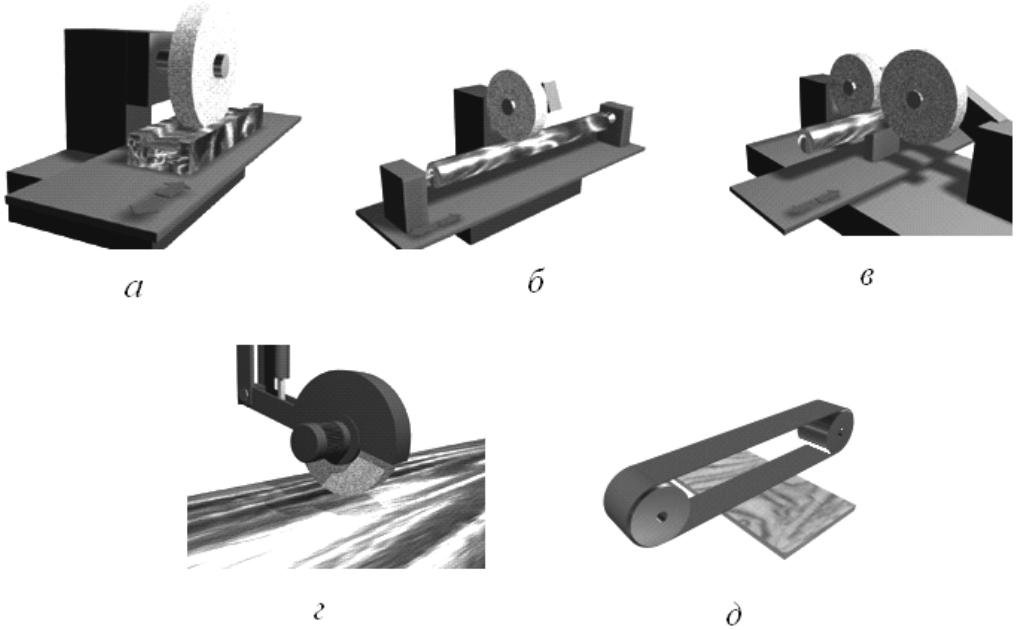


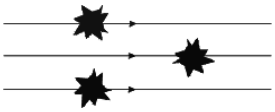
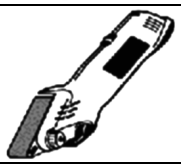
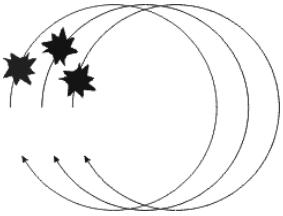
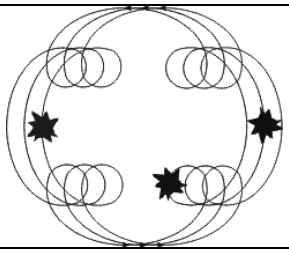
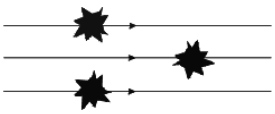
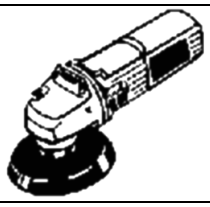
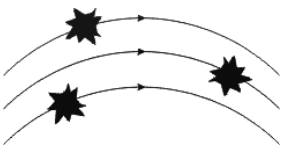
Рис. 3.406. Некоторые виды шлифования: *а* – плоское шлифование; *б* – круглое шлифование; *в* – бесцентровое шлифование; *г* – обдирочное шлифование; *д* – ленточное шлифование и полирование

Ручные шлифовальные машины предназначены для обработки плоских и выпуклых поверхностей. Скорость обработки и качество получаемой поверхности определяется выбором типа машины и шлифовальной шкурки.

Ручные шлифовальные машины разделяются на ленточные, вибрационные, дельта, эксцентриковые и угловые. В соответствии с траекторией движения абразивного материала за один рабочий ход шлифовальная машина оставляет на обрабатываемой поверхности определенную сетку штрихов, табл. 3.39.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.39 **Типы шлифовальных машин и сетка штрихов, которую оставляют они на обрабатываемой поверхности**

Шлифовальная машина		Сетка штрихов
Тип	Внешний вид	
Ленточная		
Варио		
Вибрационная		
Дельта		
Эксцентриковая		
Прямая		
Угловая		

Ленточные шлифовальные машины обеспечивают наивысшую производительность обработки на плоских поверхностях. Варио шлифовальные машины оборудованы ленточным приводом на трех роликах, что позволяет обрабатывать поверхности в узких местах.

Вибрационные шлифовальные машины обеспечивают среднюю производительность и умеренное качество поверхности.

Дельта шлифовальная машина оборудована аналогичным приводом, как и вибрационная, а свое название получила от формы рабочего стола напоминающего греческую букву Δ. Позволяет обрабатывать поверхности в углах.

Эксцентриковая шлифовальная машина осуществляет сложное движение абразивного материала, чем обеспечивает высокую производительность и наивысшее качество обработки поверхности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Прямая и угловая шлифовальные машины позволяют осуществлять операции резки, обдирки, зачистки и шлифовки. Могут использоваться для удаления ржавчины и лакокрасочных покрытий, зачистки сварных швов, фасок и заусенцев.

Производительность шлифования и высокое качество обработки, независимо от типа шлифовальной машины, в значительной степени зависят от характера абразивного инструмента. Поэтому при выборе инструмента должны учитываться следующие параметры:

Шлифуемый материал. Химический состав обрабатываемого материала существенно влияет на качество шлифования, которое определяется степенью окисления стружки и обрабатываемой поверхности. Процесс коррозии зависит от природы химических элементов, составляющих сплав, например, алюминий, кремний, никель и некоторые другие металлы способны образовывать химически устойчивую пленку, увеличивая стойкость металла и его сплава к окислению. И наоборот, повышение содержания углерода снижает стойкость металла к окислению, тем самым, способствуя процессу образования стружки и облегчению ее удаления с поверхности круга.

Таким образом, повышение степени окисления облегчает процесс шлифования, а понижение затрудняет. Поэтому углеродистые стали шлифуются лучше, чем легированные конструкционные и инструментальные. Легирующие присадки способствуют образованию в сталях карбидных соединений, повышающих их твердость и температуру плавления. Это ухудшает обрабатываемость легированных сталей абразивным инструментом.

Немаловажное значение для процесса шлифования имеют и физико-механические свойства материала – теплопроводность и теплостойкость, прочность и вязкость. Так, обработка сплавов с низкой теплопроводностью происходит при высоких температурах, что делает их труднообрабатываемыми. Высокая прочность в сочетании с большой вязкостью так же затрудняет процессы шлифования. Например, серый чугун обрабатывается значительно легче, чем отбеленный или легированный.

Размер детали и форма шлифуемой поверхности. При выборе абразивного инструмента, его зернистости, твердости, структуры и соответственно режима обработки немаловажное значение имеют форма и размер шлифуемой поверхности. Так, для обработки деталей, имеющих большую массу, хорошо отводящую образующееся при шлифовании тепло, применяют более твердые круги и интенсивные режимы. Изделия, имеющие небольшую толщину стенок, обрабатывают мягкими кругами открытых структур.

При большой площади соприкосновения шлифовального круга с изделием требуются мягкие круги, так как, для периодического обновления поверхности круга, удельное давление мало, а при малой площади контакта – наоборот. При шлифовании отверстий малых диаметров из-за невозможности обеспечить скорость резания более 15-20 м/с выбирают круги более высокой степени твердости.

Шлифование прерывистых поверхностей следует производить более твердыми кругами плотной структуры, так как прерывистость поверхности способствует повышению самозатачиваемости кругов. В случае обработки изделий торцом круга при большом контакте между обрабатываемой поверхностью и абразивным инструментом необходимы более мягкие крупнозернистые круги, чем в случае обработки периферией круга.

Для обеспечения необходимого профиля фасонное шлифование производится более твердыми и относительно крупнозернистыми кругами. При неровной, прерывистой поверхности (отливки, поковки) и работе, сопровождающейся ударами, следует применять устойчивые по профилю, т.е. относительно плотной структуры и твердые шлифовальные круги.

Припуск на шлифование. Величина припуска определяет характер операции абразивной обработки: обдирочное, предварительное, чистовое и окончательное шлифование.

Для удаления больших припусков на операциях обдирочного и предварительного шлифования применяют крупнозернистые круги с открытой структурой на бакелитовой и керамической связках. При обдирочном шлифовании обычно применяют средне-твердые и твердые круги.

При чистовых операциях, когда с заготовок удаляются небольшие припуски, следует применять круги относительно мелкозернистые с более плотной структурой. Во избежании

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

поверхностных структурных изменений материала твердость абразивного инструмента должна быть понижена до средне-мягкой или средней. Чистовое шлифование обычно ведется кругами на керамической связке, отделочное – на органической.

Режим работы. Немаловажное значение для выбора абразивного инструмента имеет режим работы.

С повышением окружной скорости круга увеличивается число абразивных зерен, участвующих в процессе шлифования в единицу времени, и, следовательно, уменьшается сечение стружки и величина нагрузки, приходящейся на одно зерно. Таким образом, абразивные зерна изнашиваются меньше. Наоборот, с уменьшением скорости круга участвует меньшее количество зерен в единицу времени нагрузка на них возрастает, и круг изнашивается быстрее. В этом случае применяют более твердые круги.

Работа на максимальных скоростях круга, допустимых по условиям его прочности, позволяет повысить производительность шлифования. По мере износа круга уменьшается его окружная скорость, и он начинает работать как более мягкий. Следует отметить, что интенсификация режимов шлифования часто приводит к ухудшению качества обработанной поверхности и появлению прижогов.

3.6.4 Контроль качества абразивной обработки

Контроль качества абразивной обработки, а именно: соответствие размерам чертежа, прямолинейность, параллельность и перпендикулярность сторон контролируются также, как и при опиливании изделий напильником.

Качество шлифованной поверхности. Качество шлифованной поверхности характеризуется твердостью поверхностного слоя, структурными изменениями, остаточными напряжениями и отсутствием прижогов и трещин. Поверхностные дефекты в значительной мере вызываются высокими температурами в месте контакта круга с обрабатываемой деталью. Предварительно закаленные стали при шлифовании претерпевают изменения внутреннего состояния, к которым относятся объемные изменения, вызывающие появление напряжений в поверхностном слое. Для нормально закаленной углеродистой стали при отпуске в интервале температур 80-200 °С происходит превращение, связанное с уменьшением объема. Отпуск в интервале 200-260 °С вызывает превращение с некоторым увеличением объема. Отпуск в пределах 260-400 °С сопровождается уменьшением объема. Объемные изменения при шлифовании могут вызвать образование трещин. Чувствительность стали к прижогам и трещинам возрастает с повышением твердости, а также с увеличением содержания легирующих добавок.

Влияние технологических факторов на тепловыделение при шлифовании. При шлифовании выделяется теплота за счет трения между кругом и деталью и высокой скорости резания. Количество теплоты возрастает с увеличением подачи и скорости круга. Однако круговая подача и подача на глубину неодинаково влияют на температуру шлифования. Температура шлифования зависит от времени воздействия источника теплоты на обрабатываемую поверхность: с увеличением скорости детали она сокращается, а с увеличением подачи на глубину возрастает продолжительность воздействия источника теплоты на обрабатываемую поверхность. Поэтому температура шлифования повышается более значительно при увеличении подачи на глубину, чем при повышении окружной скорости детали. Низкая теплопроводность шлифовального круга из обычных абразивных материалов вызывает переход большей части теплоты в деталь. Основное количество теплоты, выделяющейся при шлифовании, распределяется между деталью (77-86 %) и кругом (12-15%).

Стружка уносит небольшую часть теплоты выделяемую при работе (2-8 %), основное количество теплоты отводится деталью. В этой связи большое значение имеет теплопроводность обрабатываемого металла. С понижением теплопроводности обрабатываемого металла температура в зоне шлифования возрастает. Ее величина зависит также от характеристи-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ки круга. С увеличением твердости и при работе засаленным кругом температура шлифования возрастает. Количество выделяемой теплоты зависит от ряда влияющих технологических факторов.

Влияние подачи. С увеличением интенсивности удельного съема металла с детали температура шлифования возрастает. Однако отдельные виды подач неодинаково влияют на температуру шлифования. Температура шлифования возрастает сильнее с увеличением подачи на глубину, увеличение скорости вращения детали и продольной подачи влияют в меньшей степени на этот показатель. С увеличением скорости вращения детали уменьшается величина растягивающих напряжений.

Влияние абразивного материала. Круги 20-30А выделяют меньше теплоты в зоне шлифования, чем круги 10-20А. Наименьшее количество теплоты выделяется при шлифовании кругами 50-60С.

Влияние скорости круга. Температура шлифования возрастает с увеличением скорости вращения круга в степени 0,25-0,35. С повышением окружной скорости круга возрастает величина остаточных растягивающих напряжений в поверхностном слое, а также глубина их залегания.

Влияние зернистости круга. Температура шлифования снижается с уменьшением зернистости с №40 до №25, что объясняется меньшим радиусом округления зерен у верши. При дальнейшем уменьшении размеров зерен до №16 и №12 наблюдается увеличение температуры, что объясняется большей склонностью круга к притуплению и засаливанию.

Влияние материала связки. Применение кругов на бакелитовой и силикатной связках снижает интенсивность теплообразования в зоне резания по сравнению с кругами на керамической связке. Опасность появления прижогов и трещин наиболее вероятна при шлифовании кругами на вулканитовой связке.

Влияние пористости круга. С повышением пористости круга уменьшается вероятность появления прижогов на шлифуемой поверхности.

Влияние твердости круга. С повышением твердости круга возрастает температура шлифования за счет меньшего количества самоудаляющихся затупившихся зерен и большего «засаливания» рабочей поверхности круга. В настоящее время применяют круги с прерывистой поверхностью или круги, состоящие из отдельных сегментов с различными физико-механическими свойствами (например, различной твердостью), при этом существенно понижается температура шлифования.

Термические дефекты, вызываемые шлифованием.

1. Пятна прижога – выявляются по цвету побежалости на шлифованной поверхности.
2. Отпуск с понижением твердости шлифованной поверхности.
3. Трещины на шлифованной поверхности (могут возникнуть не сразу после шлифования, а спустя несколько часов или дней). Трещины могут быть термического или технологического (шлифовального) происхождения.

По причине возникновения различают три группы прижогов:

- сплошной прижог, который является следствием чрезмерного режима шлифования и завышенной твердости круга и его сильного затупления;
- прижоговые пятна, которые являются следствием вибрации круга и биения шпинделя детали; неравномерной подачи; неправильной формы круга при изнашивании, неравномерном распределении припуска; «засаливания» круга; неисправности опор шпинделя;
- штриховые прижоги, которые являются следствием неоднородной структуры круга; неправильной установки детали, недостаточной очистки смазывающе охлаждающей жидкости (СОЖ).

Контроль качества поверхности. Для обнаружения мягких пятен и прижогов применяют контроль путем травления. Так как структура троостита более чувствительна к действию кислот, чем другие структурные составляющие, то травление позволяет отличать троостит и обнаружить мягкие пятна. Мягкие пятна, получившиеся от неправильной термообработки, можно после травления отличить от прижогов, вызванных несоблюдением надле-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

жащего режима шлифования, так как в первом случае темные пятна, характеризующие троостит, частично переходят в светло-серые пятна мартенсита, при прижогах же темные пятна имеют более резкие граничные контрасты. При травлении деталей из хромоуглеродистых сталей применяют как водные растворы азотной кислоты, так и спиртовые или ацетоновые растворы азотной кислоты. Последние могут быть замены растворами этиленгликоля.

Контроль осуществляется невооруженным глазом под местным освещением. При осмотре на сером фоне травленой поверхности выявляются дефекты.

Прижоги (шлифовочные штрихи, полосы и пятна вторичной закалки и вторичного отпуска):

- шлифовочные штрихи, полосы и пятна вторичного отпуска представляют собой более темные участки, чем основной фон поверхности травленной детали. Повышенная протравливаемость обусловлена различной степенью отпуска мартенсита в этих участках в процессе шлифования;
- шлифовочные штрихи, полосы и пятна вторичной закалки представляют собой более светлые участки чем основной фон травленной поверхности детали, ограниченные темной оторочкой. Пониженная протравливаемость является следствием образования зоны неотпущенного мартенсита (или мартенсита и аустенита трения). Темная оторочка – переходная зона высокоотпущенного мартенсита.

Мягкие закалочные пятна (мягкие троститовые пятна) представляют собой более темные, чем основной фон травленной поверхности, пятна с размытыми границами. Повышенная травимость обусловлена наличием троостита закалки в структуре.

Обезуглероженные и обедненные участки представляют собой более светлые, чем основной фон травленной поверхности, пятна с размытыми границами, не имеющие темной оторочки, характерной для пятен вторичной закалки.

Состояние поверхности детали влияет на процесс травления. Чем чище и ровнее поверхность, тем более четким получается результат. Для чисто полированных деталей требуется очень слабая протравка, для грубо шлифованной поверхности необходимы более крепкие растворы и более длительное травление.

Шероховатость и волнистость поверхности. Из параметров шероховатости поверхности определяемых в соответствии ГОСТ 2789-73 используют: *Ra* – среднее арифметическое отклонение профиля – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины *l*; *Rz* – высота неровностей профиля по десяти точкам – среднее расстояние между пятью высшими и пятью низшими точками измеряемого профиля в пределах базовой длины; базовая длина *l* – длина базовой линии, в пределах которой производится оценка параметров шероховатости.

Технологические факторы, влияющие на шероховатость поверхности. Высота неровностей зависит от следующих факторов:

- величины подач, с увеличением которых высота неровностей возрастает;
- окружной скорости круга, с увеличением которой возрастает количество абразивных зерен, участвующих в процессе шлифования в единицу времени, что приводит к уменьшению глубины врезания отдельных зерен, и обеспечивает снижение высоты неровностей;
- Уменьшение глубины внедрения обеспечивает улучшение параметра шероховатости на 2-3 разряда;
- зернистости круга. С уменьшением размеров абразивных зерен шероховатость поверхности снижается;
- режима правки круга. С уменьшением продольной подачи алмаза на один оборот круга снижается высота неровностей. Применяя очень малую подачу алмазного инструмента при правке круга зернистостью 40-25, можно получить параметр шероховатости *Ra* = 0,16-0,04 мкм. Однако с уменьшением подачи на один оборот круга при правке снижается его режущая способность;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- твердости круга. Высота неровностей снижается с увеличением твердости круга. Значительная и неравномерная твердость круга может быть источником вибраций и повышения шероховатости обработанной поверхности;
- материала связки круга. При работе кругами на вулканитовой и бакелитовой связках с повышением упругих свойств высота неровностей снижается, особенно при использовании специальных кругов на бакелитовой связке с графитовым наполнителем. Это в известной степени зависит от смазывающего действия графита;
- времени работы круга после правки. С увеличением этого времени высота неровностей увеличивается, что объясняется ухудшением микрорельефа образующей круга из-за неоднородности его изнашивания, а также возрастанием амплитуды автоколебаний при притуплении круга.

Контрольные вопросы

1. Какие абразивные материалы вы знаете?
2. Какие типы абразивного инструмента вы знаете?
3. В чем заключается маркировка абразивного инструмента?
4. Какие требования безопасности труда надо соблюдать при опиливании?
5. Особенности обработки абразивным инструментом

3.7 Сверление, зенкерование, зенкование и развертывание

3.7.1 Безопасность труда при устройстве отверстий

Приступая к проведению работ по сверлению, рассверливанию, зенкованию, зенкерованию и развертыванию (рис. 3.407) внимательно осмотривают ограждающие устройства вращающихся частей (ременных и зубчатых передач) и надежность их закрепления. Исправность пусковых приспособлений и распределительных устройств (автоматических выключателей, магнитных пускателей, кнопочных станций и других электрических устройств), которые должны иметь защитные кожухи, исключающие непосредственное соприкосновение работающего с токоведущими частями станка (станина сверлильного станка, корпус электродвигателя, кожухи пусковых и распределительных устройств должны иметь надежное заземление через болтовое или сварное соединение).

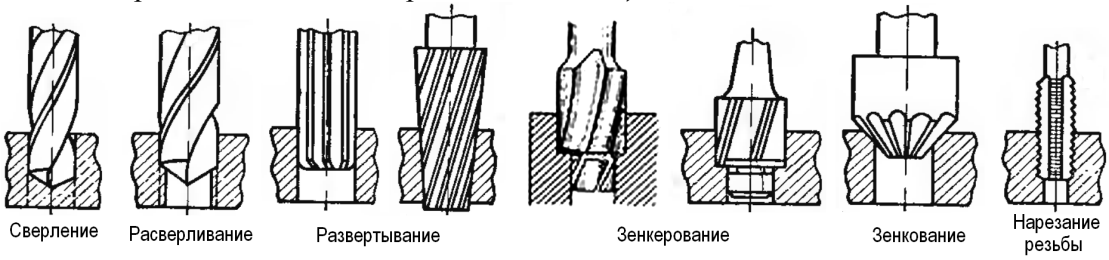


Рис. 3.407. Виды работ, выполняемые на сверлильных станках

Обращают внимание на одежду работающего. Одежда должна быть специальной, не иметь висячих концов, тесемок и других захватывающихся частей. Рукава спецодежды должны быть завязаны, а волосы убраны под головной убор.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Осматривают весь инструмент и приспособления (гаечные ключи не должны иметь трещин и отколов, губки зева не должны быть забитыми и погнутыми). Запрещается применение ключей с разработанным и разведенным зевом, а также с зевом, не соответствующим размеру гайки или головке болта. Разводные ключи не должны иметь сбитых или перекошенных губок. Рабочая поверхность подвижной губки должна быть параллельна рабочей поверхности неподвижной губки. Механизм перемещения губки должен обеспечивать прочность ее крепления. Рукоятка ключа должна быть гладкой без забоин и заусенцев.

При работе на сверлильных станках запрещается:

- работать в открытой обуви (тапочках, сандалиях, босоножках и т.п.);
- применять неисправные и неправильно заточенные инструменты и приспособления;
- прикасаться к токоведущим частям электрооборудования, открывать дверцы электрошкафов, в случае необходимости следует обращаться к электромонтеру;
- запрещается прикасаться к вращающемуся сверлу и движущимся частям руками.

До начала работы на станке необходимо тщательно осмотреть станок, проверить его исправность и, если нужно, смазать.

Во время работы на сверлильном станке необходимо:

- надежно и правильно закрепить обрабатываемую деталь;
- обрабатываемые детали, тиски и приспособления должны быть прочно и надежно закреплены на столе или фундаментной плите;
- установку и снятие тяжелых деталей и приспособлений производить только с помощью грузоподъемных средств;
- правильно отцентрировать и надежно закрепить режущий инструмент;
- режущий инструмент подводить к обрабатываемой детали плавно, без удара;
- при ручной подаче сверла и при сверлении на проход или мелкими сверлами не нажимать сильно на рычаг;
- при сверлении отверстий в вязких металлах применять спиральные сверла со стружкодробящими канавками;
- удалять стружку с обрабатываемой детали и стола только тогда, когда инструмент остановлен;
- при сверлении хрупких металлов, если нет на станке защитных устройств от стружки, надеть защитные очки или предохранительный щиток из прозрачного материала;
- в случае заедания инструмента, поломки хвостовика сверла, метчика или другого инструмента выключить станок;
- запрещается сдувать стружку или удалять ее непосредственно руками во избежание засорения глаз или ранения рук; не допускается удаление стружки инструментом; для удаления мелкой стружки от станка использовать щетки-сметки, а витую стружку – специальными крючками;
- не рекомендуется допускать образования длинных витых стружек, которые, вращаясь вместе со сверлом, могут поранить руки и лицо;
- не допускается пользоваться тампонами или ветошью для подачи охлаждающей жидкости в образовавшееся отверстие, так как ветошь может намотаться на сверло и захватить пальцы работающего;
- при возникновении вибрации остановить станок, проверить крепление сверла, принять меры к устранению вибрации;
- перед остановкой станка обязательно отвести инструмент от обрабатываемой детали;
- остановить станок и выключить электрооборудование в следующих случаях: уходя от станка даже на короткое время; при временном прекращении работы; при перерыве в подаче электроэнергии; при уборке, смазке, чистке станка; при обнаружении какой-либо неисправности; при подтягивании болтов, гаек и других крепежных деталей.

Во время работы на станке запрещается:

- применять патроны и приспособления с выступающими стопорными винтами и болтами;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- удерживать и поправлять просверливаемую деталь руками;
- крепить деталь, приспособление или инструмент на ходу станка;
- тормозить вращение шпинделя руками;
- пользоваться местным освещением напряжением выше 42 В;
- подтягивать гайки, болты и другие соединительные предметы при работающем станке;
- охлаждать инструмент с помощью тряпок и концов;
- использовать станину станка для укладки каких-либо предметов и инструмента, производить кернение детали на столе станка;
- брать и подавать через станок какие-либо предметы во время работы станка;
- применять прокладки между зевом ключа и гранями гаек;
- пользоваться инструментом с изношенными конусными хвостовиками;
- работать на станке в рукавицах или перчатках, а также с забинтованными пальцами без резиновых напальчников (рукавицы, перчатки или бинт могут быть захвачены вращающимися частями станка);
- обдувать сжатым воздухом из шланга обрабатываемую деталь;
- при установке детали на станок грузоподъемным краном находиться между деталью и станком;
- опираться на станок во время его работы и позволять это делать другим;
- во время работы наклонять голову близко к шпинделю и режущему инструменту;
- оставлять ключи, приспособления и другие инструменты на работающем станке.

По окончании работы необходимо:

- выключить станок и электродвигатель;
- привести в порядок рабочее место: убрать со станка стружку и металлическую пыль; очистить станок от грязи; аккуратно сложить заготовки и инструменты на отведенное место; смазать трущиеся части станка.

3.7.2 Инструмент и оборудование, применяемые при изготовлений отверстий

Общее понятие о сверлении. Сверлением называется выполнение отверстий в сплошном материале детали режущим инструментом – сверлом. Увеличение по диаметру уже имеющихся в детали отверстий с помощью сверла называется рассверливанием. Выполнение в сплошном материале неглубокого несквозного отверстия называется засверливанием.

Сверление – весьма распространенный способ получения сквозных и глухих отверстий в обрабатываемой заготовке. Режущим инструментом при сверлении является сверло.

При сверлении обрабатываемую деталь закрепляют неподвижно (в тисках, в специальных приспособлениях, кондукторах или на столе сверлильного станка) и сверлу сообщают два совместных движения (рис. 3.408): вращательное по стрелке *1*, а поступательное, направленное вдоль оси сверла (по стрелке *2*).

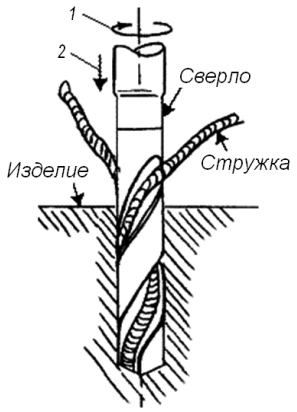


Рис. 3.408. Движение сверла при сверлении

Вращательное движение сверла называется *главным* (рабочим) *движением*, или движением резания. Скоростью резания при сверлении называют окружную скорость точки режущей кромки, наиболее удаленной от оси сверла. Выбор скорости резания при сверлении зависит от ряда факторов – механических свойств обрабатываемого материала и материала режущей части сверла; диаметра сверла; величины подачи; стойкости инструмента; охлаждения; глубины сверления и т.п.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Поступательное движение вдоль оси сверла называется *движением подачи*. Подача равна величине перемещения сверла вдоль оси за один оборот шпинделя.

Сверление применяется для выполнения значительной части слесарных работ, включая и сборку. Оно производится на сверлильных станках, а также вручную – ручными, электрическими и пневматическими дрелями.

Сверление может производиться по разметке, по шаблону, по кондуктору, а также с использованием другой детали. К разновидностям этой работы относится сверление под углом, сверление отверстий в тонких листах, рассверливание и засверливание отверстий. Точность и качество выполняемого отверстия зависят от заточки сверла, состояния станка, правильности и прочности закрепления на станке инструмента и детали, от режима обработки (скорости и подачи), рода и количества охлаждающей жидкости.

Инструмент применяемый при сверлении. Для сверления отверстий, в настоящее время, применяются только спиральные сверла, рис. 3.409.

Спиральное сверло состоит из двух главных частей: рабочей части и хвостовика, которым закрепляют сверло в шпинделе станка. Хвостовики изготавливают коническими и цилиндрическими, причем цилиндрические хвостовики могут быть как нормальные, так и укороченные.

Конический хвостовик удерживает сверло в шпинделе от проворачивания во время работы благодаря трению между конусом хвостовика и стенками конического отверстия шпинделя. Этой же цели служит находящаяся на конце конического хвостовика лапка, которая, кроме того, используется при удалении сверла из отверстия шпинделя станка.

Сверло с цилиндрическим хвостовиком закрепляется в шпинделе при помощи специального патрона.

Рабочая часть сверла состоит из цилиндрической и режущей частей. На цилиндрической части имеются две винтовые канавки, расположенные одна против другой. Их назначение – отводить стружку из просверленного отверстия во время работы сверла. Канавки на сверлах имеют специфический профиль, обеспечивающий, во-первых, правильное образование режущих кромок сверла, во-вторых, достаточное пространство для прохождения стружки.

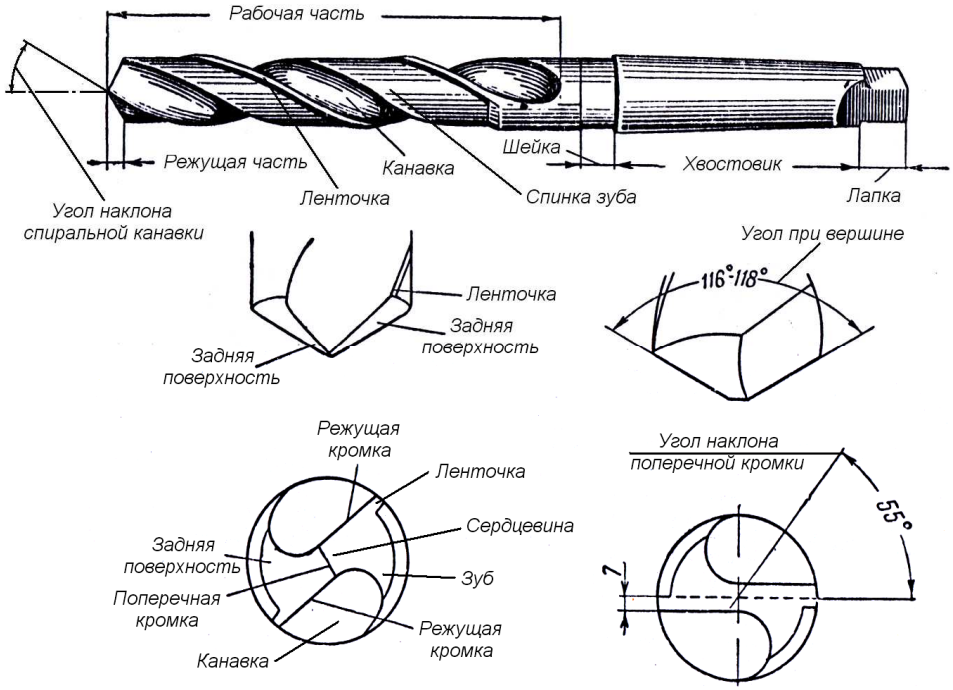


Рис. 3.409. Спиральное сверло и его элементы

Две узкие полоски на поверхности цилиндрической части сверла, расположенные вдоль винтовых канавок, называются ленточками. Они служат для уменьшения трения сверла о

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

стенки отверстия, направляют сверло в отверстие и способствуют тому, чтобы во время работы сверло не уводило в сторону. Уменьшению трения служит и обратный конус на рабочей части сверла. Этот конус получается от того, что диаметр сверла у режущей части больше его диаметра около хвостовика. Разность этих диаметров составляет 0,03-0,1 мм на каждые 100 мм длины сверла.

На наружной поверхности сверла, между краем ленточки и канавкой, расположена идущая по винтовой линии несколько углубленная часть, называемая спинкой зуба. Зубом сверла называется выступающая часть нижнего конца сверла инструмента, где находятся режущие кромки.

Режущая часть сверла состоит из конуса, на котором имеются две режущие кромки, поперечная кромка и задняя поверхность, рис. 3.409. Режущие кромки соединяются между собой на сердцевине (сердцевина сверла – это тело рабочей части между канавками) короткой поперечной кромкой под углом в 55°. Форма режущих и поперечных кромок должна быть прямолинейной. Для большей прочности сверла сердцевина постепенно утолщается от поперечной кромки к концу канавок, рис. 3.410.

Рис. 3.410. Изменение толщины сердцевины по длине сверла

Большое значение имеет угол при вершине конуса (рабочей части) сверла, так как от него зависит правильная работа сверла и его производительность. Установлено, что угол при вершине сверла не является постоянной величиной для всех материалов. Для каждого обрабатываемого материала следует применять определенный угол при вершине сверла, обеспечивающий наилучшие условия резания. В табл. 3.40 приведены рекомендуемые углы рабочей части сверла для сверления различных материалов.

Заводская заточка сверл имеет угол при вершине сверла 118° (рис. 3.411), а для сверл предназначенных для обработки легких сплавов (ГОСТ 19546) – 130°. Величина наклона винтовой канавки сверла в зависимости от диаметра сверла делается 18-30°, а для сверл предназначенных для обработки легких сплавов – 40°.

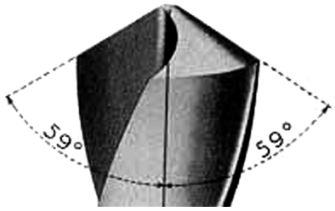


Рис. 3.411. Заводская заточка сверла

Передний угол сверла в разных точках режущей кромки имеет разную величину. В точках расположенных ближе к наружной поверхности сверла, передний угол больше. В точках, расположенных ближе к центру, передний угол меньше. Если на наружном диаметре передний угол γ принимается от 18 до 33°, то ближе к центру сверла он уменьшается до величины, близкой к нулю, рис. 3.412. Задний угол α, при этом, наоборот – увеличивается.

Таблица 3.40 **Углы рабочей части сверла для сверления различных материалов**

Материал	Угол рабочей части сверла, град.
Сталь и чугун (средней твердости)	116-118
Стальные поковки и закаленная сталь	125
Марганцовистая сталь (10-15% Mn и 1-1,5% C)	136-150
Латунь и бронза	130-140
Медь	125
Алюминий	140
Силумин	90-100
Магниевые сплавы	110-120
Эбонит	85-90
Мрамор, карболит и другие хрупкие материалы	80

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Задний угол сверла необходим для уменьшения трения, возникающего при работе сверла между его задней поверхностью и обрабатываемым изделием. Этот угол также изменяется по величине в разных точках режущей кромки. Если в точке, взятой на наружной поверхности сверла α = 6-8°, то у оси сверла α = 25-27° (для сверл средних диаметров).

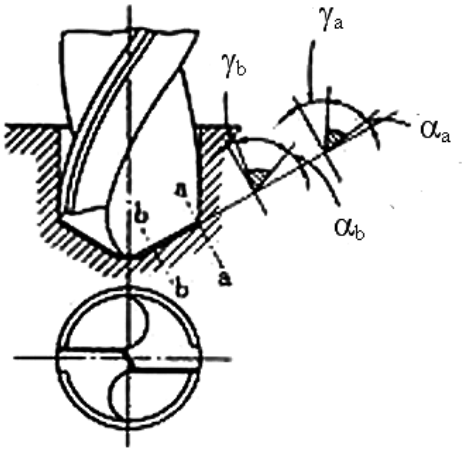


Рис. 3.412. Измерение переднего и заднего угла по длине режущей кромки

Во время работы сверло сильно нагревается, что вредно для его режущих частей. Поэтому при сверлении необходимо подводить к сверлу охлаждающую жидкость. Охлаждение позволяет значительно увеличить скорость резания. Для охлаждения употребляются различные жидкости – в зависимости от обрабатываемых материалов: водно-масляная эмульсия, вода и другие жидкости.

Для сверления чугуна, закаленной стали, стеклотекстолита, мрамора и других материалов часто применяются сверла с пластинками из твердых сплавов, рис. 3.413. Применение сверл с пластинками из твердых сплавов резко повышает производительность труда.

Заточка сверл с пластинками из твердого сплава несколько отличается от заточки обычных спиральных сверл, табл. 3.41, рис. 3.414.

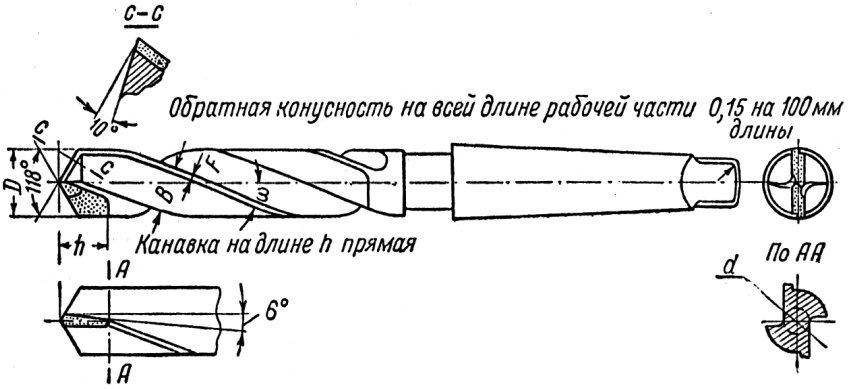


Рис. 3.413. Сверло с пластинкой из твердого сплава

Таблица 3.41 **Параметры режущей части сверл с пластинками из твердого сплава**

Диаметр сверла *d*, мм	Угол $2\varphi_0$ между режущими кромками	Длина второй кромки *b*, мм	Длина подточенной поперечной кромки α, мм	Ширина фаски при алмазной заточке *n*, мм
5,0	—	—	0,40	1,0
Свыше 5,00 до 6,00			0,60	
Свыше 6,00 до 6,20			0,64	
Свыше 6,20 до 6,90				1,5
Свыше 6,90 до 7,90			0,72	
Свыше 7,90 до 10,10			0,80	
Свыше 10,10 до 10,50			1,0	
Свыше 10,50 до 11,90				2,0
Свыше 11,90 до 14,00	70°	2,5		
Свыше 14,00 до 14,50			1,20	
Свыше 14,50 до 18,25				2,5

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.41

Диаметр сверла d, мм	Угол $2\varphi_0$ между режущими кромками	Длина второй кромки b, мм	Длина подточенной поперечной кромки α, мм	Ширина фаски при алмазной заточке n, мм
Свыше 18,25 до 21,00	70°	2,5	1,40	2,5
Свыше 21,00 до 23,00			1,60	
Свыше 23,00 до 23,25			1,80	
Свыше 23,25 до 27,75				3,0
Свыше 27,75 до 30,00			2,0	

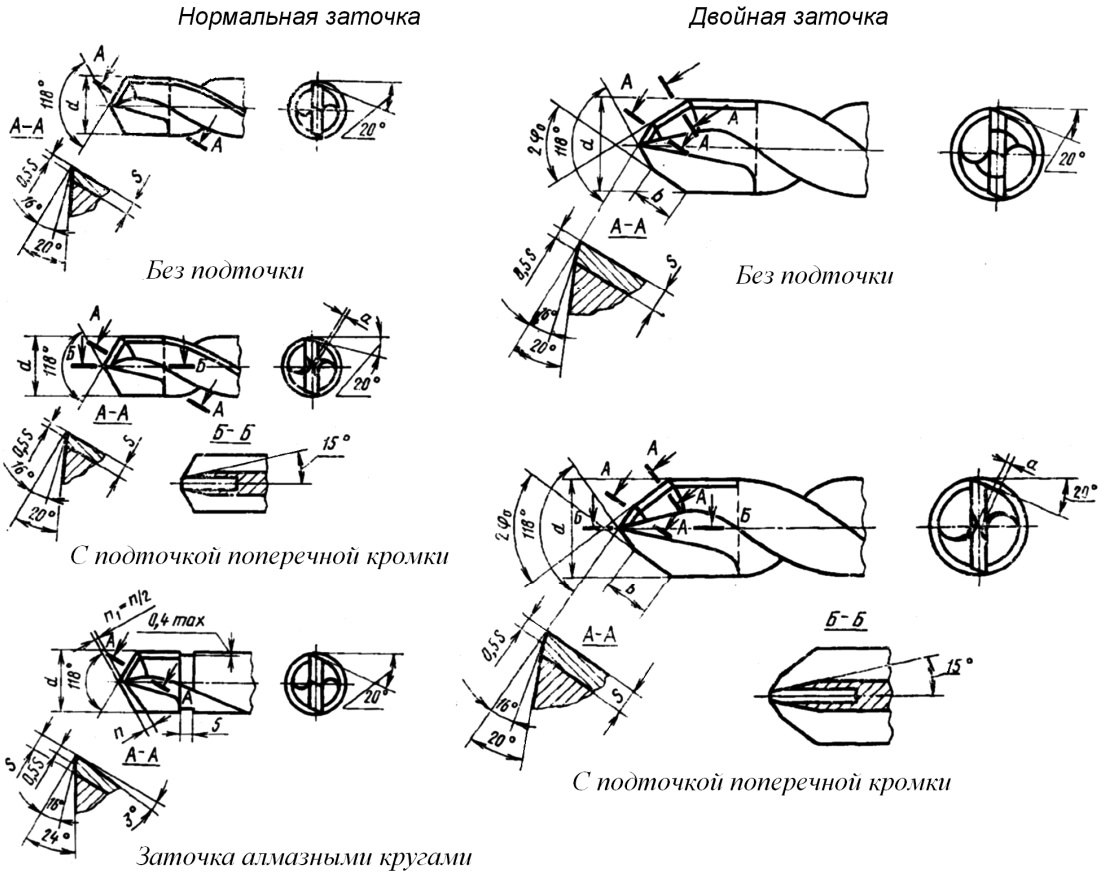


Рис. 3.414. Геометрические параметры режущей части сверл с пластинками из твердого сплава (по ГОСТ 22735)

Спиральные сверла выпускаются с коническим, цилиндрическим нормальным и коротким хвостовиками. По ГОСТ 885-77 и международному стандарту ИСО 235/1-1975 спиральные сверла выпускаются в градации диаметров приведенных в табл. 3.42.

Таблица 3.42 **Градация диаметров спиральных сверл**

Диапазоны диаметров сверл	Градация диаметров сверл
Свыше 0,24 до 0,30	0,25; 0,28; 0,30
Свыше 0,30 до 0,38	0,32; 0,35; 0,38
Свыше 0,38 до 0,48	0,40; 0,42; 0,45; 0,48
Свыше 0,48 до 0,53	0,50; 0,52
Свыше 0,53 до 0,60	0,55; 0,58; 0,60

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.42

Диапазоны диаметров сверл	Градация диаметров сверл
Свыше 0,60 до 0,67	0,61; 0,65
Свыше 0,67 до 0,75	0,68; 0,70; 0,72; 0,75
Свыше 0,75 до 0,85	0,78, 0,80; 0,82; 0,85
Свыше 0,85 до 0,95	0,88; 0,90; 0,92; 0,95
Свыше 0,95 до 1,06	0,98; 1,0; 1,05
Свыше 1,06 до 1,18	1,10; 1,15
Свыше 1,18 до 1,32	1,20; 1,25; 1,30
Свыше 1,32 до 1,50	1,35; 1,40; 1,45; 1,50
Свыше 1,50 до 1,70	1,55; 1,60; 1,65; 1,70
Свыше 1,70 до 1,90	1,75; 1,80; 1,85; 1,90
Свыше 1,90 до 2,12	1,95; 2,00; 2,05; 2,10
Свыше 2,12 до 2,36	2,15; 2,20; 2,25; 2,30; 2,35
Свыше 2,36 до 2,65	2,40; 2,45; 2,50; 2,55; 2,60; 2,65
Свыше 2,65 до 3,00	2,70; 2,75; 2,80; 2,85; 2,90; 2,95; 3,00
Свыше 3,00 до 3,35	3,10; 3,20; 3,30
Свыше 3,35 до 3,75	3,40; 3,50; 3,60; 3,70
Свыше 3,75 до 4,25	3,80; 3,90; 4,00; 4,10; 4,20
Свыше 4,25 до 4,75	4,30; 4,40; 4,50; 4,60; 4,70
Свыше 4,75 до 5,30	4,80; 4,90; 5,00; 5,10; 5,20; 5,30
Свыше 5,30 до 6,00	5,40; 5,50; 5,60; 5,70; 5,80; 5,90; 6,00
Свыше 6,00 до 6,70	6,10; 6,20; 6,30; 6,40; 6,50; 6,60; 6,70
Свыше 6,70 до 7,50	6,80; 6,90; 7,00; 7,10; 7,20; 7,30; 7,40; 7,50
Свыше 7,50 до 8,50	7,60; 7,70; 7,80; 7,90; 8,00; 8,10; 8,20; 8,30; 8,40; 8,50
Свыше 8,50 до 9,50	8,60; 8,70; 8,80; 8,90; 9,00; 9,10; 9,20; 9,30; 9,40; 9,50
Свыше 9,50 до 10,60	9,60; 9,70; 9,80; 9,90; 10,00; 10,10; 10,20; 10,30; 10,40; 10,50; 10,60
Свыше 10,60 до 11,80	10,70; 10,80; 10,90; 11,00; 11,10; 11,20; 11,30; 11,40; 11,50; 11,60; 11,70; 11,80
Свыше 11,80 до 13,20	11,90; 12,00; 12,10; 12,20; 12,30; 12,40; 12,50; 12,60; 12,70; 12,80; 12,90; 13,00; 13,10; 13,20
Свыше 13,20 до 14,00	13,30; 13,40; 13,50; 13,60; 13,70; 13,75; 13,80; 13,90; 14,00
Свыше 14,00 до 15,00	14,25; 14,50; 14,75; 15,00
Свыше 15,00 до 16,00	15,25; 15,50; 15,75; 16,00
Свыше 16,00 до 17,00	16,25; 16,50; 16,75; 17,00
Свыше 17,00 до 18,00	17,25; 17,50; 17;75; 18,00
Свыше 18,00 до 19,00	18,25; 18,50; 18,75; 19,00
Свыше 19,00 до 20,00	19,25; 19,50; 19,75; 20,00
Свыше 20,00 до 21,20	20,25; 20,50; 20,75; 21,00
Свыше 21,20 до 22,40	21,25; 21,50; 21,75; 22,00; 22,25
Свыше 22,40 до 23,02	22,50; 22,75; 23,00
Свыше 23,02 до 23,60	23,25; 23,50
Свыше 23,60 до 25,00	23,75; 24,00; 24,25; 24,50; 24,75; 25,00

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 3.42

Диапазоны диаметров сверл	Градация диаметров сверл
Свыше 25,00 до 26,50	25,25; 25,50; 25,75; 26,00; 26,25; 26,50
Свыше 26,50 до 28,00	26,75; 27,00; 27,25; 27,50; 27,75; 28,00
Свыше 28,00 до 30,00	28,25; 28,50; 28,75; 29,00; 29,25; 29,50; 29,75; 30,00
Свыше 30,00 до 31,50	30,25; 30,50; 30,75; 31,00; 31,25; 31,50; 31,75
Свыше 31,50 до 33,50	32,00; 32,50; 33,00; 33,25; 33,50
Свыше 33,50 до 35,50	34,00; 34,50; 35,00; 35,50
Свыше 35,50 до 37,50	36,00; 36,50; 37,00; 37,50
Свыше 37,50 до 40,00	38,00; 38,50; 39,00; 39,50; 40,00
Свыше 40,00 до 42,50	40,50; 41,00; 41,50; 42,00; 42,50
Свыше 42,50 до 45,00	43,00; 43,50; 44,00; 44,50; 45,00
Свыше 45,00 до 47,50	45,00; 45,50; 46,00; 46,50; 47,00; 47,50
Свыше 47,50 до 50,00	48,00; 48,50; 49,00; 49,50; 50,00
Свыше 50,00 до 53,00	50,50; 51,00; 52,00; 53,00
Свыше 53,00 до 56,00	54,00; 55,00; 56,00
Свыше 56,00 до 60,00	57,00; 58,00; 59,00; 60,00
Свыше 60,00 до 63,00	61,00; 62,00; 63,00
Свыше 63,00 до 67,00	64,00; 65,00; 66,0; 67,00
Свыше 67,00 до 71,00	68,00; 69,00; 70,00; 71,00
Свыше 71,00 до 75,00	72,00; 73,00; 74,00; 75,00
Свыше 75,00 до 80,00	76,00; 77,00; 78,00; 79,00; 80,00

Кроме обыкновенных спиральных сверл промышленность выпускает спиральные ступенчатые сверла, предназначенные для обработки за один проход сквозных отверстий под резьбовые крепежные детали диаметром от 4 до 20 мм и опорных поверхностей под цилиндрические и полукруглые головки винтов в изделиях из конструкционных сталей и серого чугуна, рис. 3.415. В табл. 3.43 и табл. 3.44 приведены размеры сверл.

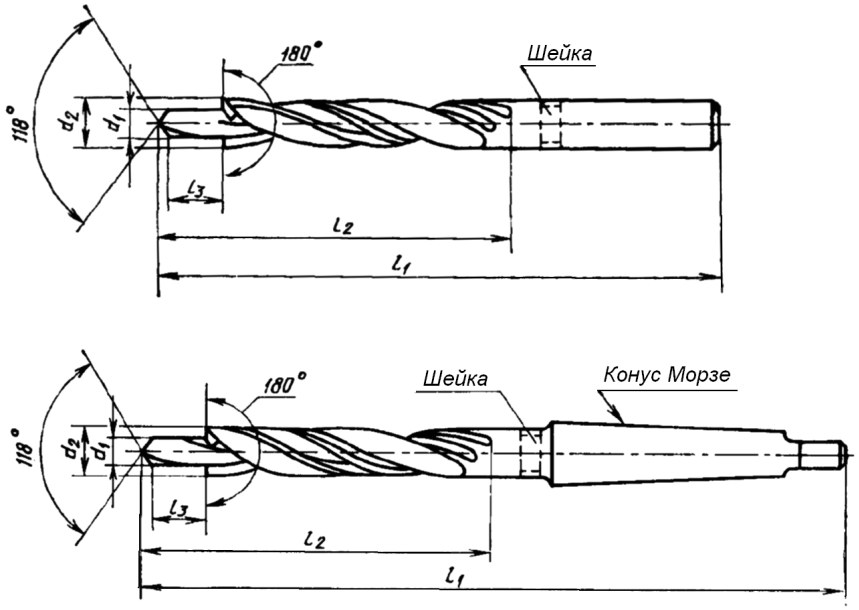


Рис. 3.415. Спиральные ступенчатые сверла

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.43 **Спиральные ступенчатые сверла с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 28319-89**

d_1, мм	d_2, мм	l_1, мм	l_2, мм	l_3, мм	Номинальный диаметр резьбы винтов, мм
4,5	8,0	117	75	10	4
5,5	10,0	133	87	13	5
6,6	11,0	142	94	15	6
9,0	15,0	169	114	19	8
11,0	18,0	191	130	23	10

Таблица 3.44 **Спиральные ступенчатые сверла с коническим хвостовиком по ГОСТ 28319-89**

d_1, мм	d_2, мм	l_1, мм	l_2, мм	l_3, мм	Конус Морзе по ГОСТ 25557	Номинальный диаметр резьбы винтов, мм
5,5	10,0	133	87	13	1	5
6,6	11,0	142	94	15		6
9,0	15,0	169	114	19	2	8
11,0	18,0	191	130	23		10
14,0	20,0	238	140	27		12
16,0	24,0	281	160	31	3	14
18,0	26,0	286	165	35		16
20,0	30,0	296	175	39		18
22,0	34,0	339	190	43	4	20

Зенкеры – осевой режущий инструмент предназначенный для рассверливания отверстий полученных сверлением, отливкой, ковкой или штамповкой. Зенкер обеспечивают точность, соответствующую 9-10 квалитету, и шероховатость поверхности Ra = 6,3 мкм.

Зенкер состоит из режущей части, калибрующего участка и хвостовика. В зависимости от допуска на исполнительный диаметр отверстия различают зенкер №1 и зенкер №2. Зенкер № 1 рекомендуется для обработки отверстий под последующее развертывание, а зенкер №2 – под окончательную обработку отверстия с полем допуска H11.

По способу крепления зенкеры делятся на хвостовые и насадные. Они могут быть цельными и сборными, изготовленными из инструментальных сталей или оснащенные твердосплавной режущей частью.

По внешнему виду зенкер напоминает сверло и состоит из тех же основных элементов, но имеет больше режущих кромок (три-четыре) и спиральных канавок. Три-четыре режущие кромки (зенкеры называются соответственно трех- и четырехперыми) лучше центрируют инструмент в отверстии, придают ему большую жесткость, чем обеспечивается получение высокой точности.

Небольшая глубина канавок зенкера определяет его большую, чем у сверла жесткость, что позволяет получать более точное отверстие, а наличие большего числа режущих лезвий обеспечивает меньшую величину шероховатости. Зенкер не имеет перемычки, поэтому он не может работать в сплошном материале, а может лишь увеличивать диаметр отверстия на 1-6 мм.

Зенкер состоит из рабочей части, шейки, хвостовика и лапки, рис. 3.416, *а*. Рабочая часть, в свою очередь, состоит из режущей (заборной) и калибрующей частей. Режущая часть срезает основной слой металла, направляет и формирует стружку. Калибрующая часть формирует окончательный диаметр отверстия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

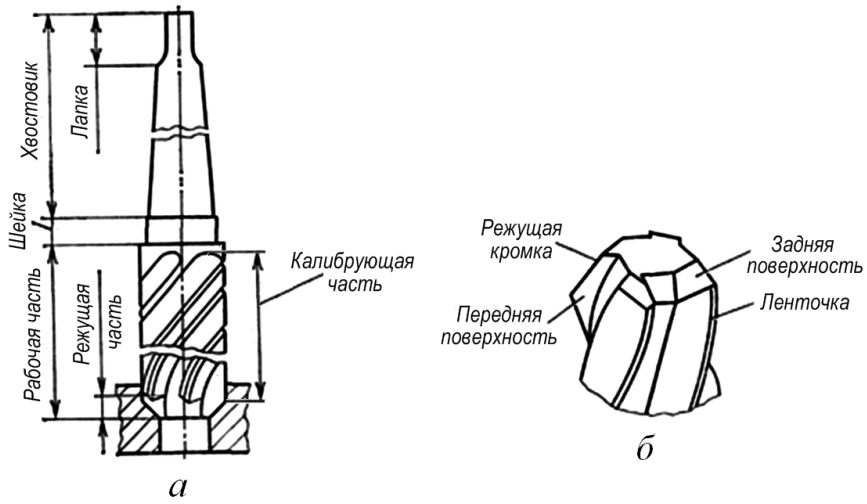


Рис. 3.416. Конструкция зенкера (*а*) и элементы рабочей части зенкера (*б*)

По конструкции зенкеры бывают насадные и цельные и могут иметь различное направление угла спирали (правое, левое, прямое). Зенкеры изготавливают из быстрорежущей стали или оснащают пластинами из твердого сплава марок ВК6, ВК8, ВК6М, ВК8В, Т5К10, Т15К6. Пластины из твердого сплава закрепляются в зенкере при помощи пайки или клинового крепления, что позволяет многократно использовать корпус зенкера. Рабочая часть зенкеров, изготовленных из быстрорежущей стали, имеет обратную конусность (по направлению к хвостовику) порядка 0,05-0,1 на 100 мм длины рабочей части и соединяется с хвостовиком также, как и у сверл, шейкой. Цельные зенкеры закрепляются непосредственно в коническом отверстии шпинделя станка, а насадные устанавливаются на специальную оправку, также имеющую конический хвостовик для установки в шпинделе станка.

Геометрические параметры режущей части зенкеров (рис. 3.417) выбираются в зависимости от условий обработки: главный угол в плане φ – 30-60° передний угол γ – 330° для зенкеров из быстрорежущей стали, для зенкеров, оснащенных пластинами твердого сплава, этот угол составляет от 5 до –5°; задний угол α на главных режущих кромках составляет 8-15°.

Угол наклона винтовой канавки (у зенкеров общего назначения) ω – 10-30°. Для обработки твердых металлов берут меньшие, а для мягких большие значения углов. Для чугуна угол ω = 0°. Для отверстий с прерывистыми стенками независимо от свойств обрабатываемого металла ω = 20-30°.

При обработке деталей из бронзы, стали и чугуна угол ω равен 0°. Для усиления режущей кромки на зенкерах с пластинками из твердых сплавов угол ω делают положительным, равным 12-15°.

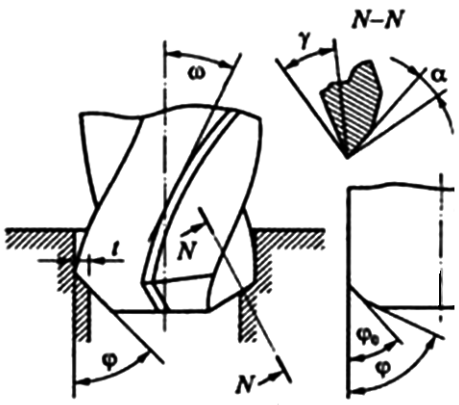


Рис. 3.417. Геометрические параметры режущей части: ω – угол наклона ленточек; φ – главный угол в плане; φ_0 – угол заборного конуса; γ – передний угол; α – задний угол; t – глубина резания

Выбор конструкции зенкера и материала рабочей части в значительной степени зависит от обрабатываемого материала и параметров обрабатываемого отверстия:

- зенкеры из быстрорежущей стали, трех- и четырехперые, имеющие диаметр от 10 до 40 мм, применяются для обработки отверстий в заготовках из конструкционной стали;
- зенкеры трех- и четырехперые, оснащенные пластинами из твердого сплава, имеющие номинальный диаметр от 14 до 50 мм, используются при обработке отверстий в заготовках из труднообрабатываемых и закаленных сталей;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- зенкеры с насадными головками из быстрорежущей стали номинальным диаметром от 32 до 80 мм применяются для обработки отверстий в заготовках из конструкционной стали.

Как отмечалось выше, зенкер обрабатывает уже подготовленное отверстие, которое может быть как отлито или выштамповано, так и просверлено. Главной отличительной особенностью зенкера является то, что он выравнивает соосность отверстия. Именно этим режущим инструментом, при изготовлении точных отверстий, когда жестко задается межцентровое расстояние или координаты отверстия, исправляются все погрешности после сверловки, штамповки или литья. Это связано с тем, что при сверлении, особенно глубоких отверстий, сверло может отклониться от вертикальной оси в силу недостаточной жесткости при большом вылете или из-за погрешности в заточке, неравномерной твердости обрабатываемого материала и т.д. Зенкер же имеет более высокую жесткость.

Зенковка – многолезвийный режущий инструмент предназначенный для обработки: цилиндрических углублений под головки винтов, конических углублений для центрирования отверстий, отверстий под винты с потайной головкой, снятия фасок в отверстиях. Основной особенностью зенковок по сравнению с зенкерами является наличие зубьев на торце и направляющих цапф, которыми зенковки вводятся в просверленное отверстие.

Зенковки для цилиндрических углублений и опорных плоскостей часто называют цековки.

По форме режущей части зенковки подразделяются на: цилиндрические; конические; торцовые (цековки), рис.3.418.

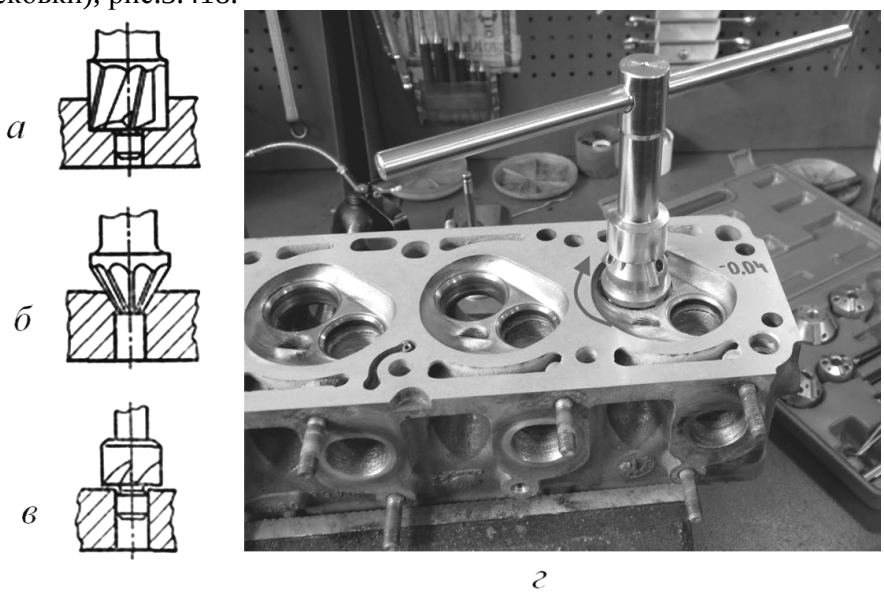


Рис. 3.418. Основные типы зенковок: *а* – цилиндрическая с направляющей цапфой; *б* – коническая; *в* – торцовая (цековка); *г* – зенковка седла впускного клапана

Цилиндрические зенковки состоят из рабочей части и хвостовика. Для обеспечения соосности отверстия и образованного зенковкой углубления имеют направляющую цапфу.

Конические зенковки также состоят из рабочей части и хвостовика. Они также могут иметь направляющую цапфу.

Цековки предназначены для зачистки торцевых поверхностей бобышек под шайбы, упорные кольца или гайки.

Зенковки для обработки конических углублений с углами 60, 90 и 120° (рис. 3.418, *б*), изготавливают и с цилиндрическим, и с коническим хвостовиком. Зенковки с цилиндрическим хвостовиком изготавливают диаметром 8; 10; 12; 16; 20; 25 мм, а с коническим хвостовиком – диаметром 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 и 80 мм.

Развертки. В качестве последней (отделочной) операции обработки отверстий применяется развертывание, осуществляемое специальным инструментом – разверткой. Разверт-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ка внешне похожа на зенкер, но отличается от него большим числом режущих лезвий (от 6 до 12), более пологой режущей (заборной) частью и меньшей глубиной канавок. Последнее предопределяет припуск на развертывание: для чернового развертывания он составляет 0,1-0,4 мм на диаметр, для чистого – 0,05-0,2 мм.

Развертки изготавливаются цельными и насадными с коническим и цилиндрическим хвостовиками, оснащаются вставными ножами, впаянными пластинами из твердого сплава либо изготавливаются из быстрорежущей стали. Развертки в отличие от сверла и зенкера имеют большее количество режущих кромок, что позволяет при обработке снимать слой материала небольшой толщины, составляющий десятые и даже сотые доли миллиметра. Припуски на развертывание выбираются по таблицам в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия. Различают развертки для ручного и машинного развертывания, цилиндрические и конические, рис. 3.419.

Машинные развертки устанавливают в шпинделе сверлильного станка. Они отличаются от ручных разверток меньшей длиной рабочей части и длинной шейкой (для развертывания глубоких отверстий).

Хвостовики машинных разверток диаметром 10-12 мм выполняют цилиндрическими, для больших диаметров разверток – коническими. Развертки для ручного развертывания на конце цилиндрического хвостовика имеют квадратную часть, на которую устанавливают вороток для вращения развертки в обрабатываемом отверстии.

Для обработки конических отверстий применяют конические развертки, рис. 3.419, *в*. При этом отверстие, предварительно обработанное, может быть цилиндрическим или коническим. Отверстия с небольшим припуском развертывают на конус за один проход. При обработке же конических отверстий, когда требуется снимать значительный припуск, используют комплект конических разверток.

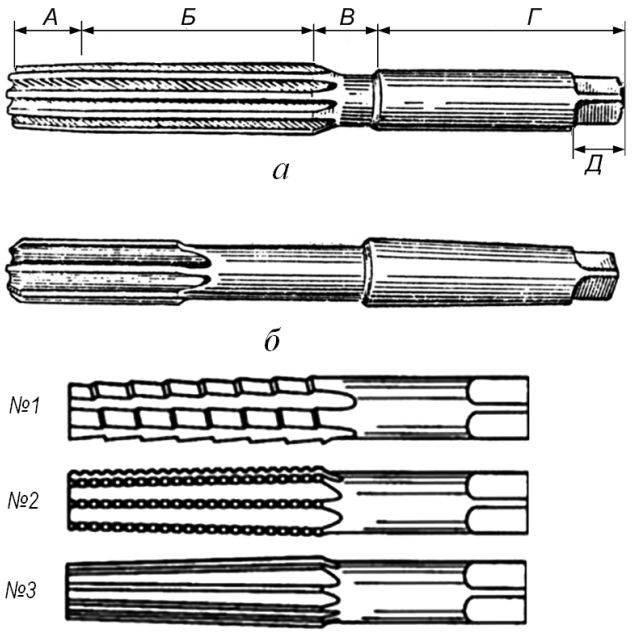


Рис. 3.419. Развертки: *а* – ручная; *б* – машинная; *в* – комплект конических разверток; *А* – заборная часть развертки; *Б* – калибрующая часть; *В* – шейка; *Г* – хвостовик; *Д* – квадратная головка для захвата развертки воротком при развертывании вручную

Конструктивно ручные и машинные развертки, как и зенкер, состоят из рабочей части, шейки и хвостовика, рис. 3.419, *а*. Рабочая часть развертки с расположенными по окружности зубьями включает в себя режущую или заборную часть и калибрующую, цилиндрическую часть.

Режущая, или заборная, часть на конце имеет направляющий конус (рис. 3.420, *а*) (скос под углом 45°) для снятия припуска на развертывание и предохранения вершины режущих кромок от забоин при развертывании.

Заборной называют переднюю конусную часть развертки, которая при развертывании выполняет в отверстии основную работу по снятию стружки. Режущие кромки заборной части образуют с осью развертки угол при вершине 2φ (для ручных разверток 0,5-1,5°, а для машинных – 3-5°), рис. 3.420, *б*.

Калибрующая часть – это смежный с заборной частью участок, служащий для направления развертки и калибрования (зачистки) развертываемого отверстия. Каждый зуб калибрующей части вдоль рабочей части развертки заканчивается канавкой, образующей режущую кромку и служащей для помещения в нее стружки, которая снимается при развертывании.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

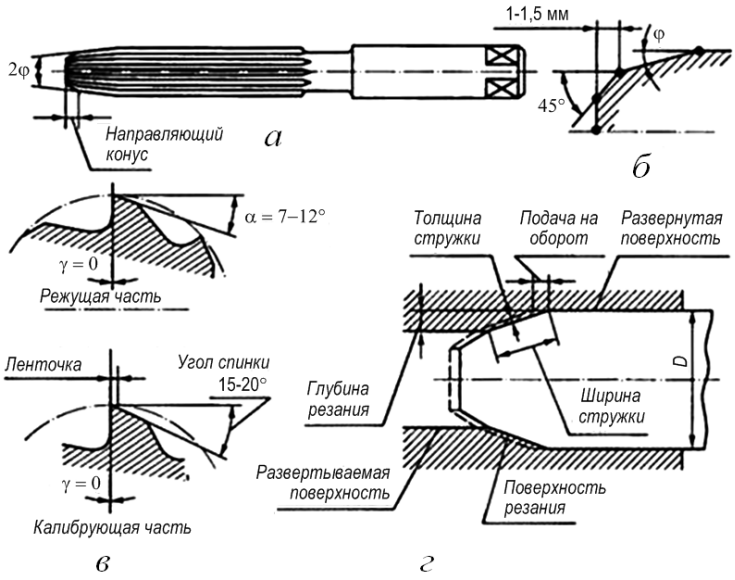


Рис. 3.420. Развертка: *а* – конструкция развертки; *б* – конструкция заборной части; *в* – геометрические параметры режущей и калибрующей части; *г* – схема резания; φ – угол заборного конуса; 2φ – угол при вершине; α – задний угол; γ – передний угол; *D* – диаметр развертки

Обратный конус находится на калибрующей части, ближе к шейке. Он служит для уменьшения трения развертки о поверхность отверстия и сохранения качества обрабатываемой поверхности при выходе развертки из отверстия.

За калибрующей частью следует шейка и далее хвостовик, которым развертку закрепляют в шпинделе станка или в воротке. Хвостовая часть развертки может быть цилиндрической (с квадратным концом или без него) и конической.

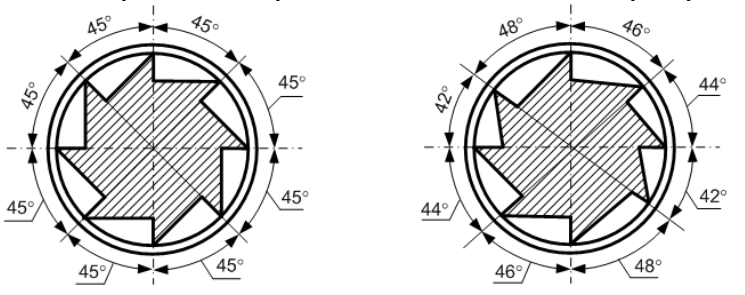
Шейка развертки предназначена для выхода фрезы при изготовлении развертки.

Режущими элементами развертки являются зубья. Геометрия зубьев развертки представлена на рис. 3.420, *в*. Задний угол α на режущей части составляет 6-15° (большие значения берут для разверток больших диаметров), передний угол γ для черновых разверток – 0-10°, для чистовых – 0°.

Заборная и цилиндрическая части развертки отличаются друг от друга формой зуба. На калибрующей части зуб имеет на вершине фаску – узкую ленточку шириной от 0,3 до 0,5 мм в виде части дуги окружности. Назначение фаски – калибровать и сглаживать стенки развертываемого отверстия.

Процесс развертывания происходит при двух совместных относительных движениях режущего инструмента: поступательном – вдоль оси и вращательном – вокруг оси.

Развертки изготавливаются с равномерным и неравномерным распределением зубьев по окружности. Для ручного развертывания следует применять развертки с неравномерным распределением зубьев по окружности. Они дают при развертывании вручную более чистую поверхность отверстия. На рис. 3.421 приведены элементы геометрии разверток.



Развертка с равномерным шагом Развертка с неравномерным шагом

Рис. 3.421. Элементы геометрии разверток

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Машинные развертки изготавливают с равномерным шагом, т.е. с равномерным распределением зубьев по окружности. Число зубьев разверток – четное (6, 8, 10 и т.д.). Чем больше зубьев, тем выше качество обработки.

Ручные и машинные развертки выполняют с прямыми (прямозубые) и винтовыми (спиральные) канавками. В зависимости от направления винтовых канавок развертки подразделяют на правые и левые.

Ручные цилиндрические развертки применяют для развертывания отверстий диаметром 3-60 мм. По степени точности обработки поверхности развертки подразделяют по номерам: 1; 2 и 3.

Развертки машинные с цилиндрическим хвостовиком изготавливают диаметром 3-50 мм. Эти развертки обеспечивают точность обработки отверстий 6-8 квалитетов. Развертки закрепляют в самоцентрирующихся патронах станков.

Развертки машинные с коническим хвостовиком изготавливают диаметром 10-18 мм и с более короткой рабочей частью. Эти развертки закрепляют непосредственно в шпинделе станка.

Развертки машинные насадные изготавливают диаметром 25-50 мм. Их применяют, если необходимо получить точность обработанного отверстия 5-6 квалитетов.

Развертки машинные с квадратной головкой изготавливают диаметром 10-32 мм. Они предназначены для обработки отверстий по 6-7 квалитетам. Эти развертки закрепляют в патронах, допускающих их покачивание и самоцентрирование в отверстиях.

Развертки со вставными ножами (насадные) изготавливают диаметром 25-100 мм. Они имеют то же назначение, что и предыдущие развертки.

Развертки машинные, оснащенные пластинами из твердого сплава Т15К6, служат для обработки отверстий больших диаметров с высокой скоростью и большой точностью.

Конические развертки применяют для получения точных конических отверстий под штифты (конусность 1:50), конусы Морзе и метрические посадочные отверстия насадных зенкеров и разверток (конусность 1:30) и др. Конические отверстия формируют либо из цилиндрических, полученных сверлением, либо из конических отверстий, полученных расточкой при обработке очень крутых конусов, например с конусностью 7:24.

Условия работы таких разверток очень тяжелые, так как у них длина режущих кромок, снимающих припуск, большая и равна длине образующей конуса, а толщина срезаемого слоя определяется перепадом диаметров.

Требования к точности конических отверстий достаточно высоки, так как от нее часто зависят прочность и герметичность соединяемых деталей, величина передаваемого крутящего момента и др. При этом точность обработанных отверстий обеспечивается точностью изготовления разверток.

В отличие от цилиндрических, у конических разверток отсутствует разделение на режущую и калибрующую части, так как зубья, расположенные на конической поверхности, являются одновременно и режущими, и калибрующими.

При обработке отверстий с конусностью большей 1:20 приходится снимать припуск такой величины, что его можно удалить только с помощью комплекта разверток.

На рис. 3.419, *в* приведен комплект конических разверток из трех номеров, применяемый для обработки отверстий под конус Морзе.

Развертка № 1 – черновая, имеет ступенчатую форму зубьев, расположенных по винтовой поверхности, которая совпадает по направлению с направлением вращения инструмента. Припуск снимается режущими кромками, расположенными на торцах зубьев, как при зенкеровании. После прохода такой развертки цилиндрическое отверстие превращается в ступенчатое. У развертки № 1 стружечные канавки прямые, а их число равно 4-8 и зависит от диаметра конуса.

Развертка № 2 – промежуточная, имеет форму обрабатываемого отверстия. Ее режущие кромки делятся на отдельные мелкие участки прямоугольной резьбой, имеющей направление, обратное вращению инструмента. Шаг резьбы P = 1,5-3,0 мм, ширина канавок $P/2$, а глубина $h = 0{,}2P$. Эта развертка обеспечивает дробление снимаемого припуска на более мелкие ступени.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Развертка № 3 – чистовая, имеет прямые зубья по всей длине режущей части, а для более устойчивого положения развертки в отверстии на вершинах ее зубьев делаются ленточки шириной 0,05 мм. Эта развертка обеспечивает срезание остаточной части припуска и калибрует отверстие.

У конических разверток стружечные канавки прямые, передний угол на режущих кромках $\gamma = 0°$, задние поверхности зубьев у разверток № 1 затылованы, а у разверток № 2 и 3 заточены под углом $\alpha = 5°$.

При обработке отверстий под штифты с конусностью 1:50 достаточно одной чистовой развертки, а с конусностью 1:30 необходимо использовать две развертки.

Котельные развертки (рис. 3.422) применяют при подготовке отверстий под заклепки в двух или более соединяемых листах. Они получили свое название в виду широкого распространения в котло-, корабле- и авиастроении, а также при изготовлении мостовых конструкций.

Котельные развертки работают в тяжелых условиях, так как из-за неизбежных несовпадений осей отверстий в пакетах листов приходится удалять большой припуск – до 1-2 мм на сторону, т.е. почти как при зенкеровании. При этом обрабатываемые материалы, как правило, вязкие и пластичные.

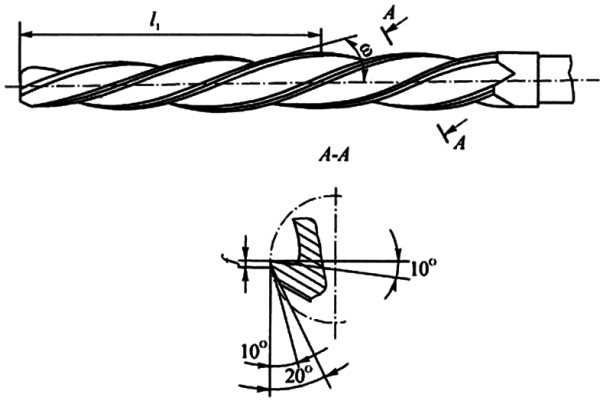


Рис. 3.422. Котельная развертка

Для лучшего направления разверток в отверстии, снижения осевых усилий и уменьшения шероховатости поверхности в конструкции разверток используются винтовые зубья с углом $\omega = 25\text{-}30°$, направленные в сторону обратную вращению инструмента. Котельные развертки имеют малый угол заборного конуса, равный $2\varphi = 3\text{-}5°30'$ и, соответственно, большую длину режущей части, равную 1/3-1/2 длины рабочей части инструмента. Число зубьев – 4-6, при диаметре разверток 6-40 мм. Передний угол зубьев в сечении, перпендикулярном к винтовым канавкам, $\gamma = 12\text{-}15°$, задний угол $\alpha = 10°$. Зубья на калибрующей части имеют узкие направляющие ленточки шириной 0,2-0,3 мм с обратной конусностью 0,05-0,07 мм на 100 мм длины.

Котельные развертки изготавливают как ручные с цилиндрическим хвостовиком, так и машинные с коническим хвостовиком, устанавливаемые на радиально-сверлильных станках или на электро- и пневматических дрелях.

Для лучшего направления разверток иногда впереди их рабочей части предусматривают направляющие цапфы, как у зенкеров.

На рис. 3.423 представлена развертка из быстрорежущей стали, для развертывания в тонколистовой стали отверстий под нужный размер.

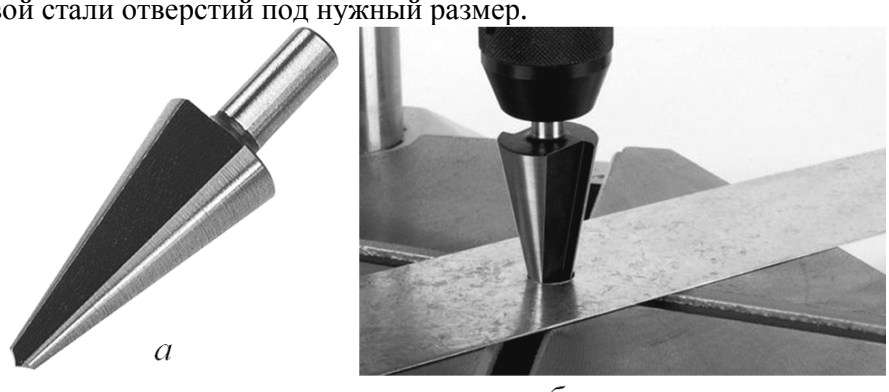

а *б*

Рис. 3.423. Развертка для тонколистовой стали (*а*) и пример развертывания отверстия (*б*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Сверлильные станки. Слесари при сверлении отверстий чаще всего пользуются одно-шпиндельными вертикально-сверлильными станками. Главными частями сверлильных станков являются станина, шпиндель, стол и механизмы движения, рис. 3.424.

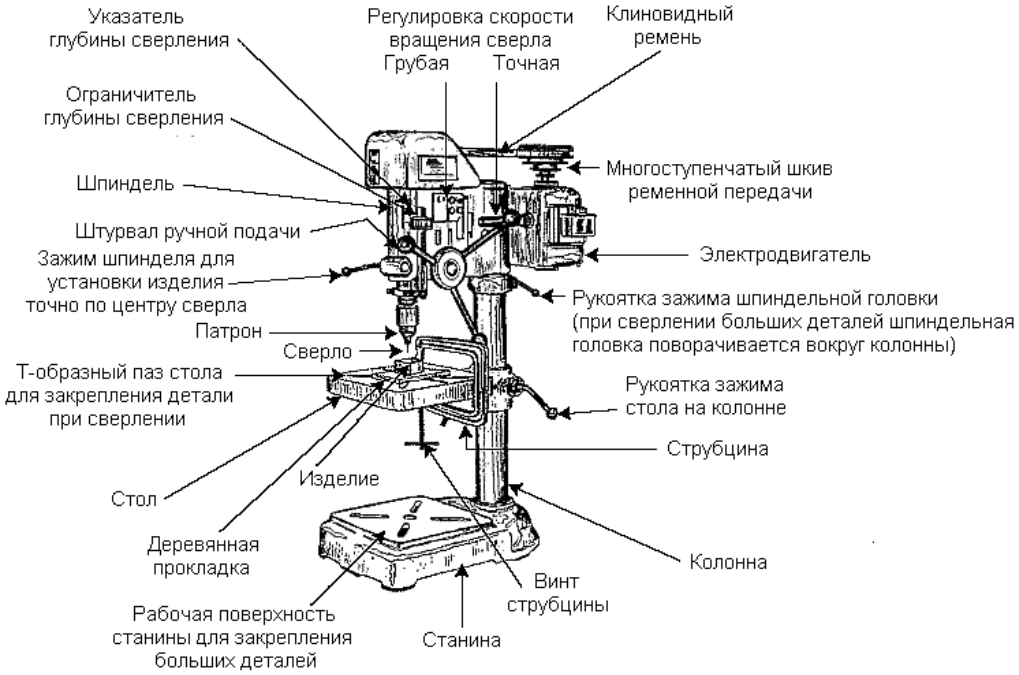


Рис. 3.24. Сверлильный станок

Станина является основанием и опорой для всех остальных частей станка.

Шпиндель служит для закрепления сверла и передачи ему движения.

Стол предназначен для установки и закрепления обрабатываемой детали.

Механизмы движения станка (приводят в движение шпиндель) делятся на привод, механизм главного, или рабочего движения, станка (вращение шпинделя) и механизм подачи (перемещение инструмента при сверлении).

На рис. 3.425 представлено устройство одно-шпиндельного вертикально-сверлильного станка модели 2А150. На фундаментной плите *1* крепится станина *9*. В верхней части станины расположен электродвигатель *6* мощностью 7 кВт, который сообщает сверлу *3*, укрепленному в нижней части шпинделя *4*, главное (вращательное движение). Это движение передается шпинделю через коробку скоростей, которая расположена в консольной части станка, называемой шпиндельной головкой *5*. Движение подачи (поступательное вдоль оси) сверло получает от коробки подач, укрепленной в подвижном кронштейне *7*.

Вертикальное перемещение шпинделя и сверла может осуществляться механически по заданному режиму от коробки подач или вручную при помощи штурвала *8*. Обрабатываемую заготовку в зависимости от ее формы и размеров укрепляют на столе *2* в машинных тисках,

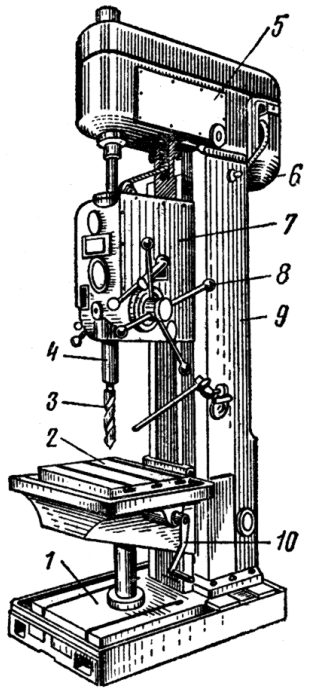


Рис. 3.425. Одно-шпиндельный вертикально-сверлильный станок модели 2А150: *1* – фундаментная плита; *2* – стол; *3* – сверло; *4* – шпиндель; *5* – шпиндельная головка; *6* – электродвигатель; *7* – подвижный кронштейн; *8* – штурвал; *9* – станина; *10* – рукоятка стола

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

кондукторах или иных приспособлениях. При помощи рукоятки *10* стол может перемещаться в вертикальном направлении.

В станке предусмотрена возможность сверления отверстий на заданную глубину с автоматическим отключением подачи.

На данном станке можно сверлить отверстия диаметром до 50 мм и глубиной до 300 мм. Эти станки имеют широкий диапазон частоты вращения шпинделя и подач, поэтому их применяют не только для сверления, но также для зенкерования и нарезания внутренней резьбы.

Установление требуемой частотой вращения шпинделя на станке достигается изменением передаточного отношения коробки скоростей путем переключения блока зубчатых колес. В результате этого получить 12 ступеней частоты вращения шпинделя (от 32 до 1400 мин$^{-1}$).

Коробка подач получает вращательное движение от вала шпинделя через зубчатую передачу. Установление необходимой подачи сверла производится переключением подвижных блоков. Вращение вала через систему зубчатых колес, муфту сцепления и червячную пару передается рейке, укрепленной на гильзе. В гильзе свободно вращается шпиндель. В вертикальном осевом направлении шпиндель перемещается только с гильзой. Станок 2А150 имеет 9 подач (от 0,125 до 2,64 мм/об).

На рис. 3.426 показан общий вид радиально-сверлильного станка модели 2А53. Эти станки используются для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания отверстий, отдаленных от краев заготовки, а также для получения и обработки отверстий в крупных заготовках, установка которых на столе вертикально-сверлильного станка невозможна или неудобна.

На фундаментной плите *1* крепится неподвижная колонна *2* с поворотной гильзой *3*. Разрезной хомут *9*, скрепляющий гильзу с колонной, стягивается специальным устройством. На гильзе закреплена консоль или рукав *8*, который может перемещаться по ней вверх или вниз при помощи электродвигателя *4*, двухступенчатого редуктора *5* и винта *7*. Консоль имеет шпиндельную головку *6* и шпиндель *15*. Последний посредством электродвигателя *11* коробки скоростей *12* и коробки подач *14* получает заданное главное (вращательное) движение и движение подачи (поступательное вдоль оси).

На станке можно получить 12 различных частот вращения шпинделя (от 55 до 2240 мин$^{-1}$) и восемь различных подач (0,06-1,22 мм/об). Если поменять местами сменные зубчатые колеса привода, то количество частот вращения можно удвоить.

На колонне закреплена консоль, которая может перемещаться вдоль нее вверх и вниз с помощью электродвигателя, редуктора и винта. На консоли находится шпиндельная головка, где размещается коробка скоростей, коробка подач и шпиндель.

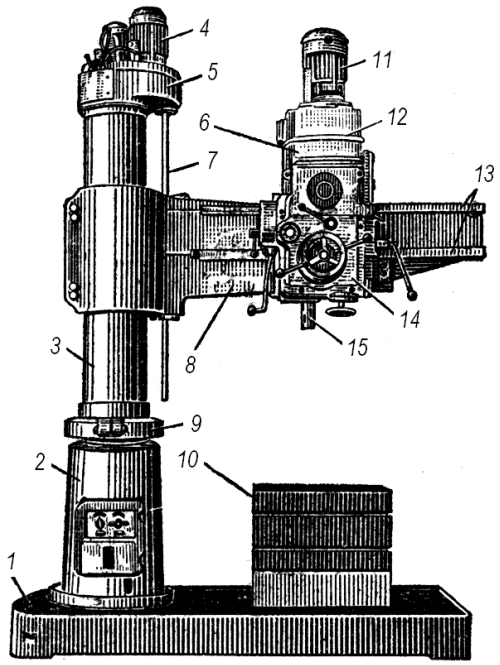


Рис. 3.426. Общий вид радиально-сверлильного станка модели 2А53: *1* – фундаментная плита; *2* – колонна; *3* – поворотная гильза; *4*, *11* – электродвигатель; *5* – редуктор; *6* – шпиндельная головка; *7* – винт; *8* – рукав; *9* – разрезной хомут; *10* – съемный стол; *12* – коробка скоростей; *13* – направляющие рейки консоли; *14* – коробка подач; *15* – шпиндель

Шпиндельная головка *6*, для устойчивости фиксируется на консоли зажимом, работает как самостоятельный узел и может перемещаться по направляющим рейкам *13* консоли в радиальном направлении при помощи специальной рукоятки. Поворот консоли вокруг колонны на определенный угол производится механически и вручную.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При сверлении заготовку укрепляют неподвижно на съемном столе *10* или непосредственно на фундаментной плите *1*, а шпиндель со сверлом устанавливают в рабочее положение при помощи трех перемещений: вертикального вдоль оси шпинделя; радиального по направляющим консоли и вокруг колонны (на определенный угол).

К основным параметрам станков относятся наибольший вылет шпинделя – расстояние от его оси до направляющих в вертикально-сверлильных станках и до ближайшей образующей колонны в радиально-сверлильных станках; наибольший ход шпинделя – перемещение его вдоль оси; размер конического отверстия шпинделя, определяемого номером конуса Морзе (чем больше номер, тем больше диаметр отверстия) и другие. Регулирование частот вращения шпинделя и его подачи в станках осуществляется ступенчато.

Режущий инструмент в шпинделе сверлильного станка закрепляют с помощью вспомогательного инструмента: переходных втулок, сверлильных патронов и оправок.

На сверлильных станках производят сверление, зенкерование, развертывание, зенкование, цекование, нарезание резьбы и обработку сложных комбинированных поверхностей рис. 3.427.

Сверлением (рис. 3.427, *а*) получают сквозные и глухие цилиндрические отверстия. Шероховатость поверхности после сверления *Ra*=12,5-6,3 мкм, точность по 11-14 квалитету. Отверстия диаметром больше 30 мм в сплошном материале обычно сверлят двумя сверлами (первое – диаметром 0,2-0,4 от заданного, второе – в размер отверстия).

Рассверливание (рис. 3.427, *б*) выполняют спиральным сверлом. Служит – для увеличения диаметра отверстия, который выбирают так, чтобы поперечная режущая кромка в работе не участвовала.

Зенкерование (рис. 3.427, *в*) – технологический способ обработки предварительно просверленных отверстий или отверстий, изготовленных литьем или штамповкой. Квалитет точности зенкерования IT10-IT11, шероховатость поверхности *Ra* = 6,3-3,2 мкм. Зенкерование может быть как чистовой операцией при обработке просверленных отверстий по квалитетам IT11-IT13, так и получистовой с последующим развертыванием.

Развертыванием (рис. 3.427, *г*) получают отверстия повышенной точности (IT5-IT7) с малой шероховатостью (*Ra* = 0,4 мкм). Развертывают цилиндрические и конические отверстия. Для развертывания конических отверстий цилиндрические отверстия в заготовке сначала обрабатывают коническим ступенчатым зенкером (рис. 2.547, *к*), затем конической разверткой (рис. 3.427, *л*) со стружкоразделительными канавками и окончательно – конической разверткой (рис. 3.427, *м*) с гладкими режущими кромками.

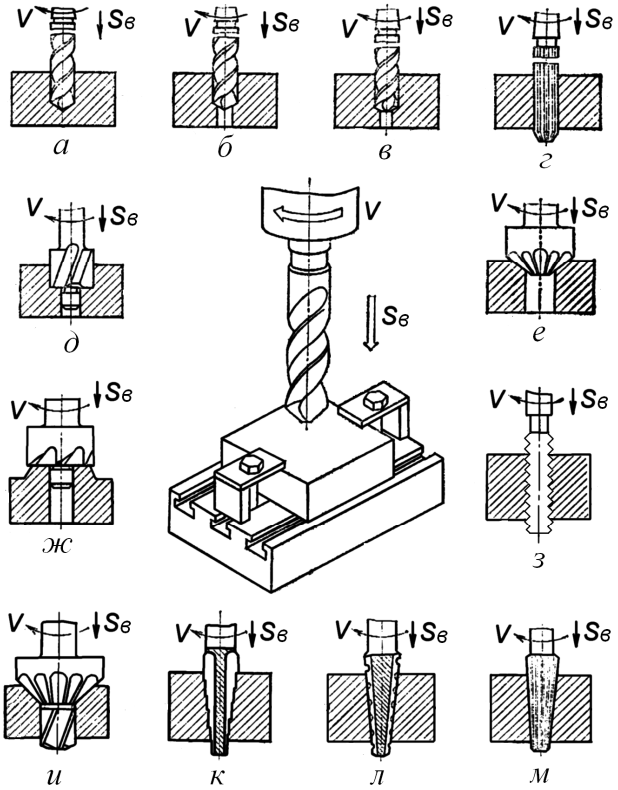


Рис. 3.427. Работы выполняемые на сверлильных станках: *а* – сверление; *б* – расверливание; *в* зенкерование; *г* – развертывание; *д-е* – зенкование; *ж* – цекование; *з* – нарезание резьбы; *и* – обработка сложной поверхности; *к-м* – обработка конических отверстий

Отверстия диаметром до 10 мм развертывают после сверления, а свыше 10 мм – после сверления и зенкерования. Перед развертыванием необходимо тщательно обработать торцовую поверхность детали, чтобы развертка вошла в отверстие без перекоса.

При развертывании большое число зубьев одновременно участвует в резании. Развертывание характеризуется небольшой глубиной резания (*t* = 0,05-0,3 мм), что обеспечивает высокую точность и качество обработки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Зенкованием обрабатывают цилиндрические (рис. 3.427, *д*) и конические (рис. 3.427, *е*) углубления под головки болтов и винтов. Обработку ведут зенкерами специальной конструкции, называемыми зенковками. Некоторые (рис. 3.427, *д*) зенковки имеют направляющую часть, которая обеспечивает соосность углубления и основного отверстия.

Цекованием (рис. 3.427, *ж*) обрабатывают торцовые плоскости, которые являются опорными поверхностями головок винтов, болтов, гаек. Перпендикулярность торца основному отверстию достигают наличием направляющей части у цековки.

Нарезание резьбы производят метчиком (рис. 3.427, *з*).

Комбинированным инструментом получают сложные поверхности (рис. 3.427, *и*).

При сверлении, зенкеровании и развертывании обычно режущему инструменту сообщают главное движение резания – вращающее движение режущего инструмента и движение подачи – осевое перемещение режущего инструмента. При нарезании резьбы метчиками инструмент получает только вращательное движение, а принудительная подача отсутствует, так как метчик – инструмент обеспечивающий самоподачу.

Показатели точности и качества поверхности при различных видах обработки приведены в табл.3.45.

Таблица 3.45 **Показатели точности и качества поверхности при различных видах обработки отверстий**

Вид обработки	Параметр шероховатости *Ra*, мкм	Квалитет
Сверление до 15 мм		
без кондуктора	12,5–6,3	14–12
по кондуктору	6,3–2,5	11
Сверление свыше 15 мм		
без кондуктора	25–12,5	14–12
по кондуктору	6,3–2,5	11
Зенкерование		
черновое	25–12,5	15-12
чистовое	6,3–2,5	11–10
Развертывание		
получистовое	2,5	10–9;8
чистовое	1,25–0,63	7–8; 8
тонкое	0,32	7–6

Приспособления, применяемые при сверлении. Чтобы просверлить отверстие на сверлильном станке, необходимо установить в шпинделе сверлильного станка режущий инструмент, а на столе станка неподвижно закрепить обрабатываемое изделие. Для закрепления обрабатываемых изделий применяют разного рода приспособления, а для крепления инструмента служат переходные конусные втулки и трехкулачковые зажимные патроны, рис. 3.428.

Конусные переходные втулки используются в тех случаях, когда конус инструмента по размеру меньше или больше конуса в шпинделе станка.

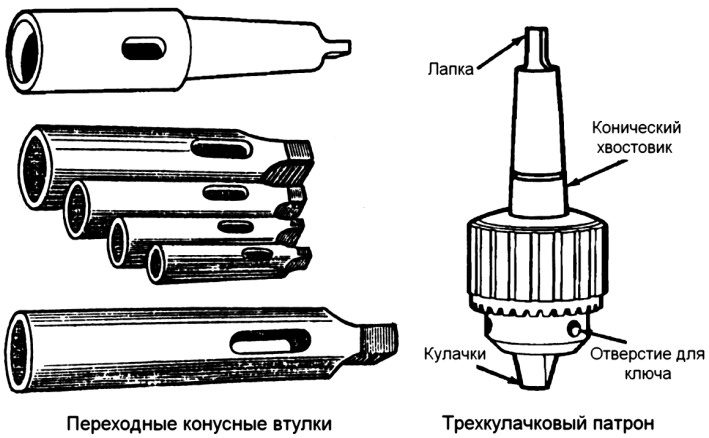
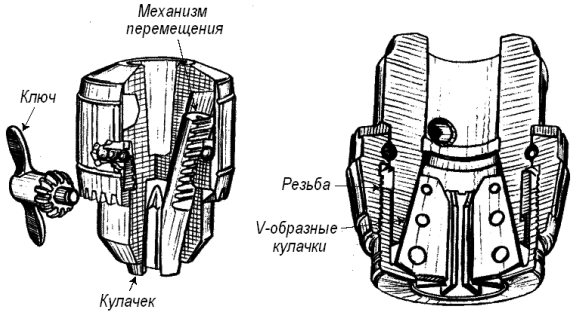


Рис. 3.428. Приспособления для зажима инструмента при сверлении

Сверлильные патроны. Сверлильные патроны используют для крепления режущего инструмента с цилиндрическим хвостовиком диаметром до 20 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Кулачковые сверлильные патроны (рис. 3.429) применяются для закрепления с их помощью в шпинделе станка сверл или другого инструмента с цилиндрическим хвостовиком. С одного конца патроны имеют коническое или резьбовое углубление для закрепления их на коническом хвостовике или на выходном валу дрели, а с другого – зажимное устройство с кулачками для зажима инструмента.



а *б*

Рис. 3.429. Трехкулачковый (*а*) и многокулачковый (*б*) патрон

Сверло закрепляется кулачками *6*, (рис. 3.430) которые могут сводиться и разводиться, перемещаясь в пазах корпуса *2*. На концах кулачков выполнены рейки, которые находятся в зацеплении с резьбой на внутренней поверхности кольца *4*.

От ключа *5*, через коническую передачу приводится во вращение втулка *3* с кольцом *4*, по резьбе которого кулачки *6* перемещаются вверх или вниз и одновременно в радиальном направлении. Для установки в шпинделе сверлильного станка патроны снабжаются коническими хвостовиками *1*.

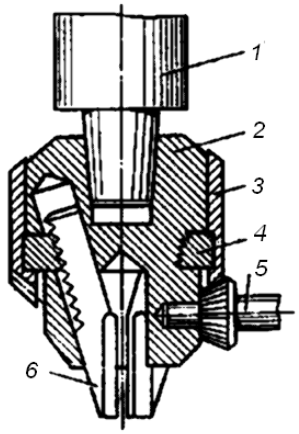


Рис. 3.430. Устройство трехкулачкового патрона: *1* – хвостовик; *2* – корпус; *3* – втулка; *4* – кольцо; *5* – ключ; *6* – кулачек

Самоустанавливающиеся сверлильные патроны применяют в тех случаях, когда требуется обрабатывать предварительно просверленные отверстия. Патроны позволяют центрировать режущий инструмент по оси обрабатываемого отверстия. Один из таких патронов показан на рис 3.431.

Корпус патрона *1*, имеющий конический хвостовик для крепления в шпинделе станка, передает вращательное движение оправке *6* через поводок *3*, помещенный в глухих шестигранных отверстиях. Между торцовыми поверхностями корпуса патрона и оправки установлен упорный шарикоподшипник *4*, Оправка и корпус патрона соединены между собой муфтой *7*, навернутой на резьбовую часть оправки. Стопорное кольцо *5* предохраняет муфту от проворачивания на оправке патрона. Внутри оправки расположена спиральная пружина *2*, которая, упираясь одним концом в нижний поясок корпуса патрона, а другим в дно муфты, прижимает оправку к нижней торцовой части корпуса патрона. Такое устройство позволяет оправке патрона в процессе работы самоустанавливаться в предварительно обработанном отверстии относительно оси вращения корпуса патрона.

Предохранительные патроны служат для крепления метчиков при нарезании резьбы на сверлильных станках. Применение таких патронов улучшает качество нарезаемой резьбы и предохраняет метчик от поломок.

Конструкция предохранительного патрона изображена на рис. 3.432. Ведущая кулачковая полумуфта *5* пружиной *6* прижимается к ведомым полумуфтам *2*, свободно сидящим на оправке *7*. При этом выступы *3*, расположенные на торце полумуфты *5*, входят во впадины *4* полумуфт *2* и приводят ее в движение. По окончании нарезания резьбы в отверстии полумуфты *2* и *5* вместе с метчиком прекращают вращение, а полумуфта *5*, выйдя из зацепления с полумуфтой *2* и продолжая вращаться, начинает проскальзывать (щелкать). Из нарезанного отверстия метчик вывертывают обратным вращением шпинделя станка. Кольцо *1* служит для закрепления метчика в патроне.

Реверсивные патроны используют при нарезании резьбы на сверлильном станке, который не имеет реверса (устройства для переключения на обратное вращение шпинделя). С их помощью метчики обратным вращением вывертываются из нарезанного отверстия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

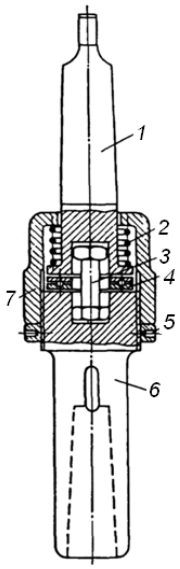


Рис. 3 431. Самоустанавливающийся сверлильный патрон: *1* – Корпус патрона; *2* – пружина; *3* – поводок; *4* – упорный шарикоподшипник; *5* – стопорное кольцо; *6* – оправка; *7* – муфта

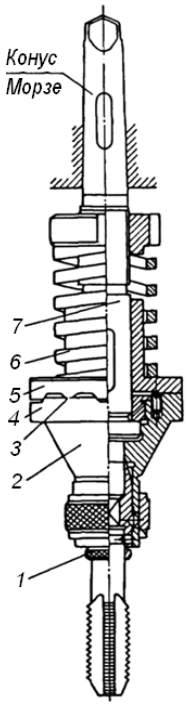


Рис. 3.432. Предохранительный патрон для нарезания резьбы в глухих отверстиях: *1* – кольцо; *2*, *5* – полумуфты; *3* – выступ; *4* – впадина полумуфты; *6* – пружина; *7* – оправка

Корпус головки *1* реверсивного патрона (рис. 3.433) закреплен на шпинделе станка. При нарезании резьбы вращательное движение от шпинделя передается на хвостовик патрона *2*, а затем от него через муфту *4* на валик *5*. При подъеме головки вначале обратного хода муфта переключается в нижнее положение и передача вращения на валик *5* происходит в обратном направлении через конические зубчатые колеса 3, 7 и 6.

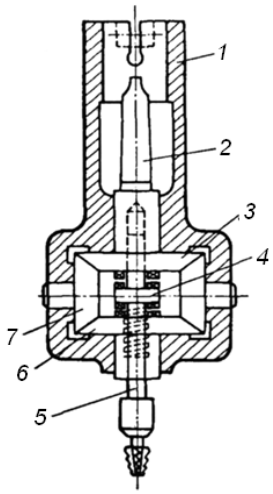


Рис. 3 433. Реверсивный патрон для нарезания резьбы: *1* головка; *2* – хвостовик; *3*, *6*, *7* – конические зубчатые колеса; *4* – муфта; *5* – валик

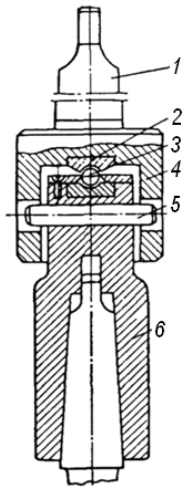


Рис. 3.434. Качающаяся оправка для разверток: хвостовик; *2* – подпятник; *3* – шарик; *4* – корпус; *5* – штифт; *6* – качающаяся часть оправки

Оправки. На рис. 3.434 изображена качающаяся оправка для разверток, закрепляемая в шпинделе сверлильного станка коническим хвостовиком *1*. В отверстии корпуса *4* крепится штифтом *5* с зазором качающаяся часть оправки *6*, опирающаяся шариком *3* в подпятник *2*. Развертка, вставленная в качающуюся часть оправки, может легко принимать положение, совпадающее с осью развертываемого отверстия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Приспособления. Для правильной установки и закрепления обрабатываемых заготовок на столе сверлильного станка применяют различные приспособления, наиболее распространенными из которых являются тиски машинные (рис. 3.435), призмы, упоры, угольники, специальные приспособления и др.

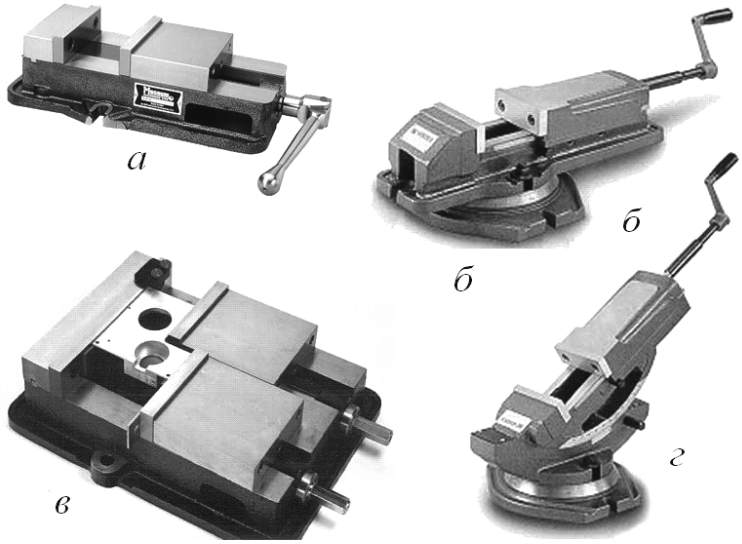


Рис. 3.435. Приспособления для закрепления изделий при сверлении: *а* – машинные тиски; *б* – поворотные машинные тиски; *в* – универсальные тиски (поворачиваются в двух плоскостях); *г* – тиски с двумя подвижными губками

Широкое применение получили прихваты, призмы и угольники. На рис. 3.436 и 3.437 показаны примеры закрепления заготовок на столе сверлильного станка с помощью прихватов, призм и угольников.

Машинные тиски – основное приспособление для закрепления небольших изделий различных профилей. Они разделяются на неповоротные и поворотные.

Призмы применяются для установки при сверлении цилиндрических изделий.

Прихваты служат для закрепления изделий и приспособлений на столе станка.

Угольниками пользуются для закрепления изделий в тех случаях, когда их нельзя установить непосредственно на столе станка. Существуют угольники простые и универсальные. У простых угольников обе стороны точно обработаны, угольники имеют пазы и отверстия для крепежных болтов и прихватов. Универсальные угольники предназначены для установки изделий под разными углами к столу станка.

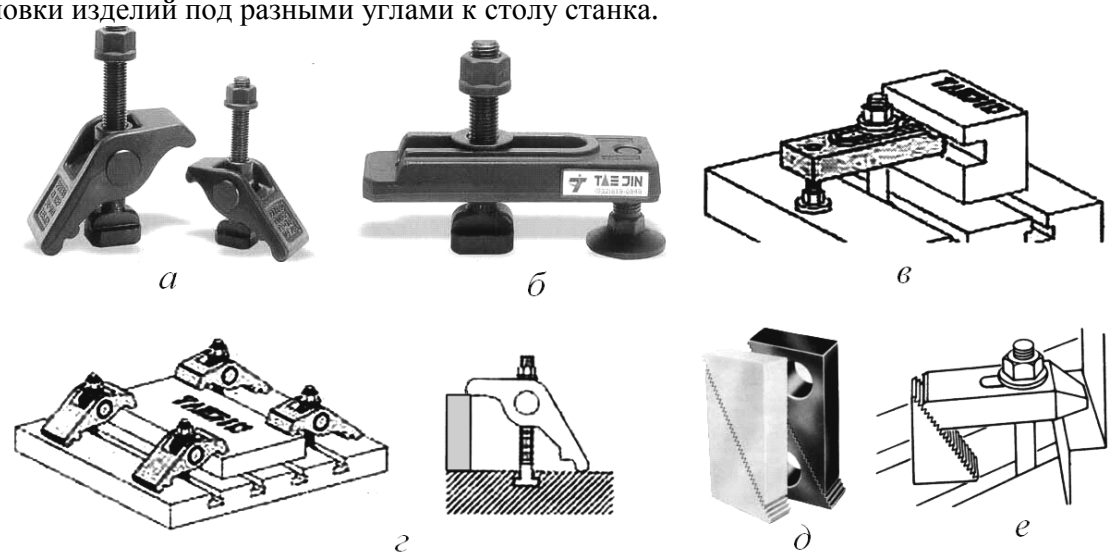


Рис. 3.436. Приспособления для закрепления изделий на столе сверлильного станка: *а-б* – прихваты; *в-г* – крепление заготовки на столе сверлильного станка с помощью прихватов; *д* – стойка с уступами; *е* – крепление детали при помощи стойки с уступами

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

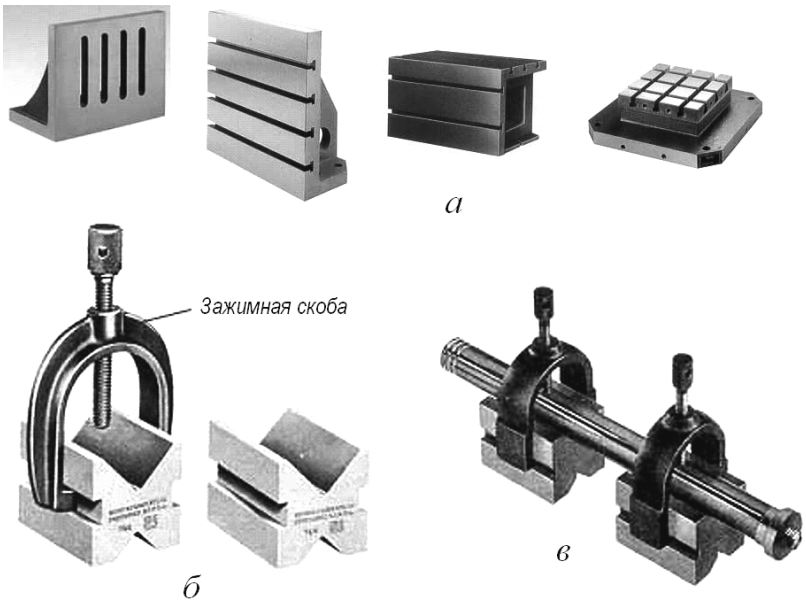


Рис. 3.437. Переставной угольник (*а*); призма с зажимным приспособлением (*б*) и пример крепления валика в призмах (*в*)

3.7.3 Приемы сверления, зенкерования, зенкования и развертывания отверстий

Перед тем как приступить к работе на сверлильном станке, нужно протереть ветошью стол станка, проверить на холостом ходу исправность станка и смазать его механизмы. Затем подготовить рабочее место и станок к работе. Подготовка станка заключается в установке инструмента и изделия, установлении режимов работы станка (частоты вращения шпинделя и подачи), определении глубины сверления и установке автоматического выключения подачи.

Во время работы на станке необходимо поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте. Детали складывать обязательно в отведенном для них месте, инструментом пользоваться, только по прямому назначению, нельзя допускать ударов по столу и другим частям станка. Необходимо своевременно убирать со станка стружку, не оставлять обтирочных материалов на станке, особенно у движущихся частей.

Точность обработки отверстий и чистота обработанной поверхности зависят от следующих причин:

- состояния станка и деформации его узлов;
- заточки режущего инструмента и его закрепления;
- установки и закрепления заготовки на столе станка или в приспособлении;
- деформации заготовки при ее закреплении и деформации, возникающей от сил резания и температуры;
- режима резания и технологии обработки;
- точности измерительных инструментов и приборов;
- квалификации и внимательности рабочего.

При обработке отверстий на сверлильных станках наиболее частыми являются следующие погрешности.

Разбивка отверстия вызывается следующими причинами: неправильной заточкой сверла (неравенство главных режущих кромок сверла); несоосностью рабочей части сверла и хвостовика (несовпадение оси вращения сверла с осью заборного конуса при его заточке); биением оси конуса шпинделя и погрешностью формы опорных шеек шпинделя и подшипников, вызывающей неравномерную разбивку (овальность отверстия).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Увод оси отверстия зависит от следующих причин:

- неточности базирования заготовки или кондуктора по отношению к оси шпинделя станка (неперпендикулярность поверхности стола к оси шпинделя, рабочей поверхности стола к оси перемещения стола, колонны радиально-сверлильного станка к поверхности стола или плиты и изогнутость направляющих траверсы радиально-сверлильного станка);
- непараллельности оси шпинделя направлению перемещения гильзы при подаче сверла;
- недостаточной жесткости и деформации узлов станка в процессе работы, вызывающих нарушение перпендикулярности оси шпинделя к поверхности стола и отклонение траверсы от первоначального правильного положения у радиально-сверлильного станка;
- погрешности кондуктора (неточность обработки базовых поверхностей, заготовки или опорных плоскостей кондуктора);
- деформации сверла под действием осевого усилия (сверление отверстий сверлами большой длины и небольшого диаметра). Для сверл из быстрорежущей стали при обычной подаче отношение длины рабочей части сверла и диаметра не должно быть более 6;
- сверления отверстий в деталях с наклонными поверхностями (ось сверла смещается относительно оси отверстия, что приводят к уводу сверла).
- погрешности взаимного расположения осей отверстий при сверлении по разметке обычно вызываются неточной разметкой; сдвигом изделия; уводом сверла и разработкой направляющих втулок кондуктора. При неправильном базировании заготовки в кондукторе оси отверстия могут смещаться относительно базовой поверхности.

Установка инструмента. В зависимости от формы хвостовика существует три способа крепления сверл, разверток, зенкеров и зенковок на сверлильных станках: непосредственно в коническом отверстии шпинделя, в переходных конических втулках и в сверлильном патроне.

Крепление инструмента может осуществляться непосредственно в коническом отверстии шпинделя, рис. 3.438, *б*. Конические хвостовики сверл, разверток, зенкеров и т.д., а также конические отверстия в шпинделях сверлильных и других станков имеют конус Морзе. Каждый хвостовик имеет номер: 0;1;2;3;4;5 и 6, соответствующий определенному размеру конуса Морзе.

Крепление инструмента в переходных конических втулках производят в тех случаях, когда конус хвостовика инструмента меньше конуса отверстия в шпинделе. Переходные конические втулки (рис. 3.438, *д*) бывают короткие и длинные. На рис. 3.438, *в* показано крепление инструмента с помощью переходной втулки.

Перед установкой в шпинделе инструмент и отверстие шпинделя тщательно протирают чистой тряпкой или ветошью. Затем инструмент (или патрон) осторожно вводят хвостовиком в коническое отверстие так, чтобы лапка хвостовика плоскими сторонами вошла в выбивное отверстие на шпинделе. После этого сильным толчком вверх плотно вводят хвостовик в отверстие шпинделя, рис. 3.438, *а*.

Режущий инструмент без конического хвостовика закрепляют в сверлильном патроне. Сверло устанавливают в патроне так, чтобы оно упиралось хвостовиком в его дно. Если такого упора нет, сверло во время работы может переместиться внутри патрона кверху, и глубина сверления получится меньше заданной.

Установив сверло, проверяют его на биение, для этого включают станок и наблюдают за вращением сверла, которое при правильной установке должно точно вращаться вокруг своей оси, создавая видимость вращения цилиндрического тела. При неправильной установке сверло, вращаясь, будет создавать видимость образования различных фигур (конуса, цилиндра большего диаметра и т.п.). Для выверки сверла (устранения биения) обычно применяют способ перестановки сверла в сверлильном патроне или замены сверла, если погнут цилиндрический хвостовик.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

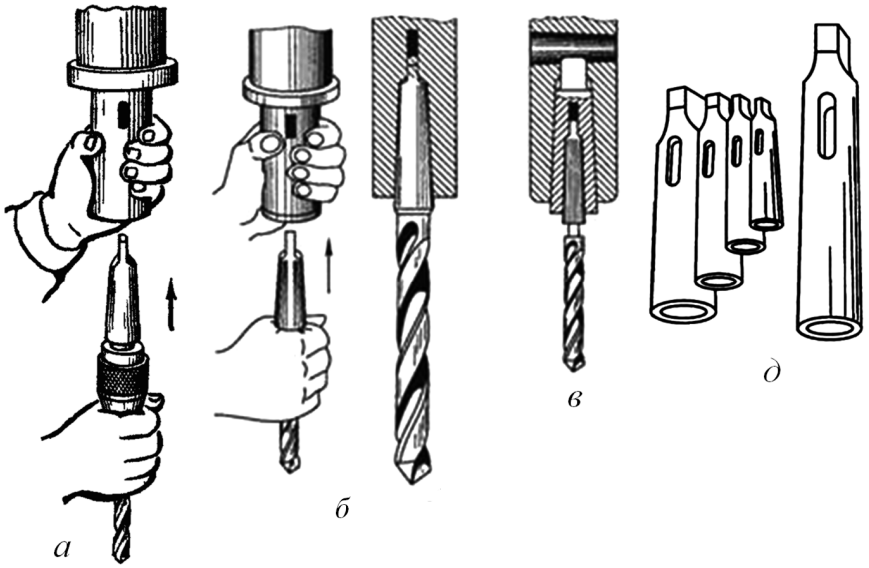


Рис. 3.438. Установка сверлильного патрона в шпинделе станка (*а*); сверл с коническим хвостовиком непосредственно (*б*); с переходной втулкой (*в*); комплект переходных втулок (*д*)

Перед установкой сверла при помощи конусных переходных втулок сначала протирают тряпкой отверстие в шпинделе, наружные и внутренние части втулок и хвостовик инструмента. Затем переходные втулки соединяют вместе и насаживают на хвостовик инструмента, после чего сильным толчком руки вставляют инструмент с втулками в отверстие шпинделя, рис. 3.438, *в*.

Установка сверл с коническими хвостовиками обеспечивает лучшее их центрирование и крепление по сравнению с установкой в патроне сверл с цилиндрическими хвостовиками. После пуска станка сверло проверяют на биение. Оно возможно при неплотной посадке сверла в шпинделе или в результате изнашивания втулок.

При съеме сверла из переходных втулок, сверло поддерживают левой рукой. В выбивное отверстие переходной втулки вставляют клин, рис. 3.439. Удерживая сверло с втулкой, наносят легкие удары молотком по концу клина. Съем сверла нельзя производить, опирая втулку на стол станка или тиски.

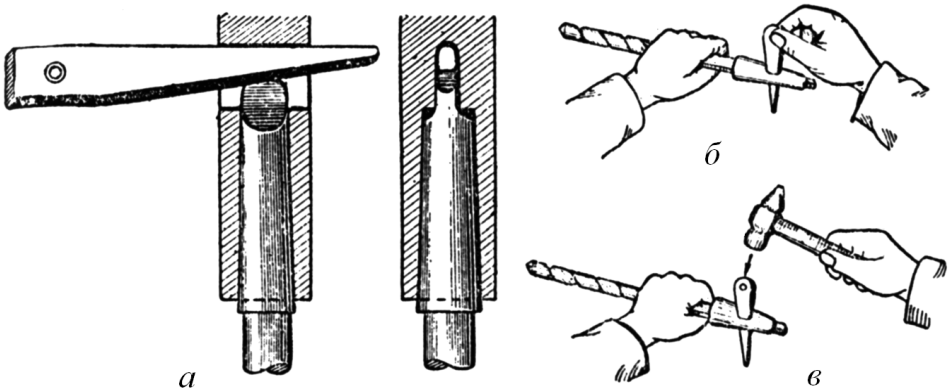


Рис. 3.439. Съем сверла из переходных втулок: *а* – положение клина относительно хвостовика сверла; *б* – ввод клина в отверстие переходной втулки; *в* – выбивание клином сверла из переходной втулки

Удаление инструмента из отверстия шпинделя производится специальным клином. Введя клин одним концом в выбивное отверстие (окно) шпинделя, слегка ударяют молотком по другому концу клина, который, нажимая на лапку хвостовика, выжимает сверло из конического отверстия шпинделя. Для того чтобы сверло, падая, не ударилось о стол станка, его надо придерживать рукой или иметь на столе станка деревянную подкладку, рис. 3.440.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Установка и закрепление деталей на столе сверлильного станка. Обрабатываемую деталь устанавливают на столе станка и закрепляют либо в машинных тисках, либо непосредственно на столе станка при помощи призмы и зажимных прихватов. Опорные поверхности обрабатываемой детали должны плотно прилегать к столу станка. Деталь устанавливают и окончательно закрепляют после совпадения осей центра отверстия и сверла.

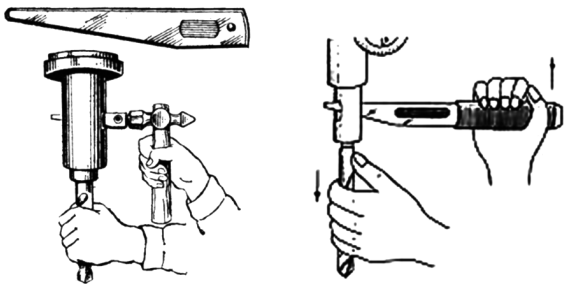


Рис. 3.440. Удаление инструмента из шпинделя станка

При сквозном сверлении отверстий деталь устанавливают на подкладках, чтобы не засверлить поверхность стола или приспособления. Подкладки, применяемые для сквозного сверления, должны быть одинаковыми по высоте и иметь ровные и параллельные стороны. Выбор того или иного способа крепления зависит от конфигурации детали и расположения в ней отверстия.

Перед тем как поместить деталь или тиски на станке, стол вытирают, затем вытирают и слегка смазывают маслом поверхности тисков, соприкасающиеся со столом. Установив тиски на середину стола, разводят губки на ширину зажимаемой детали, протирают губки и дно тисков, а также подкладки, устанавливают подкладки в тиски, а деталь на подкладки и прижимают деталь к неподвижной губке, рис. 3.441.

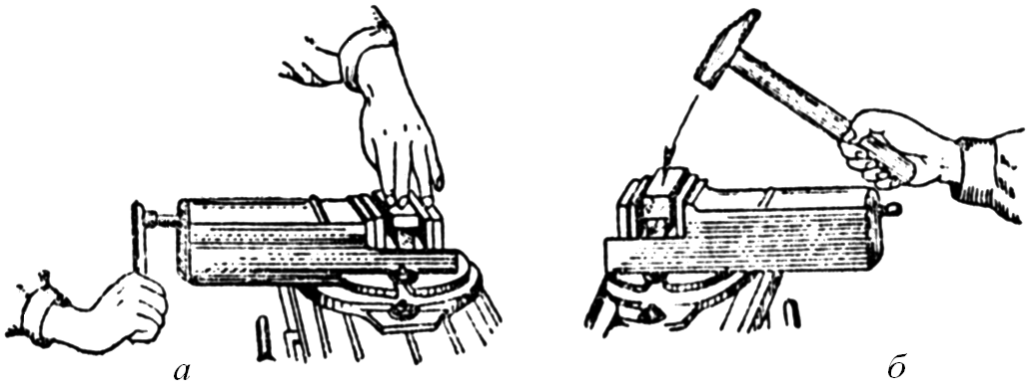


Рис. 3.441. Установка и закрепление детали в машинных тисках

Чтобы деталь под нажимом сверла не изменяла своего положения, под нее подкладывают прокладку, ширина которой должна быть меньше ширины детали. Подкладку следует подбирать по высоте так, чтобы обрабатываемая деталь выступала из губок тисков на 5-10 мм, рис. 3.442 после этого плотно зажимают деталь и осаживают ее легкими ударами молотка. Пробуя рукой подкладку, проверяют, насколько плотно к ней прижалась деталь. Запрещается закреплять деталь в тисках ударами молотка или другими предметами по зажимной рукоятке.

Крепление в тисках заготовок различной формы показано на рис. 3.443. При сверлении отверстий диаметром более 10 мм тиски прикрепляют к столу болтами, головки которых закладывают в специальные продольные канавки на столе станка.

Закрепление детали в ручных тисках (рис. 3.444) допускается при сверлении мелких деталей. Барашковую гайку следует завертывать рукой (без применения плоскогубцев и других инструментов или приспособлений).

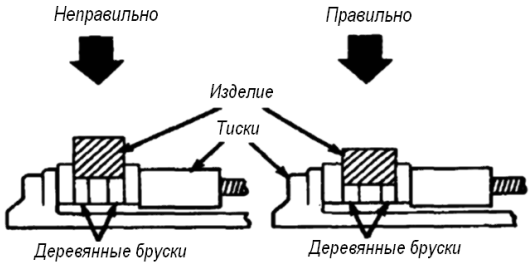


Рис. 3.442. Установка детали в тисках

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

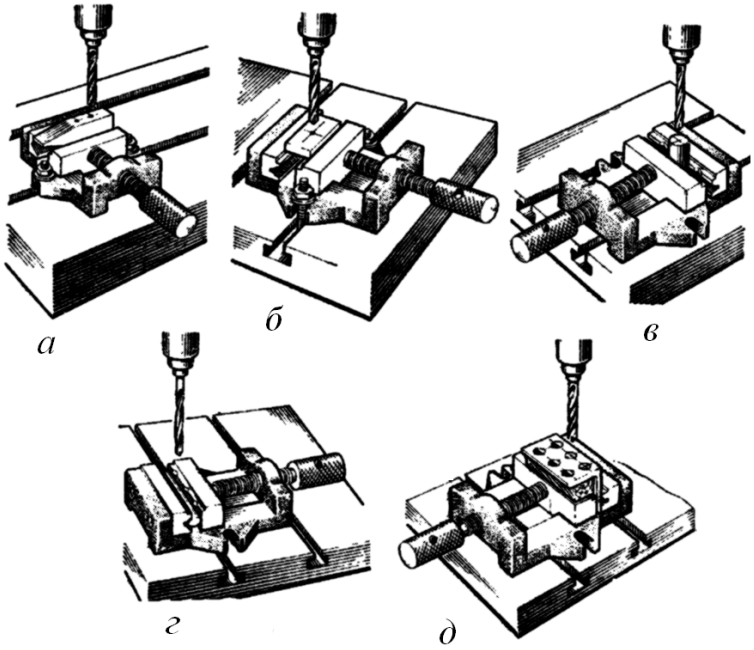


Рис. 3.443. Крепление в машинных тисках с призматическими губками деталей различной формы: *а* – прямоугольной; *б* – пластины; *в* – цилиндрической в вертикальном положении; *г* – цилиндрической в горизонтальном положении; *д* – с угловым профилем

При сверлении деталей, которые из-за своего размера невозможно зажать в тисках закрепляют на столе сверлильного станка с помощью струбцин, рис. 3.445, *а*. Чтобы не повредить поверхность стола при выходе сверла из изделия под изделие подкладывают деревянную подкладку или отрезок древесностружечной плиты (ДСП).

Закрепление деталей на призмах с применением прижимных планок показано на рис. 2.565, *б*. Этот способ применяют при сверлении в деталях цилиндрической формы отверстий диаметром более 10 мм. Закрепление детали на призмах с зажимным приспособлением (рис. 3.445, *в*) используют при сверлении отверстий диаметром до 10 мм. Крепление призмы к столу необязательно.

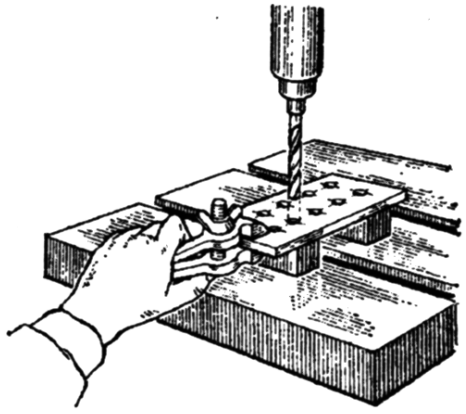


Рис. 3.444. Закрепление детали в ручных тисках

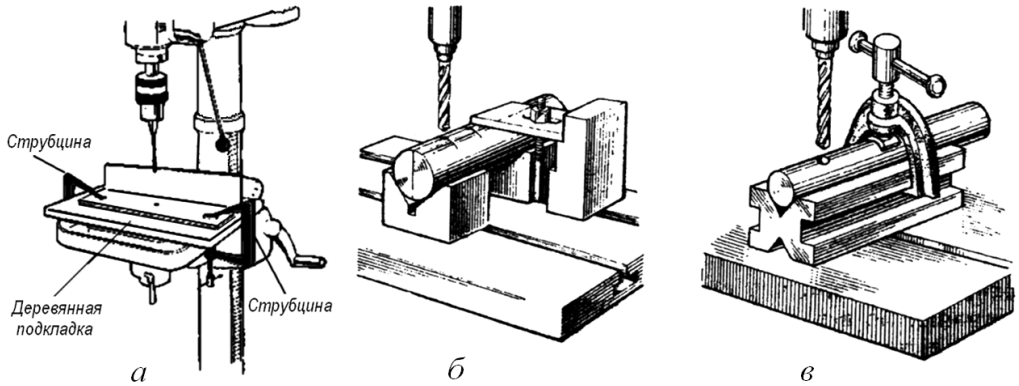


Рис. 3.445. Закрепление изделия на столе сверлильного станка: *а* – с помощью струбцин; *б* – с применением прижимных планок; *в* – закрепление в призмах с зажимным приспособлением

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Детали сложной конфигурации устанавливают и крепят на угольнике (рис. 3.446, *а*). С помощью прижимных планок крепят деталь к вертикальной полке угольника так, чтобы ось отверстия находилась под прямым углом к плоскости стола. После этого угольник перемещают по плоскости стола таким образом, чтобы вершина сверла точно совпала с центром отверстия на детали намеченным кернером.

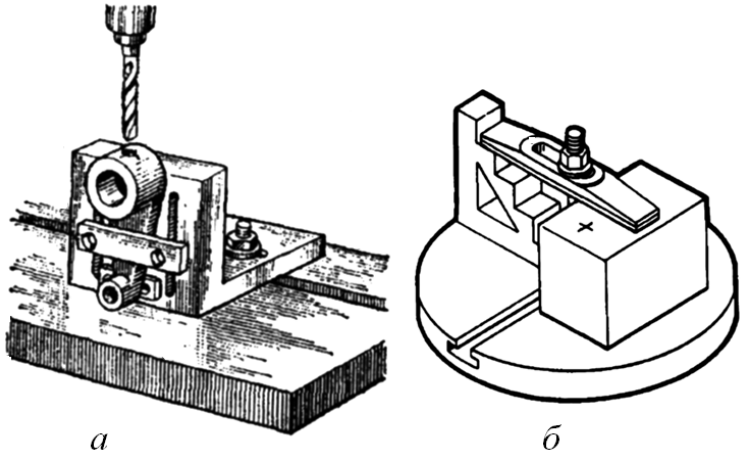


Рис. 3.446. Закрепление детали на угольнике (*а*) и с помощью прихватов (*б*)

При установке детали непосредственно на столе станка она должна плотна прилегать к столу. Деталь крепится к столу с помощью прихватов, рис. 3.446, *б*. Необходимо следить за тем, чтобы между столом и деталью не попала стружка. На рис. 3.447 приведены примеры закрепления прихватами деталей с различной конфигурацией к столу сверлильного станка.

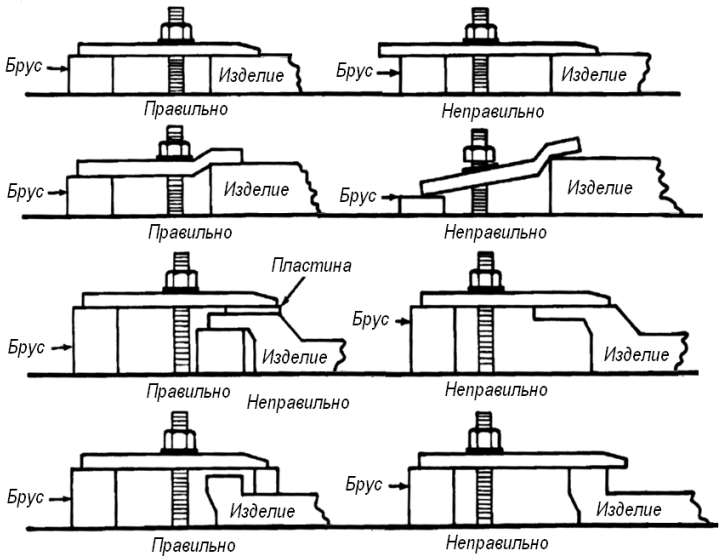


Рис. 3.447. Примеры крепление детали к столу с помощью прихватов

Определение режимов резания. После установки и закрепления детали на столе станка, а инструмента в шпинделе определяют режим резания, т.е. подбирают такие частоты вращения шпинделя и такую подачу сверла, которые могут обеспечить наиболее производительную работу инструмента. При этом исходят из диаметра и материала сверла и вида материала изделия.

Оптимальная скорость резания при сверлении – это такая скорость, которая обеспечивает высокую производительность при достаточно длительной работе сверла (от 10 до 100 минут) без переточки.

Допускаемая скорость резания при сверлении зависит также и от материала сверла. Так, сверла из быстрорежущей стали допускают более высокие скорости резания, чем сверла из углеродистой стали.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для сверления отверстий применяют спиральные сверла, которые изготовляют из инструментальных сталей (углеродистой У12А и легированной 9ХС), из быстрорежущих сталей (Р6М5 и др.), а также из твердых сплавов (ВК6М, ВК8М и ВК10М). Для сверл из быстрорежущих сталей скорость резания v=25-35 м/мин, для сверл из инструментальных сталей v = 12-18 м/мин, для твердосплавных сверл v=50-70 м/мин. Причем большие значения скорости резания принимаются при увеличении диаметра сверла и уменьшении подачи. При ручной подаче сверла трудно обеспечить ее постоянное (стабильное значение).

Скорость резания зависит и от механических свойств обрабатываемого материала. Чем пластичнее материал, тем труднее отводится стружка, быстрее нагревается сверло и понижаются его режущие свойства. Поэтому хрупкие материалы можно сверлить с более высокой скоростью резания, чем вязкие.

Скорость резания можно повысить, увеличивая диаметр сверла. Массивное сверло обладает большей прочностью и лучше отводит тепло от режущих кромок.

Глубина отверстия также влияет на режим сверления. Чем глубже просверлено отверстие, тем труднее происходит отвод стружки, больше трение и выше нагрев режущих кромок. Поэтому, при прочих равных условиях, сверление неглубоких отверстий можно производить с большей скоростью, а глубоких – с меньшей.

Влияет на процесс сверления и интенсивность охлаждения сверла. Применением охлаждения при сверлении можно повысить скорость резания: для стали – на 20%, а для чугуна – до 50% и получить более высокую чистоту поверхности отверстия.

Сверло работает лучше при большей скорости резания и малой подаче. Если во время работы сверло быстро тупится в углах режущей кромки (в начале цилиндрической части сверла), это говорит о том, что скорость резания выбрана слишком большой и ее надо уменьшить.

Если же сверло тупится или выкрашивается по режущим кромкам, то это указывает на то, что подача слишком велика. Затупление и поломка сверла чаще всего происходят в конце сверления сквозных отверстий (при выходе из металла). Чтобы предупредить затупление или поломку сверла на проходе, надо в конце сверления уменьшить подачу.

При выборе режимов резания пользуются специальными таблицами (табл. 3.46 – 3.49). Зная диаметр сверла и марку металла обрабатываемой детали, находят по таблицам скорость резания и подачу для данного типа сверла, затем по скорости резания и диаметру сверла находят при помощи переводной таблицы частоту вращения сверла. Эти значения сравнивают с фактическими, обозначенными в таблицах, прикрепленных к станку. Приняв ближайшие подходящие частоту вращения и величину подачи, производят соответствующую настройку станка.

Таблица 3.46 **Скорости резания и подачи при сверлении углеродистой стали быстрорежущими сверлами** (работа с охлаждением)

Подача, мм/об	Диаметр сверла, мм										
	2	4	6	10	14	20	24	30	40	50	60
	Скорость резания, м/мин										
0,05	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,08	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,10	26	42	49	—	—	—	—	—	—	—	—
0,12	23	36	43	—	—	—	—	—	—	—	—
0,15	—	31	36	38	—	—	—	—	—	—	—
0,18	—	26	31	35	—	—	—	—	—	—	—
0,20	—	—	28	33	38	—	—	—	—	—	—
0,25	—	—	—	30	34	35	37	—	—	—	—
0,30	—	—	—	27	31	31	34	—	—	—	—
0,35	—	—	—	—	28	29	31	30	—	—	—

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 3.46

Подача, мм/об	Диаметр сверла, мм										
	2	4	6	10	14	20	24	30	40	50	60
	Скорость резания, м/мин										
0,40	—	—	—	—	26	27	29	29	30	30	—
0,45	—	—	—	—	—	26	27	27	28	29	27
0,50	—	—	—	—	—	—	26	26	26	27	26
0,60	—	—	—	—	—	—	—	24	24	25	25
0,70	—	—	—	—	—	—	—	—	23	23	23
0,80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21	22
0,90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	21

Таблица 3.47 **Частота вращения сверла в минуту** (переводная таблица)

Диаметр сверла, мм	Скорость резания, м/мин										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	1000
	Частота вращения, $мин^{-1}$										
2,00	1590	2390	3190	3980	4780	5580	6370	7960	8060	9560	15920
3,0	1061	1590	2120	2660	3180	3720	4250	4780	5320	6360	10640
4,0	796	1195	1595	1990	2390	2790	3185	3595	3980	4780	7960
5,0	637	955	1275	1590	1910	2230	2550	2865	3180	3820	6360
6,0	530	796	1061	1326	1590	1855	2120	2387	2622	3180	5394
7,0	455	682	910	1135	1365	1590	1820	2045	2270	2730	4340
8,0	398	597	796	996	1191	1392	1590	1892	1992	2338	3984
9,0	353	530	708	885	1061	1238	1415	1593	1770	2122	3540
10,0	318	478	637	796	955	1114	1273	1433	1592	1910	3184
12,0	265	398	530	663	798	920	1061	1193	1326	1592	2652
14,0	227	341	455	568	682	796	910	1010	1136	1364	2272
16,0	199	298	398	497	597	698	795	895	994	1194	1988
18,0	177	265	353	442	531	619	708	795	884	1062	1768
20,0	159	239	318	398	478	558	637	716	796	956	1592
22,0	145	217	290	362	435	507	580	652	724	870	1448
24,0	132	199	265	332	398	465	531	587	664	796	1328
26,0	122	184	245	306	368	429	490	551	612	736	1224
28,0	113	171	227	284	341	398	455	511	568	682	1136
30,0	106	159	213	265	318	371	425	478	530	636	1060
32,0	99	149	199	249	298	348	398	448	498	596	996
34,0	93	140	187	234	280	327	374	421	468	560	936
36,0	88	133	177	221	265	310	354	398	442	530	884
38,0	84	126	168	210	252	294	336	378	420	504	840
40,0	80	119	159	199	239	279	318	358	398	478	796
42,0	76	113	152	189	227	265	307	341	378	452	756
46,0	71	106	142	177	212	248	283	319	354	424	708
50,0	64	96	127	159	191	223	255	286	318	382	638

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.48 **Поправочный коэффициент K_1, учитывающий вид обрабатываемого материала и его твердость**

Обрабатываемый материал	Углеродистая сталь твердостью *НВ*					Хромоникелевая или ванадиевая сталь твердостью *НВ*				Чугун (работа без охлаждения) *НВ*				Латунь	Бронза (работа без охлаждения)	Алюминиевые сплавы
	120	150	180	210	235	160	220	280	310	150	170	190	210			
Коэффициент K_1	1,2	1,0	0,86	0,75	0,68	0,75	0,57	0,45	0,4	1,3	1,1	0,8	0,65	3,5	0,75	2,5

***Примечания*:**
1. *НВ* – твердость по Бринеллю.
2. Значение коэффициента K_1 умножить на скорость резания принятый по табл. 2.73

Таблица 3.49 **Поправочные коэффициенты K_S на подачу в зависимости от глубины сверления**

Глубина сверления в диаметрах (*D*) сверла	3*D*	5*D*	7*D*	10*D*
Коэффициент K_S	1,0	0,9	0,8	0,75

В сверлильных станках со ступенчатыми шкивами для получения нужной частоты вращения накидывают ремень на ту ступень, которая соответствует выбранной. В сверлильных станках с коробкой скоростей частоту вращения шпинделя устанавливают рукоятками (рычагами), переводя их в положение, соответствующее выбранной. Автоматическую подачу устанавливают таким же путем, т.е. поворотом имеющихся для этого рычагов. При ручной подаче слесарь регулирует нажим сверла на деталь усилием руки, нажимая на рукоятку ручной подачи.

Охлаждение режущих инструментов. Снятие стружки с металла сопровождается значительными усилиями. Значительная их доля расходуется на преодоление трения сходящей стружки о передние грани инструмента и трения между задними гранями сверла и обрабатываемой деталью.

При снятии стружки выделяется большое количество тепла. Между тем нагрев режущей части инструмента вреден, так как приводит к ее ускоренному затуплению. Установлено, что режущие кромки инструмента из углеродистой стали теряют режущие свойства при нагреве до 200 °С, а из быстрорежущей стали – при нагреве до 600 °С. Лишь инструменты, оснащенные твердым сплавом, выдерживают нагрев до 1000 °С. Таким образом, чтобы облегчить условия работы инструмента, нужно значительно уменьшить его нагрев – применить охлаждение.

Для уменьшения трения инструмента о стенки отверстия сверление производят с подводом смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), особенно при обработке стальных и алюминиевых заготовок. Чугунные, латунные и бронзовые заготовки можно сверлить без охлаждения. Применение СОЖ позволяет повысить скорость резания в 1,4-1,5 раза. В качестве СОЖ используются раствор эмульсии (для конструкционных сталей), компаундированные масла (для легированных сталей), раствор эмульсии и керосин (для чугуна и алюминиевых сплавов).

Охлаждающая жидкость должна подводится непрерывной струей, начиная с первой минуты работы, т.е. с момента врезания сверла в металл. Каждую минуту к месту работы инструмента должно поступать около 12 л смазочно-охлаждающей жидкости. Если на станке охлаждение не предусмотрено, то в качестве СОЖ используют смесь машинного масла с керосином.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

С увеличением глубины сверления ухудшаются условия работы сверла, ухудшается отвод теплоты, повышается трение стружки о стенки канавок инструмента, затрудняется подвод СОЖ к режущим кромкам. Поэтому если глубина сверления больше трех диаметров обрабатываемого отверстия, то скорость резания следует уменьшить.

При сверлении глубокого отверстия, глубина которого в 5 раз больше его диаметра, сверло периодически выводят из обрабатываемого отверстия для охлаждения и удаления накопившейся в канавках стружки.

Закаленные стали сверлят (без охлаждения) сверлами, оснащенными твердым сплавом марки ВК8. Работа ведется прерывисто, т.е. с выводом сверла из отверстия через каждые 2-5 мин.

Таблица 3.50 **Средние величины разработки отверстия сверлом**

Диаметр сверла, мм	Разработка отверстия, мм
5	0,08
10	0,12
25	0,20
50	0,28
75	0,35

Выбор диаметра сверла. В практике, в зависимости от назначения, встречаются различные виды сверления отверстий, например сквозные глухие, под развертку, под резьбу и т.п. Во всех этих случаях для одного и того же номинального диаметра отверстия выбирают сверла различных диаметров.

Следует иметь в виду, что в процессе сверления сверло разрабатывает отверстие и делает его несколько большего диаметра. Средние величины разработки отверстия сверлом (разница между диаметром полученного отверстия и диаметром сверла) приведены в табл. 3.50.

Для получения отверстий с точным диаметром следует учитывать величину разработки и соответственно подбирать сверло несколько меньшего диаметра.

Образование стружки при сверлении. Как уже указывалось выше, при работе сверло совершает вращательное движение и поступательно перемещается вдоль оси. При таком характере движении сверла все точки его режущей кромки описывают винтовые линии. Следовательно, поверхность резания также соответствует винтовой линии. Если развернуть винтовую линию поверхности резания (рис. 3.448, *в*), то она примет наклонное положение *АБ* и угол наклона ее будет зависеть от величины подачи (см. ниже). Образующиеся два угла – действительный задний угол сверла α_1, заключенный между задней поверхностью сверла и наклонной поверхностью резания, и угол α_2, заключенный между поверхностью резания и горизонталью – в сумме составляют угол α, называемым углом заточки сверла.

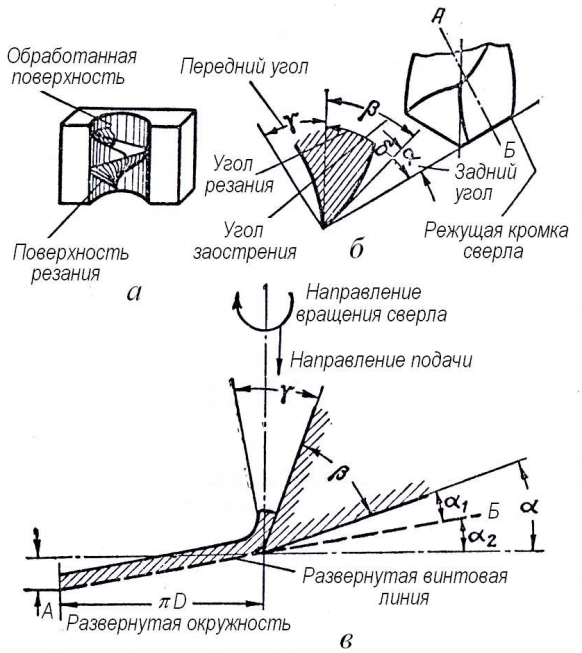


Рис. 3.448. Схема резания и подачи при сверлении: *а* – поверхность резания при сверлении; *б* – углы сверла; *в* – угол заточки сверла

При сверлении металла образуются две отдельные стружки (рис. 3.449), снимаемые двумя режущими кромками сверла, из которых каждая является самостоятельным резцом. На каждую кромку сверла приходится половина толщины слоя металла, снимаемого за один оборот сверла.

Основные элементы процесса резания металлов – это скорость резания, подача и глубина резания.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Скоростью резания называется скорость наиболее удаленной от оси сверла точки режущей кромки, измеряемая в метрах в минуту (*м/мин*). Скорость резания подсчитывается по формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, м/мин,$$

где: v – скорость резания; D – наибольший диаметр вращающегося режущего инструмента в мм; n – частота вращения инструмента или шпинделя станка, мин $^{-1}$.

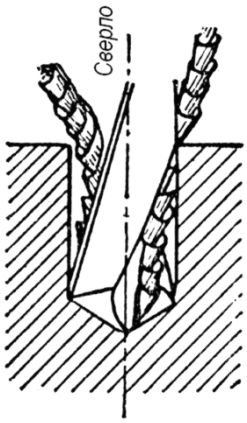


Рис. 3.449. Снятие сверлом стружки

Подачей при сверлении называется перемещение сверла вдоль оси за один оборот. Величина подачи измеряется в миллиметрах за один оборот сверла (*мм/об*), а также в миллиметрах в минуту (*мм/мин*). Подача на оборот обозначается $s_о$, а минутная подача $s_м$.

Подача в минуту определяется по формуле

$$s_м = s_о \cdot n, мм/мин,$$

где: $s_м$ – подача в минуту; $s_о$ – подача за один оборот сверла в мм; n – частота вращения сверла, мин $^{-1}$.

Тогда подача на один оборот сверла:

$$s_о = \frac{s_м}{n}, мм/об.$$

Скорость подачи:

$$v_s = \frac{s_о \cdot n}{1000}, м/мин,$$

где: v_s – скорость подачи сверла; $s_о$ – подача сверла за один оборот, мм.

Правильный выбор подачи имеет большое значение для сохранения режущего инструмента и увеличения его стойкости (см. ниже определение). Величина подачи при сверлении зависит главным образом от диаметра сверла, так как увеличение подачи ограничивается прочностью сверла.

Очень важно уметь правильно выбрать скорость резания и, руководствуясь ею, верно определить нужную частоту вращения режущего инструмента.

Глубина резания при сверлении отверстий в сплошном материале определяется расстоянием от обработанной поверхности отверстия до оси сверла, рис. 3.450. Глубиной резания при рассверливании, зенкеровании и развертывании уже имеющихся в детали отверстий называется расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями (перпендикулярно к последней).

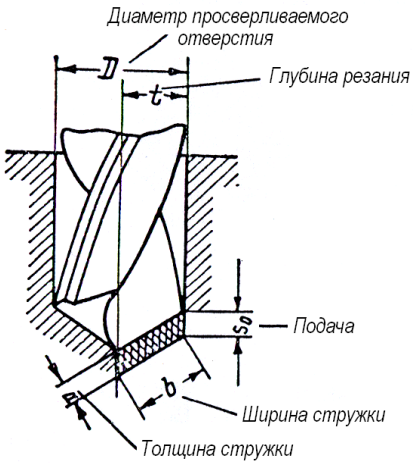


Рис. 3.450. Элементы процесса резания

Глубина резания t при сверлении сплошных отверстий вычисляется делением диаметра отверстия на два, а именно:

$$t = \frac{D}{2}, мм.$$

При обработке уже имеющегося отверстия глубина резания t определяется как половина разности между диаметром D до обработки и диаметром d после обработки, т.е.

$$t = \frac{D - d}{2}, мм.$$

Сечение стружки F, снимаемой сверлом за один оборот, приближенно может быть вычислено по формуле:

$$F = a \cdot b,$$

где: a – толщина стружки в мм; b – ширина стружки в мм.

Стойкость режущего инструмента. Под стойкостью режущего инструмента понимается время его машинной работы до затупления. Ины-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ми словами, стойкость инструмента определяется длительностью его непрерывной работы между переточками (заточкой).

Режим резания. Под режимом резания подразумевают определенное сочетание скорости резания и подачи. Режим резания необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы сохранить инструмент от преждевременного износа и в то же время обеспечить наибольшую производительность инструмента. Для выбора наиболее целесообразных режимов резания имеются специальные таблицы.

Сверление отверстий на сверлильном станке. Перед началом работы на сверлильном станке подготавливают рабочее место. Инструмент должен быть установлен в шпинделе надежно и правильно, а изделие – неподвижно закреплено на столе станка. Нельзя допускать биения сверла, которое обычно происходит из-за неправильной его установки. Рукоятки (рычаги) управления механизмами станка переводят в положение, соответствующее выбранному режиму резания.

Приступая к сверлению, включают главное движение – вращение шпинделя станка и подводят сверло к изделию, без ударов. Сверло должно установиться вершиной точно в накерненном углублении.

Сверление по разметке. Размечают и накернивают центр, из которого затем циркулем проводят окружность заданного диаметра. Устанавливают сверло в шпиндель станка и проверяют положение сверла на биение. Устанавливают и закрепляют деталь на столе станка (в тисках, на угольнике с помощью планок или другим способом). Деталь устанавливают так, чтобы верхняя поверхность с нанесенной разметкой отверстия была горизонтальна, иначе даже при незначительном перекосе сверло «уведет» в сторону.

Сверление по разметке выполняют в два приема: сначала производят пробное сверление, а затем окончательное.

При пробном сверлении надсверливают при ручной подаче небольшое углубление размером (глубиной) около ¼ диаметра отверстия, затем сверло поднимают, удаляют стружку и проверяют совпадение засверленного углубления с центром размеченной окружности. Если такое совпадение есть, продолжают сверление и доводят его до конца.

В случае эксцентрического расположения отверстия по отношению к разметке, его необходимо выправить. Для этого крейцмейселем с полукруглой режущей кромкой прорубывают две-три канавки от центра, в ту сторону, куда нужно сместить сверло, рис. 3.451. Сделав еще одно надсверливание и убедившись в его правильности, доводят сверление до конца.

При сверлении необходимо периодически выводить сверло из отверстия и освобождать его канавки от стружки, вводить обратно сверло в отверстие нужно осторожно, так как его можно сломать. При сверлении сквозных отверстий, в момент выхода из него сверла, нужно выключить автоматическую подачу и перейти на ручную, тем самым ослабив нажим на сверло.

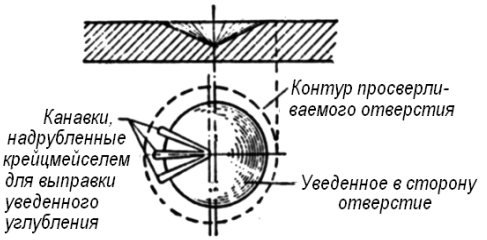


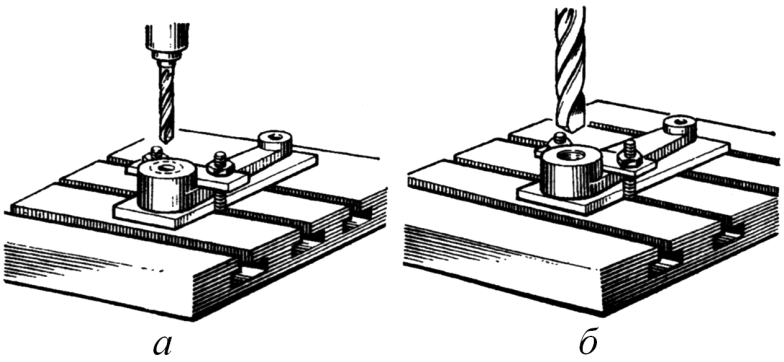
Рис. 3.451. Прорубание канавок при уводе надсверленного углубления в строну

Для получения отверстий диаметром более 20 мм предварительно сверлят отверстие сверлом меньшего диаметра, а затем рассверливают его под размер сверлом большего диаметра, рис. 3.452. В этом случае точность сверления будет значительно выше, а шероховатость поверхности ниже, чем при сверлении одним сверлом.

Диаметр сверла для предварительного сверления должен быть больше толщины перемычки сверла, которым будет просверлено заданное отверстие, рис. 3.453.

Для обеспечения точности рассверливание отверстий производят с одной установки. Для этого из шпинделя станка вынимают сверло меньшего диаметра и вставляют сверло, диаметр которого соответствует диаметру рассверливаемого отверстия. Затем ручной подачей плавно подводят сверло к отверстию по центру и производят рассверливание.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б*

Рис. 3.452. Сверление отверстия по разметке (*а*), рассверливание отверстия (*б*)

На рис. 3.454 приведены примеры сверления сквозных отверстий по разметке в угольнике, а на рис. 3.455 – сверление детали закрепленной на угольнике.

Угольники применяются для крепления тех заготовок, которые нельзя установить для обработки отверстий ни на столе станка, ни в тисках, ни в других устройствах. Угольники бывают простые и универсальные.

Простые угольники имеют две точно обработанные стороны, ряс. 3.455, *а*. Одна сторона служит для установки на стол станка, а другая – для установки и крепления заготовки. Универсальные угольники используются для установки разнообразных заготовок под различными углами к столу станка, рис. 3.455, *б*.

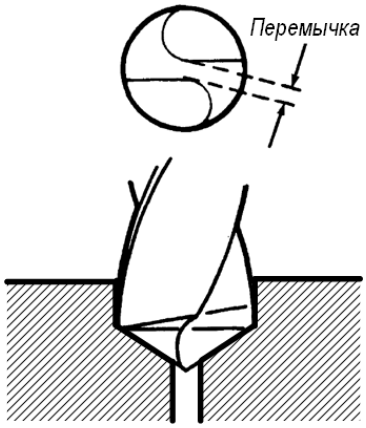
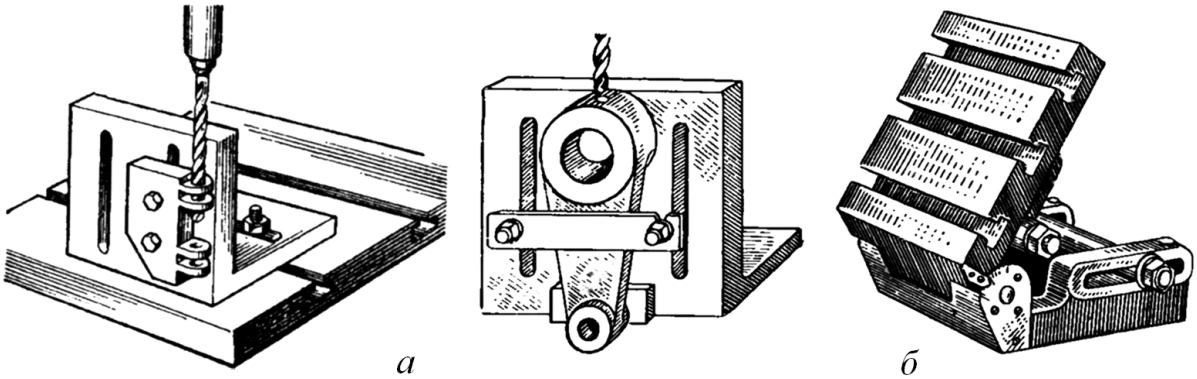


Рис. 3.453. Рассверливание отверстия

Обе полки универсального угольника соединены между собой шарнирной осью и могут поворачиваться под любым углом относительно друг друга. Заготовка крепится к установочной плоскости угольника при помощи прижимных планок, накладок и болтов, вставляемых в Т-образные пазы, отверстия или прорези.

Сверление отверстий по кондуктору. Сквозное отверстие можно просверлить и без разметки, а именно при помощи приспособлений – кондукторов – накладных или коробчатых, рис. 3.456. При пользовании накладным кондуктором обрабатываемое изделие зажимается в тисках или непосредственно на столе станка. Кондуктор накладывается на ту часть поверхности изделия, где нужно просверлить отверстия, крепят кондуктор на изделии боковыми винтами

Коробчатый кондуктор имеет форму коробки с откидной крышкой. Обрабатываемое изделие закладывают внутрь коробки и крепят крышкой. Для сверления вводят сверло в соответствующую направляющую втулку кондуктора и просверливают в изделии отверстие.



а *б*

Рис. 3.454. Сверление отверстий в угольнике: *а* – с зажиманием детали в тисках; *б* – с зажиманием детали в приспособлении; *1* – сверло; *2* – угольник; *3* – подкладка; *4* – тиски или приспособление; *5* – стол станка

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

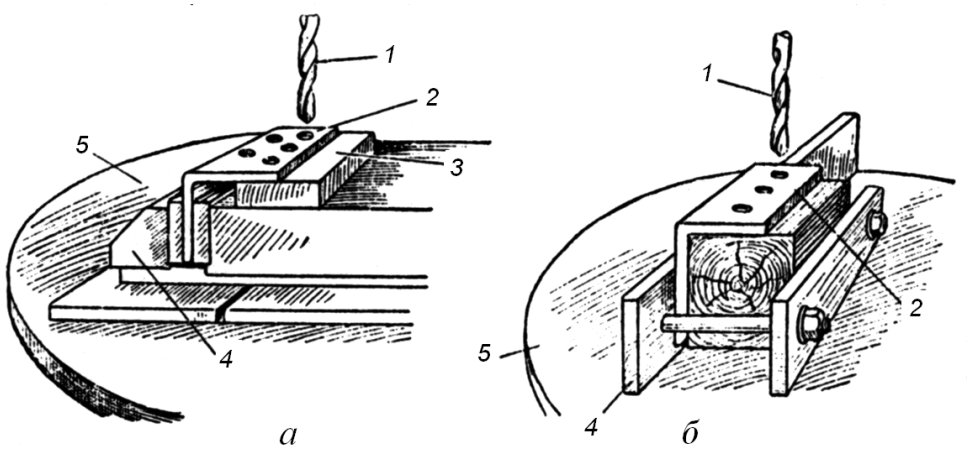


Рис. 3.455. Сверление детали закрепленной на простом угольнике (*а*) и универсальный угольник (*б*)

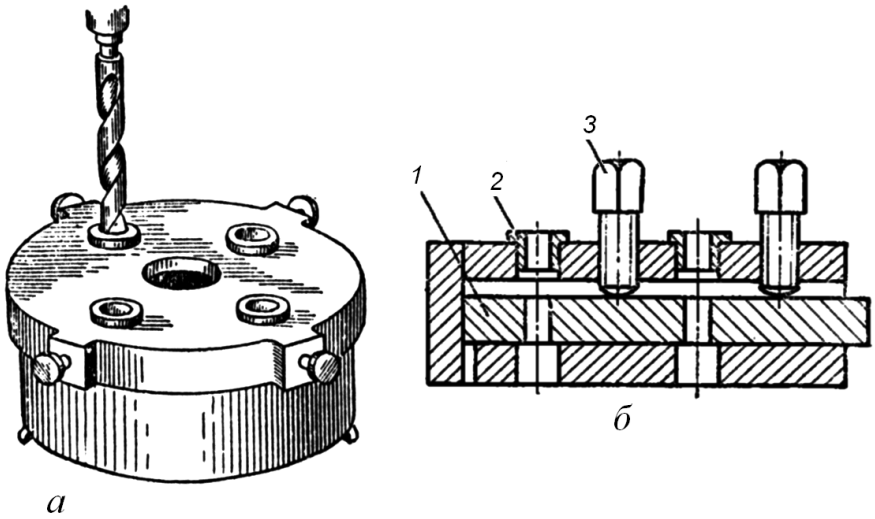


Рис. 3.456. Сверление отверстий по кондуктору: *а* – накладной кондуктор; *б* – коробчатый кондуктор

Кондукторные втулки, укрепленные в корпусе кондуктора, сконструированного и изготовленного в соответствии с обрабатываемой деталью, обеспечивают точную и быструю обработку отверстий в заготовках без разметки. Это достигается тем, что заготовка при креплении в кондуктор фиксируется строго определенным образом, а расстановка кондукторных втулок точно соответствует расположению отверстий, заданных чертежом.

Применение кондукторов при обработке отверстий ведет к устранению дорогостоящей разметки и выверки заготовок при креплении, к ускорению обработки, упрощению и улучшению установки заготовок, обеспечению взаимозаменяемости деталей, повышению точности обработки, увеличению производительности и облегчению труда станочников.

Сверление отверстий по шаблону. Если в небольшой партии одинаковых деталей необходимо просверлить несколько отверстий, вместо кондуктора применяют шаблон. Шаблон представляет собой стальную пластину по форме детали, в которой выполнены все необходимые отверстия. Применение шаблона повышает производительность труда и точность. Для выполнения сверления по шаблону его накладывают на деталь, фиксируют в определенном положении и закрепляют струбцинами, рис. 3.457.

Устанавливают следующий порядок сверления. Через шаблон сверлят одно отверстие на заготовке (детали) и фиксируют контрольным штифтом. На другом конце заготовки сверлят второе отверстие и так же фиксируют контрольным штифтом, чем устраняют возмож-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ность смещения шаблона по отношению к заготовке. Затем просверливают поочередно каждое отверстие по шаблону и проверяют правильность сверления. После этого снимают шаблон с заготовки и напильником удаляют заусенцы, образовавшиеся при сверлении.

При сверлении плоских тонких одинаковых деталей их собирают в пачку, накладывают шаблон и плотно стягивают струбцинами. В процессе сверления нужно пользоваться небольшой и плавной ручной подачей, так как при проходе сверлом каждого листа возникают дополнительные нагрузки, которые могут привести к поломке сверла.

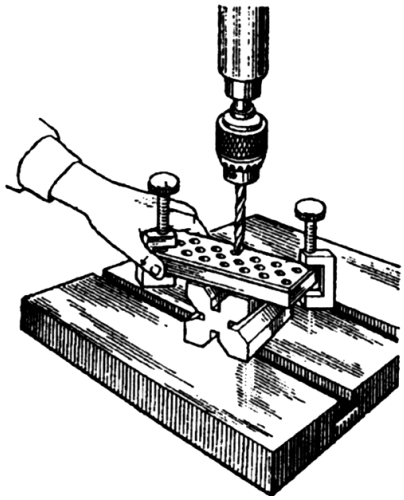


Рис. 3.457. Сверление отверстий по шаблону

Сверление глухих отверстий. Глухие отверстия сверлят на требуемую глубину, пользуясь упорным приспособлением, имеющимся на сверлильном станке, или же (если такого приспособления нет) упорным кольцом, закрепленном на сверле, рис. 3.458.

Сверление отверстий в цилиндрических деталях на призмах. Самым распространенным способом установки цилиндрических деталей является крепление на призмах. Подготовку и сверление цилиндрических деталей выполняют в следующем порядке.

1. Разметка центра для сверления отверстия состоит в следующем. Сначала с помощью центроискателя определяют центр на торцевой стороне валика. Затем легким ударом молотка по кернеру делают центровое углубление.

Разметку риски на цилиндрической части валика можно выполнить двумя способами:

- Укладывают валик на призму и выполняют разметку рейсмусом, установленным на столе станка. Острие чертилки рейсмуса располагают строго по центру сечения валика, рейсмус перемещают и наносят риски на торцевой и боковой поверхностях, рис. 3.459, *а*. Затем валик в призме поворачивают на 90° с проверкой по угольнику, размечают и накернивают центр отверстий.
- С помощью чертилки и угольника наносят диаметральную риску. Затем на валик накладывают угловую линейку и чертилкой проводят риску, по которой размечают центы отверстий, рис. 3.459, *б*.

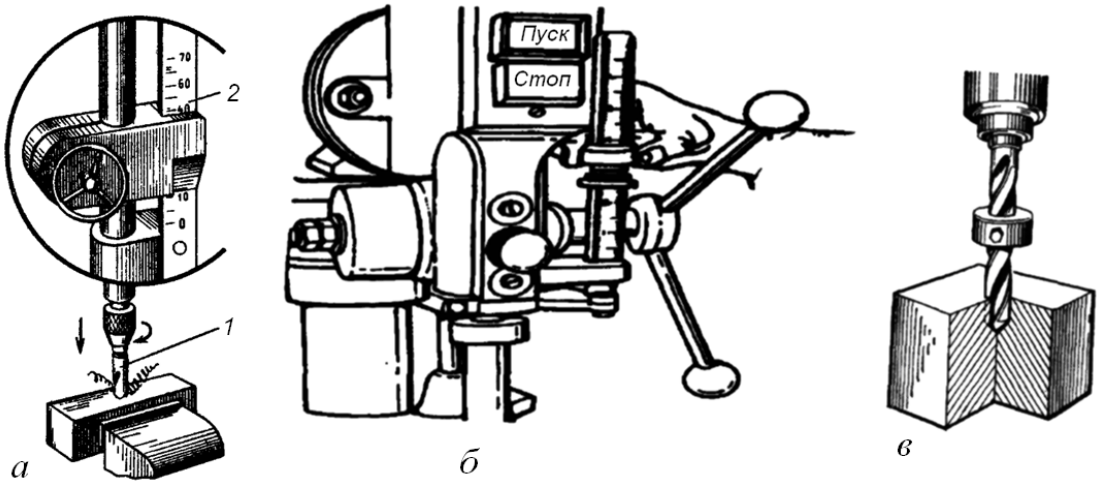


Рис. 3.458. Сверление глухих отверстий по измерительной линейке (*а*), ограничителю на измерительной линейке сверлильного станка (*б*) и по втулочному упору на сверле (*в*)

2. Устанавливают сверло в шпиндель станка.

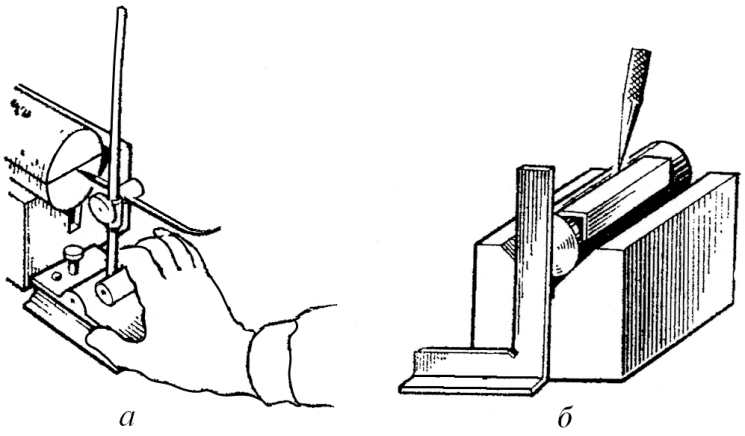
3. Сверло подводят к валику, призму с деталью перемещают так, чтобы вершина сверла точно совпала с намеченным углублением на детали.

4. Аккуратно накладывают прижимную планку на валик и соответствующий выступ стойки с уступами и болтом прижимают валик, рис. 3.460.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

5. Окончательно проверяют правильность установки по угольнику и следят за тем, чтобы вершина сверла совпала с центровой разметкой.

6. Производят сверление.



а *б*

Рис. 3.459. Разметка рисок на валике: *а* – рейсмусом; *б* – угольником с угловой линейкой

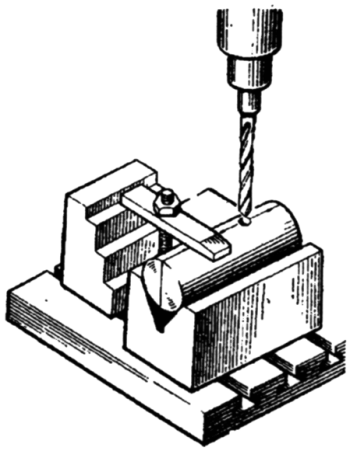
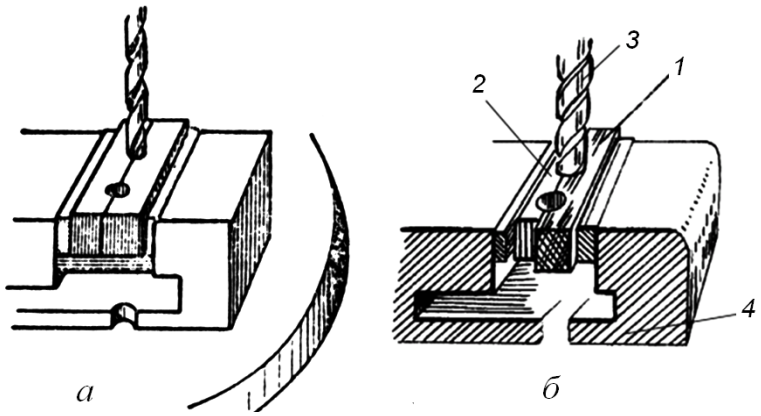


Рис. 3.460. Сверление цилиндрических деталей

Сверление неполных отверстий, рис. 3.461. Для получения неполных отверстий (полуотверстий) закрепляют в тисках по две детали, так чтобы поверхности их, на которых должны быть просверлены неполные отверстия, составляли одну общую поверхность. Размечают на линии стыка закрепленных деталей центры отверстий и производят сверление обычным способом.



а *б*

Рис. 3.461. Сверление неполных отверстий: *а* – одновременно в двух деталях; *б* – в одной детали при помощи прокладки; *1* – изделие; *2* – прокладка; *3* – сверло; *4* – параллельные тиски

Зенкерование и зенкование. Зенкерование, как и процесс сверления, проводят при двух совместных относительных движениях инструмента – вращательном и поступательном вдоль оси. Сверло, выбираемое для сверления отверстий под обработку зенкером, должно иметь диаметр, уменьшенный против диаметра окончательно обработанного отверстия на величину припуска.

В табл. 3.51 приводятся средние значения припусков при зенкеровании.

Режимы резания при зенкеровании включают глубину резания, подачу и скорость резания.

Глубина резания представляет собой полуразность диаметров:

$$t = \frac{D - d}{2}, мм,$$

где: D – диаметр зенкера в мл; d – диаметр отверстия в мм.

Подача, так же как и при сверлении, пред-

Таблица 3.51 **Припуск при зенкеровании**

Диаметр отверстия, мм	Припуск на диаметр, мм
10-18	0,6-1,0
18-30	1,0-2,0
30-50	1,5-3,0
50-80	3,0-5,0

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ставляет собой величину перемещения зенкера в миллиметрах вдоль оси за один его оборот.

Подачи и скорости резания при зенкеровании выбираются по табл. 3.53. Данные приведены для углеродистой конструкционной стали с временным сопротивлением разрыву $\sigma_в$ = 650 МПа, зенкеры изготовлены из стали Р18, обработка отверстий ведется с охлаждением.

Таблица 3.52 **Режим резания при зенкеровании отверстий**

Подача, мм/об	Диаметр зенкера							
	15 мм, цельный		20 мм, цельный		25 мм, цельный		25 мм, насадной	
	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин	Скорость резания, м/мин	Частота вращения, об/мин
0,2	41,6	883	—	—	—	—	—	—
0,3	34,0	721	38,0	604	29,7	378	26,5	337
0,4	29,4	624	32,1	510	25,7	327	22,9	292
0,5	26,3	558	28,4	456	23,0	292	20,5	261
0,6	24,0	510	26,2	417	21,0	267	18,7	238
0,7	22,2	472	24,2	386	19,4	247	17,3	221
0,8	—	—	22,7	361	18,2	231	16,2	206
0,9	—	—	21,4	340	17,1	218	15,3	195
1,0	—	—	20,3	323	16,2	207	14,5	185
1,2	—	—	—	—	14,8	189	13,2	168

Зенкование производится зенкерами для выработки цилиндрических углублений и зенкерами для выработки конических углублений. Эта операция выполняется на сверлильных станках с помощью режущего инструмента называемого зенковками. Зенковки по форме режущей части подразделяются на конические и цилиндрические с торцевыми зубьями, снабженные цапфой.

Зенковки цилиндрические применяют для обработки гнезд с плоским дном под головки винтов, болтов и под плоские шайбы, рис. 3.462. Для достижения соосности с точно обработанными отверстиями зенкеры имеют направляющую цапфу.

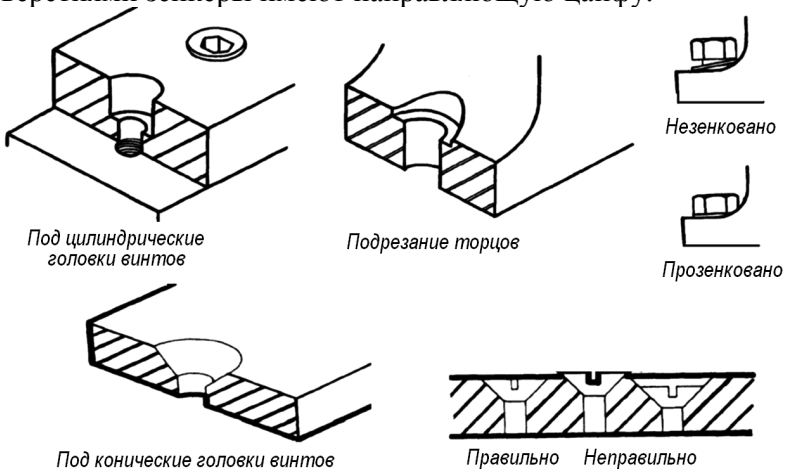


Рис. 3.462. Зенкование отверстий

Конические зенковки предназначены для снятия заусенцев в выходной части отверстия, получения конического углубления в отверстии под опоры конических головок винтов и заклепок (рис. 2.588) и для центрования отверстий. Наибольшее распространение получили конические зенковки с углом конуса при вершине 30, 60, 90 и 120°.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Режимы резания при зенковании берут по тем же таблицам, что и при зенкеровании.

Коническое зенкование (рис. 3.463) целесообразно проводить в определенной последовательности.

1. Выбор конического зенкера производят по конусности головки винта или заклепки, которая должна точно соответствовать углу зенковки. Прежде чем приступить к работе, необходимо проверить наличие всех зубьев зенковки и заостренность режущих комок.

2. При установке зенкера в шпиндель сверлильного станка учитывают конус на зенковке и конус в шпинделе станка (при необходимости подбирают переходные втулки). Вводят хвостовик зенковки в коническое отверстие шпинделя станка так же, как и сверло с коническим хвостовиком (зенковки с цилиндрическим хвостовиком зажимают в патроне). Включают электродвигатель и проверяют зенковку на биение.

3. Закрепляют деталь на столе станка. При установке детали обращая внимание на горизонтальное расположение плоскости, точность совпадения оси зенковки с осью выполненного отверстия и надежность закрепления детали.

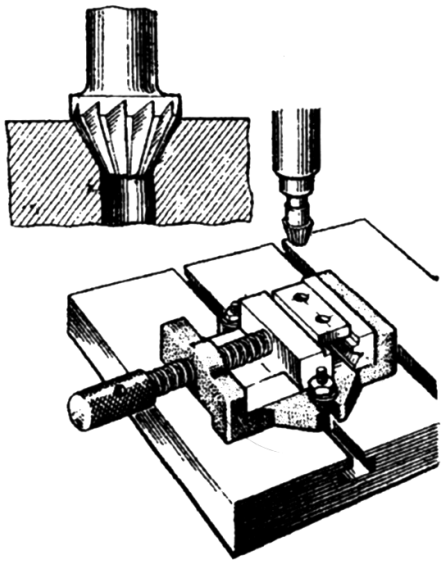


Рис. 3.463. Коническое зенкование отверстий

4. Включают двигатель станка и, опуская шпиндель, зенковку подводят к отверстию детали.

5. При ручной подаче выполняют пробное зенкование.

6. Окончательно обрабатывают отверстие на необходимую глубину, при этом глубину зенкования определяют по ограничителю или измерительной линейке.

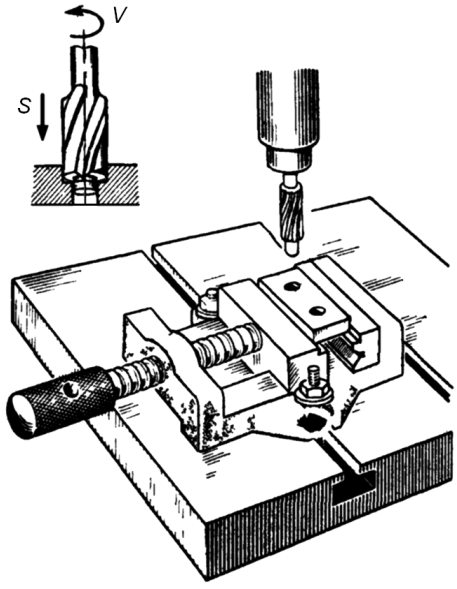


Рис. 3.464. Цилиндрическое зенкование отверстий

Для получения конической поверхности малой шероховатости зенкование выполняют при небольшой ручной подаче и с применением охлаждающей жидкости (как и при сверлении).

Цилиндрическое зенкование (рис. 3.464) выполняют в той же последовательности, что и коническое, но оно имеет некоторые особенности.

Диаметр цилиндрической зенковки должен быть на 0,2-0,5 мм больше диаметра цилиндрической головки винта. Направляющая часть зенковки должна соответствовать диаметру винта. При меньшем диаметре направляющего конца зенковки, цилиндрическую часть углубления может уводить в сторону.

Точность выполнения цилиндрических углублений проверяют калибром-пробкой, а глубину – глубиномером штангенциркуля (при цилиндрическом зенковании). При закладывании в конусное углубление потайной головки винта плоскость головки должна совпадать с плоскостью детали и плотно прилегать к углублению, рис. 3.462.

При зенковании углублений под потайные головки винтов спиральным сверлом необходимо его предварительно переточить, образовав угол при вершине $2\varphi = 90°$. При обнаружении на поверхности прозенкованного углубления огранки уменьшить задний угол α сверла.

Зенкование углублений под цилиндрические головки винтов спиральными сверлами вести в два перехода: вначале отверстие (рис. 3.465, *а*) рассверлить сверлом с нормальной заточкой до требуемого диаметра (рис. 3.465, *б*), затем обработать до нужной формы и размеров (рис. 2,585, *в*) плоско заточенным сверлом, рис. 3.465, *г*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

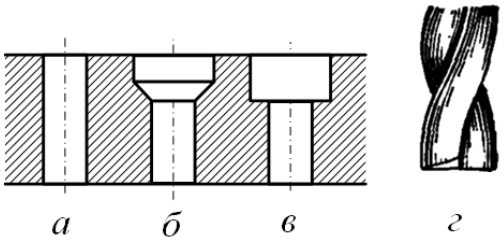


Рис. 3.465. Зенкование углублении под цилиндрическую потайную головку винта: *а* - отверстие под винт; *б* – углубление, рассверленное сверлом с нормальной заточкой; *в* – придание углублению требуемых форм и размеров при помощи плоско заточенного спирального сверла; *г* – плоско заточенное спиральное сверло

Цекование производится зенкерами для зачистки торцовых поверхностей. Цековками производят обработку бобышек под шайбы, упорные кольца, гайки, рис. 3.466, *а*. Режимы резания при цековании берут по тем же таблицам, что и при зенкеровании.

При цековании закрытых торцов (рис. 3.466) работу выполняют в таком порядке:

- рабочий конец направляющей оправки зенкера пропускают сквозь просверленное отверстие в верхней стенке заготовки, затем сквозь посадочное отверстие в цековке и вставляют в отверстие нижней стенки заготовки;
- закрепляют цековку на оправке имеющимся зажимом и обрабатывают торец до требуемой величины, рис. 3.466, *б*;
- закрытую поверхность, обращенную вниз, цекуют как показано на рис. 2.586, *б*.

На рис. 3.467, *а* приведен пример обработки отверстия зенкерованием, а на рис. 3.467, *б* – обработка опорной поверхности того же отверстия зенкованием.

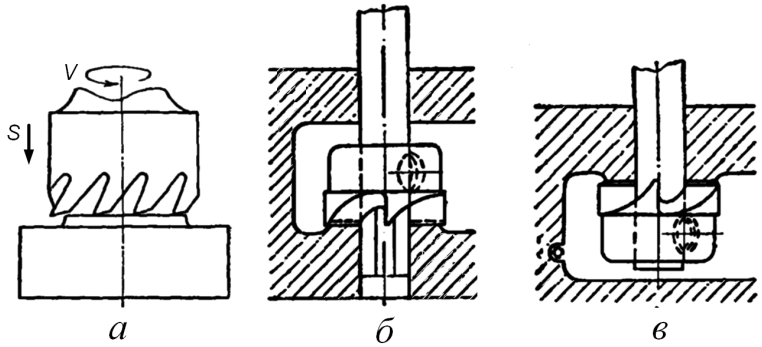


Рис. 3.466. Цекование открытых торцов (*а*) и закрытых торцов с подачей цековки вниз (*б*) и вверх (*в*)

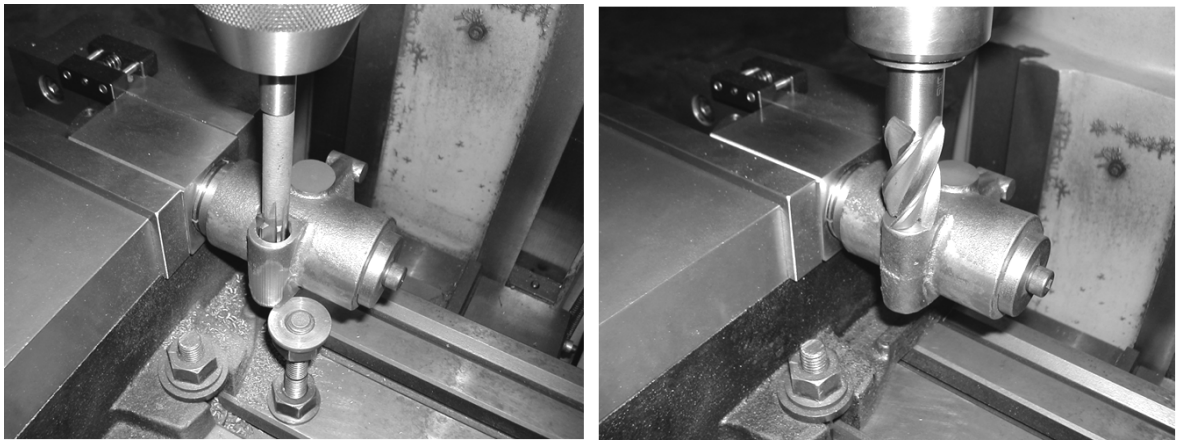


Рис. 3.467. Зенкерование отверстия (*а*) и зенкование опорной поверхности трехперой зенковкой с направляющей цапфой (*б*)

Развертывание – завершающая операция в процессе обработки точных отверстий. Она производится разверткой (обычно после зенкерования) – режущим инструментом с большим количеством зубьев, скошенные передние части которых образуют режущие кромки, снимающие очень тонкий слой металла. Обычно при развертывании диаметр отверстия полу-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

чается несколько больше диаметра развертки (примерно до 0,02 мм); причиной этого является неодинаковое расположение режущих кромок относительно оси развертки, биение развертки вследствие эксцентричного ее положения в патроне или патрона в шпинделе и др.

При износе развертки, а также при развертывании отверстий в вязких металлах вследствие налипания стружки на передние поверхности зубьев диаметр отверстия может получиться меньше диаметра развертки. Поэтому развертки подбирают по диаметру с учетом этих факторов.

Основное требование предъявляемое к работе разверток – это получение точного и чистого отверстия. Здесь значение имеет не только правильное и аккуратное выполнение работы, но играют роль размер припуска на обработку, способ закрепления детали, острота режущих кромок разверток, режим обработки, охлаждение инструмента и т.п.

Значительное влияние на точность и чистоту развертываемого отверстия оказывают смазка и охлаждение. При развертывании без смазки и охлаждения получается не только наибольшее искажение размера вследствие разбивки отверстия, но и возникает опасность защемления развертки в отверстии и поломки зубьев. При развертывании без охлаждения и смазки («всухую») поверхность отверстия получается неровной, шероховатой.

Развертку смазывают: при развертывании стали и чугуна – минеральным маслом, при развертывании меди – эмульсией, алюминия – скипидаром с керосином, алюминиевых сплавов – сурепным маслом. Лишь латунь и бронзу можно развертывать всухую.

В зависимости от вида развертки, технологических условий обработки и диаметра обрабатываемого отверстия припуск на обработку колеблется: при черновом развертывании от 0,15 до 0,5 мм, при чистовом развертывании от 0,05 до 0,2 мм.

Рекомендуемые средние значения припусков на диаметр отверстия при развертывании приведены в табл. 3.53.

Таблица 3.53 **Припуски при развертывании**

Наименование припусков	Диаметр отверстия, мм					
	3-6	7-18	19-30	31-50	51-80	81-100
Общий припуск под черновое и чистовое развертывание	0,20	0,25	0,35	0,40	0,55	0,70
Припуск под черновое развертывание	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
Припуск под чистовое развертывание	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,20

Режимы резания при развертывании значительно отличаются от режимов сверления. Подача, S мм/об при развертывании берется больше, чем при сверлении, а скорость резания v, м/мин, наоборот, значительно снижается.

Режимы резания при развертывании отверстий в стали тпрочность σ = 75о кПа с охлаждением и в сером чугуне твердостью H_B = 190 без охлаждения развертками из быстрорежущей стали марки Р9 даны в табл. 3.54.

Развертывание черновое и чистовое практически проводится при одинаковых скоростях резания. Использование разверток с пластинками из твердых сплавов позволяет увеличивать скорость резания в 2-3 раза.

Наибольшие скорости резания следует применять при развертывании нормализованных сталей, наименьшие – при развертывании вязких сталей. При чистовом развертывании скорость резания обычно принимают 6-8 м/мин.

Как правило, развертывание отверстий производится с одной установки после окончания сверления. Сверло вынимают из шпинделя и вместо него вставляют черновую, а затем чистовую развертку. При таком способе обработки заготовки сокращается время на ее переустановку и повышается точность обработки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.54 **Режимы резания при развертывании отверстий**

Подача s, мм/об	Сталь углеродистая $\sigma_в$ = 750 МПа						Чугун серый $H_в$ = 190					
	диаметр развертки D, мм											
	5	15	25	40	60	80	5	15	25	40	60	80
	припуск на диаметр, мм											
	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5
	скорость резания *v*, м/мин											
0,5	17,9	16,6	—	—	—	—	19,2	15,2	14,5	—	—	—
0,6	15,9	14,6	13,3	—	—	—	17,5	13,9	13,2	—	—	—
0,7	14,4	13,4	12,0	—	—	—	16,2	12,9	12,3	—	—	—
0,8	13,1	12,3	11,0	9,8	8,5	—	15,2	12,1	11,5	9,9	9,6	9,4
1,0	—	10,6	9,5	8,4	7,4	6,5	13,6	10,8	10,3	8,8	8,6	8,4
1,2	—	9,4	8,4	7,4	6,5	5,8	12,4	9,9	9,4	8,0	7,8	7,6
1,4	—	8,8	7,6	6,8	6,0	5,3	11,5	9,2	8,8	7,5	7,3	7,1
1,6	—	7,8	7,0	6,1	5,4	4,8	10,7	8,8	8,1	6,9	6,7	6,6
1,8	—	7,3	6,5	5,8	5,0	4,4	10.2	8,1	7,7	6,6	6,4	6,3
2,0	—	6.8	6,0	5,4	4,6	4,1	9,7	7,7	7,3	6,2	6.1	6,0
2,2	—	—	5,6	5,0	4,4	3,9	—	—	6,5	5,9	5,8	5,7
2,5	—	—	5,3	4,6	4,0	3.6	—	—	6,5	5,6	5,4	5,3
3,0	—	—		4,1	3,6	3,1	—	—	6,0	5,1	5,0	4,8

При работе разверткой на станке бывают случаи, когда при жестко закрепленной развертке ее ось не совпадает с осью обрабатываемого отверстия и поэтому развернутое отверстие получается неправильной формы. Такой же результат может быть при неисправном состоянии станка, когда шпиндель при своем вращении бьет и не совпадает с отверстием.

Для повышения качества обработки и во избежание брака при развертывании отверстий применяют специальные качающиеся (плавающие) оправки. Эти оправки конусным хвостовиком вставляются в шпиндель станка, а в качающуюся часть оправки закрепляют развертку. Особое шарнирное устройство качающейся оправки позволяет развертке легко изменять направление оси и принимать положение, совпадающее с осью развертываемого отверстия.

Перед тем как приступить к обработке, необходимо выбрать инструмент. Выбор разверток производится в зависимости от технических требований, предъявляемых к обрабатываемой детали. Сначала подбирают комплект черновой и чистовой ручных или машинных разверток. Диаметр развертки выбирают по размеру отверстия. При обработке отверстия под развертывание предусматривают припуск: для чернового развертывания 0,1-0,15 мм, для чистового развертывания 0,05-0,1 мм.

Процесс развертывания машинной разверткой происходит с учетом следующих особенностей, рис. 3.468.

1. Чтобы уменьшить разницу в диаметрах развернутого отверстия и развертки и обеспечить правильное направление развертки (совпадение осей отверстия и развертки), следует крепить ее в шпинделе станка не жестко, а в самоустанавливающихся качающихся или плавающих патронах.

2. Отверстия в стальных заготовках развертывать только с охлаждением. При отсутствии охлаждения отверстие больше разбивается, поверхность получается неровной и может произойти заклинивание и поломка зубьев развертки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3. Не производить развертывания предварительно грубо обработанных отверстий, отверстий с большими припусками под развертку, не работать тупыми развертками, а также с большими подачами. Нарушение этих указаний приводит к получению недостаточно чистой поверхности развернутого отверстия (с задирами, рисками и следами дробления).

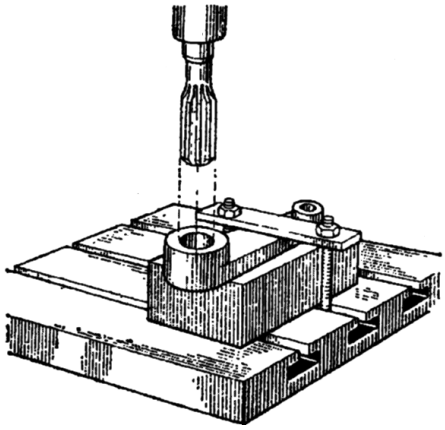


Рис. 3.468. Развертывание отверстий машинной разверткой

4. Развертывание производить без кондукторных втулок (направление развертки обеспечивается самоустанавливающимися патронами). При необходимости же выполнять развертывание с кондукторными втулками следует применять развертки с цилиндрической направляющей частью, диаметр которой больше диаметра рабочей части. На направляющей части должны быть сделаны винтовые канавки, в которых помещается мелкая стружка.

5. В зависимости от требований к классу точности и шероховатости поверхности развернутого отверстия применять однократное (черновое), двукратное (чистовое) и тонкое (прецизионное) развертывания. При этом необходимо учитывать следующее:

- для получения отверстия 3-го класса точности с чистотой поверхности до 6-го класса достаточно ограничиться черновым (однократным) развертыванием;
- отверстие 2-го класса точности с чистотой поверхности до 7-го класса получают двукратным (чистовым) развертыванием;
- отверстия 1-2-го класса точности с чистотой поверхности до 8-го класса получают тонким (прецизионным) развертыванием, которое применяют после чистового.

Пример обработки отверстия сверлением и развертыванием дан на рис. 3.469, *а*. Материал – стальная заготовка, диаметр отверстия 16 мм.

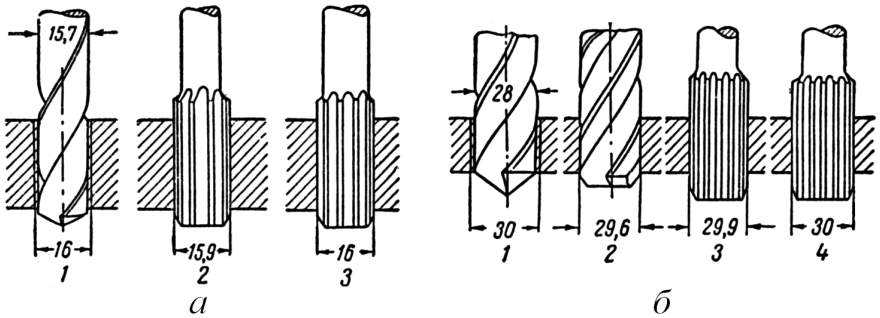


Рис. 3.469. Обработка отверстий: *а* – в три приема: *1* – сверление; *2* – развертывание черновое; *3* – чистовое развертывание; *б* – в четыре приема: *1* – сверление; *2* – зенкерование; *3* – развертывание черновое; *4* –развертывание чистовое

Эту работу, например для отверстия диаметром 16 мм, выполняют так:

- сверлят отверстие диаметром 15,7 мм;
- развертывают черновой разверткой диаметром 15,9 мм;
- развертывают чистовой разверткой диаметром 16,0 мм.

На рис. 3.469, *б* показана последовательность обработки отверстия диаметром 30 мм. Она такова:

- сверление сверлом диаметром 28 мм;
- зенкерование зенкером диаметром 29,6 мм;
- развертывание черновой разверткой диаметром 29,9 мм;
- развертывание чистовой разверткой диаметром 30,0 мм.

Нарезание внутренней резьбы. Для нарезания внутренних резьб метчиками необходимо иметь предварительно подготовленное отверстие.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Если отверстия в заготовках получены литьем или штамповкой, то нарезание резьбы в них происходит в тяжелых условиях, так как невозможно обеспечить размеры допусков в пределах, необходимых для нарезания внутренних резьб. Исключение составляют отверстия в заготовках, полученных литьем под давлением или литьем по выплавляемым моделям.

Наиболее благоприятные условия для нарезания резьбы метчиком создаются при подготовке отверстия сверлением или зенкерованием. При нарезании резьбы материал детали несколько выдавливается метчиком и внутренний диаметр резьбы получается больше диаметра отверстия, полученного при сверлении. Поэтому при подготовке сверлением отверстий под нарезание резьбы метчиками необходимо диаметры сверл подбирать согласно ГОСТ 19257-73. Если диаметр отверстия, просверленного под резьбу, будет меньше рекомендуемого ГОСТом, нагрузка на метчик резко возрастет, резьба получится рваной, метчик может заклиниться и сломаться. Если диаметр просверленного отверстия окажется больше рекомендуемого, то получится резьба неполного профиля.

При нарезании внутренней резьбы на сверлильных станках надо руководствоваться следующими общими правилами:

1. Не рекомендуется нарезать резьбу в отверстиях, полученных литьем, штамповкой и другими подобными методами. Перед нарезанием резьбы в таких отверстиях их необходимо рассверливать или зенкеровать, чтобы удалить нагар, окалину, наклеп и получить требуемый диаметр отверстия под резьбу, иначе метчик будет быстро изнашиваться и резьба получается плохого качества.

2. Метчики при нарезании резьбы на сверлильных станках надо крепить в самоцентрирующих, качающихся, плавающих или реверсивных патронах.

3. В отверстиях, подготавливаемых под нарезание в них резьбы, со стороны входа метчика должны быть сняты фаски под углом 60° и высотой не менее одного шага резьбы.

4. При нарезании резьбы на сверлильных станках особое внимание надо уделять регулированию перемещения шпинделя. Шпиндель должен быть хорошо уравновешен противовесом, легко перемещаться, чтобы врезание и выход метчика происходили плавно; при тяжелом ходе шпинделя может произойти «разбивание» резьбы по среднему диаметру.

5. Учитывая, что метчик воспринимает большие нагрузки, нарезать резьбу надо с охлаждением и смазкой инструмента.

Приемы нарезания резьбы в глухих и сквозных отверстиях. Приемы нарезания резьб в глухих отверстиях несколько отличаются от приемов нарезания резьбы в сквозных отверстиях.

1. По окончании нарезания резьбы в глухом отверстии метчик из него можно удалить только вывинчиванием. Поэтому нарезают такую резьбу только на станке, у которого метчик может вращаться в обратном рабочему направлении и со скоростью большей, чем при нарезании (для уменьшения непроизводительных затрат времени).

Если нарезают глухую резьбу в отверстии на станке, у которого нет реверсивного механизма, изменяющего направление вращения шпинделя, то для крепления метчиков применяют специальный реверсивный патрон.

2. Чтобы при нарезании глухой резьбы метчик не сломался, когда он дойдет до конца отверстия и упрется в дно, на станках, имеющих реверсивный механизм, необходимо применять специальный предохранительный патрон, реверсивные патроны имеют соответствующее предохранительное устройство.

Во всех конструкциях предохранительных патронов предусмотрено закрепление метчика с допустимым регулируемым усилием. В этом случае, при сверлении глухих отверстий, когда метчик упирается в дно нарезаемого отверстия, он прекращает вращение в заготовке.

Предохранительный патрон с кулачковой муфтой изготовляется трех размеров для резьб диаметром 8-12, 12-30 и 18-42 мм.

Предохранительные патроны с шариковой муфтой предназначены для нарезания резьбы М10-М18. Патрон имеет шесть сменных втулок для метчиков различных размеров.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3. Для нарезания глухих резьб следует применять машинные метчики с небольшой заборной частью (равной примерно трем шагам нарезаемой резьбы). Это позволит нарезать резьбу наиболее близко ко дну отверстия.

4. Нарезают резьбу на сверлильных станках большей частью в сквозных отверстиях гаек или аналогичных деталей. В этом случае резьбу целесообразно нарезать на обычных нереверсивных станках, пользуясь метчиками с удлиненным.

При обработке метчиком с удлиненным хвостовиком нарезанные гайки нанизываются (автоматически) на хвостовик и остаются на нем, пока он весь не. заполнится. Затем станок останавливают, вынимают из быстросменного патрона метчик и снимают с его хвостовика гайки. После этого метчик вновь закрепляют в патроне и продолжают работу в том же порядке.

В табл. 3.55 приведена рекомендуемая скорость резания при нарезании резьбы на сверлильных станках.

Таблица 3.55 **Рекомендуемая скорость резания при нарезании резьбы машинными и гаечными метчиками**

Размер резьбы, мм	Скорость резания, м/мин				
	Конструкционная углеродистая сталь				Чугун *НВ* 190
	σ_b=500-750 Н/мм^2		σ_b=400-500 Н/мм^2		
	Метчики машинные	Метчики гаечные	Метчики машинные	Метчики гаечные	
6x1	6,5	12,0	4,5	8,5	4,5
8x1,25	7,0	15,0	5,3	10,5	5,2
10x1,5	8,0	18,0	5,6	12,5	5,8
12x1,75	9,0	20,0	6,3	14,0	6,3
16x2	11,0	22,0	7,7	15,5	7,7
20x2,5	12,0	24,0	8,4	17,0	8,5
24x3	13,5	25,0	9,5	17,5	8,9
30x3,3	14,5	26,0	10,2	18,0	10,0
36x4	16,0	—	11,2	—	11,0

Особенности нарезания резьбы в труднообрабатываемых сталях и сплавах. Процесс нарезания резьбы в сталях аустенитного класса, а также в жаропрочных, титановых и легких сплавах имеет свои специфические особенности, которые надо учитывать при выполнении этой работы.

1. Если заготовка из жаропрочного сплава обладает достаточной жесткостью и при ее установке на столе станка обеспечивается перпендикулярность оси резьбы к базовой поверхности, резьбу можно нарезать не применяя кондуктор. Если же требуется обеспечить строгую перпендикулярность оси резьбы к базовой поверхности, а жесткость заготовки и ее крепление на станке не обеспечивают получения заданной точности, резьбу надо нарезать с применением кондукторов.

2. Для нарезания резьбы в жаропрочных сплавах следует применять метчики с шахматным расположением зубьев. Для сквозных отверстий применяют один метчик, для глухих – комплект из двух или трех метчиков. Резьбы глубиной до двух диаметров с канавкой для сбега резьбы или с длиной сбега, равной четырем виткам, можно нарезать комплектом из двух метчиков, во всех остальных случаях следует пользоваться комплектом из трех метчиков.

3. При нарезании резьбы в жаропрочных сплавах надо обязательно охлаждать метчик. Если охлаждающая жидкость подается насосом, в состав ее должно входить 60% сульфоф-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

резола, 25% керосина и 15% олеиновой кислоты. Если на станке нет насоса, охлаждающую жидкость из 85% сульфофрезола и 15% олеиновой кислоты наносят на метчик кистью или погружают метчик в эту жидкость.

4. Нарезать резьбу в алюминиевых и цинковых сплавах, обладающих сравнительно небольшой твердостью и большой пластичностью, рекомендуется на станках с принудительной подачей шпинделя по шагу резьбы. Если на станке нет механизма принудительной подачи шпинделя, должен быть обеспечен его легкий ход, что достигается уменьшением уравновешивающих нагрузок (пружины, грузы). При большой массе подвижных частей и тяжелом ходе шпинделя нарезаемая резьба чаще разбивается по среднему диаметру.

5. Скорость резания резьбы в силуминовых сплавах должна быть в 1,2-1,5 раза выше, а охлаждение – во столько же раз интенсивнее, чем при нарезании резьбы в стали.

6. Для охлаждения метчиков при обработке легких сплавов лучше всего применять керосин, можно пользоваться и жирной 8-10% эмульсией. Не следует охлаждать метчик маслом. так как оно не предохраняет его от налипания стружки при нарезании, а также затрудняет очистку нарезанной резьбы от налипшей стружки.

7. Для нарезания резьбы размеров от М4 до М30 в заготовках из труднообрабатываемых сталей аустенитного класса и титановых сплавов могут быть применены бесканавочные метчики из стали Р18. В этих метчиках, канавки расположены только на заборном конусе – для лучшего захода метчика в металл и для отвода стружки, Стойкость этого метчика по сравнению со стандартным повышается в 10-15 раз.

Установка и закрепление заготовок. Правильное закрепление заготовок при обработке их на сверлильных станках в значительной степени влияет на качество обработки деталей. Заготовки необходимо устанавливать и крепить на столе сверлильного станка. Положение стола в отношении шпинделя в значительной степени определяет качество работы. Верхняя установочная поверхность стола сверлильного станка должна быть всегда перпендикулярна шпинделю. При несоблюдении этого условия ось обработанного отверстия заготовки будет расположена косо и деталь пойдет в брак.

Необходима периодическая проверка перпендикулярности поверхности стола оси шпинделя. Проверка производится индикатором, закрепляемым в шпиндель станка. Измерительная ножка индикатора соприкасается с поверхностью стола. При медленном ручном вращении шпинделя стрелка индикатора покажет отклонения от перпендикулярности стола. Перед установкой заготовки или крепежных устройств необходимо тщательно очищать поверхность стола, пазы и установочные плоскости заготовки или приспособления от стружки и механических остатков.

При обработке заготовок следует правильно выбирать тип крепления. Небольшие по размеру и массе заготовки разнообразной формы крепят в машинных тисках. Перед установкой машинных тисков на столе станка тщательно протирают верхнюю плоскость стола, нижнюю опорную плоскость тисков и слегка смазывают их маслом. В Т-образные пазы стола заводят болты так, чтобы они вошли в прорези основания тисков. Затем на болты навертывают гайки, которые притягивают тиски к столу станка.

В случае, когда сверлятся малые по диаметру отверстия и когда сохраняется устойчивость тисков при сверлении, тиски могут к столу не крепиться.

Недостатком крепления заготовок в тисках является то, что подвижные губки тисков при креплении вследствие люфтов в соединениях слегка приподнимаются вместе с заготовкой, что ведет к неправильной обработке отверстий. В этих случаях перед последним поворотом зажимающего винта заготовка легкими ударами молотка прижимается к установочной поверхности. При зажиме под заготовку устанавливают подкладку, которая исключает вертикальное ее перемещение. Подкладка по ширине выбирается на 5-8 мм уже заготовки, что необходимо для обеспечения зажима заготовки. По толщине подкладка подбирается с таким расчетом, чтобы заготовка, положенная на нее, выступала над губками тисков на 5-8 мм.

Средние и крупные по размеру заготовки, кондукторы, тяжелые и высокие заготовки крепятся на столе с помощью прихватов, болтов и упоров. При этом заготовка должна иметь достаточно большие опорные поверхности.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончательное закрепление заготовки производят лишь после того, как будут совмещены оси обрабатываемого отверстия (для чего необходима предварительная разметка) и шпинделя с закрепленным в нем режущим инструментом. При использовании прихватов, болтов и упоров необходимо тщательно протирать поверхности стола или плиты и нижней опорной поверхности заготовки. При несоблюдении этого условия отверстие будет обработано неперпендикулярно опорной поверхности заготовки.

Заготовки, сохраняющие устойчивость при обработке отверстий, могут обрабатываться без крепления. Для установки и крепления заготовок цилиндрической формы применяют призмы. Закрепление призмы к столу производят в случае неустойчивости положения ее при обработке. Против поворачивания призмы во время работы иногда применяют упоры, жестко закрепленные на столе станка.

На простых угольниках обычно крепят те заготовки, которые нельзя укрепить другим способом, а на универсальных те, в которых отверстия расположены под углом. Установку заготовок и предварительное крепление их на угольнике, как правило, производят по разметочным линиям, что гарантирует точность расположения отверстий. После проверки правильности установки заготовка крепится окончательно.

Установка и проверка заготовок производится с помощью угольников, рейсмусов, штангенрейсмусов и т.д. Угольник после закрепления на нем заготовки устанавливается на стол станка и жестко крепится.

Крепление заготовок в кондукторах (заранее установленных и закрепленных к столу) производится без разметки и выверки правильности их установки.

Ручная обработка отверстий. Сверление отверстий вручную производится ручными, пневматическими и электрическими дрелями.

Ручная обработка отверстий. Сверление отверстий вручную производится ручными, пневматическими и электрическими дрелями.

Сверление отверстий ручной дрелью. Ручную дрель (рис.3.470) применяют в тех случаях, когда требуется просверлить отверстие небольшого диаметра при отсутствии сверлильного станка или в громоздкой детали. Сверление ручной дрелью выполняют на низких и высоких подставках, а также с зажимом деталей в тисках. Приемы держания дрели при этом различны.

Сложность сверления ручной дрелью состоит в том, что работающий должен одновременно удерживать дрель в определенном положении, производить соответствующий нажим, направленный по оси просверливаемого отверстия, и вращением рукоятки приводить во вращательное движение сверло, периодически его охлаждая. В зависимости от положения оси просверливаемого отверстия сверло может направляться горизонтально, вертикально или под углом.

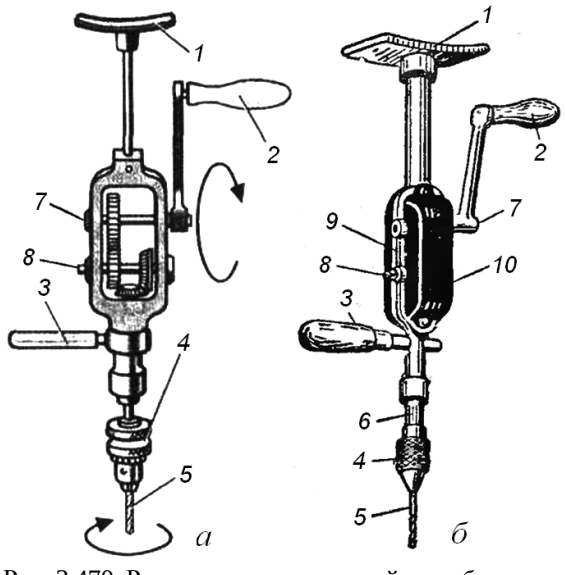


Рис. 3.470. Ручная дрель: *а* – устройство; *б* – внешний вид; *1* – упор (нагрудник); *2* – рукоятка;*3* – ручка; *4* – сверлильный патрон; 5 – сверло; *6* – шпиндель; *7* – вал быстрого вращения; *8* – вал медленного вращения; *9* – корпус; *10* – кожух

Сверление деталей, зажатых в тисках в вертикальном положении, при горизонтальном положении дрели (рис. 3.471) является очень сложным, особенно в самом начале работы – сверло выходит из кернового углубления при малейшем ослаблении нажима или перекосе дрели.

Порядок сверления при горизонтальном положении сверла следующий.

- Перед началом работы ручной дрелью необходимо проверить плавность хода вращением рукоятки и надежность крепления нагрудника.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- После ознакомления с чертежом разметочными инструментами наносят центры и окружности, затем накернивают их.
- Деталь зажимают в тисках так, чтобы границы отверстия были расположены выше губок тисков более чем на половину диаметра патрона.
- Сверло устанавливают в патрон.
- Дрель устанавливают в заданное положение, держа ее левой рукой за неподвижную рукоятку, а правой – за рукоятку вращения.
- Подведя вершину сверла к намеченному кернером центру, направляют сверло по оси отверстия и выполняют пробное засверливание. Ручку дрели вращают плавно, без рывков, не допуская качания дрели.

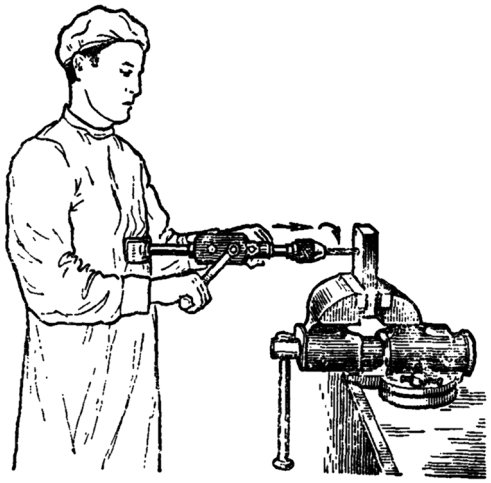
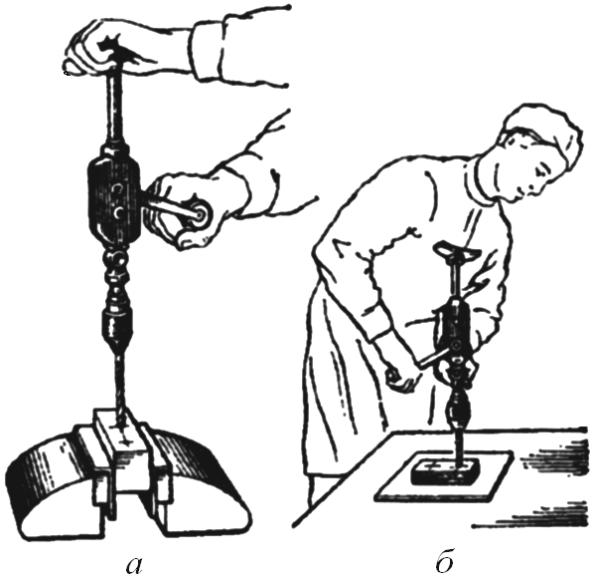


Рис. 3.471. Сверление ручной дрелью горизонтальных отверстий

- Если при проверке увод сверла в сторону не обнаружится, следует усилить нажим на нагрудник и окончательно просверлить отверстие.
- При выходе сверла из детали нажим ослабляют и уменьшают частоту вращения сверла, в случае заедания сообщают ручке обратное вращение.

Сверление отверстий, ось которых расположена вертикально, выполняют в той же последовательности, что и при горизонтальном сверлении, но приемы держания ручной дрели при горизонтальном и вертикальном сверлении различны.



а *б*

Рис. 3.472. Приемы сверления ручной дрелью вертикальных отверстий: *а* – на высоком основании; *б* – на низком основании

При сверлении детали, расположенной на высоком основании отверстия диаметром 2-4 мм, как правило, выполняют на верстаке, дрель берут левой рукой за нагрудник, а правой рукой – за рукоятку вращения, рис. 3.472, *а*. Слегка нажимая на нагрудник, выполняют пробное засверливание. Если отверстие размещается правильно, нажим усиливают и продолжают сверлить до конца. При этом не допускают покачивания инструмента, чтобы не сломать сверло. Иногда нажим усиливают, надавливая на левую руку подбородком.

При сверлении деталей расположенных на низком основании, дрель держат правой рукой за рукоятку вращения, левой – за неподвижную рукоятку, а грудью упираются в нагрудник, рис. 2.472, *б*. При сверлении дрель следует держать строго вертикально, без качания, иначе сверло может сломаться или «увести» ось сверления в сторону.

Сверление отверстий электродрелью. В слесарно-ремонтном деле для облегчения труда работающего и повышения производительности труда применяют различные ручные переносные механизированные инструменты. К их числу относятся электрифицированные инструменты.

Электрические сверлильные машинки – электродрели, в зависимости от вида выполняемой работы могут быть тяжелого, среднего и легкого типов. Кроме того, для сверления отверстий в труднодоступных местах, выпускаются угловые электродрели.

Машины легкого типа предназначены для сверления отверстий диаметром 8-9 мм. Корпус таких машин обычно имеет форму пистолета.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Машины среднего типа, обычно имеющие одну замкнутую рукоятку на задней части корпуса и одну боковую, используют для сверления отверстий диаметром до 14 мм.

Машины тяжелого типа, имеющие обычно две рукоятки на корпусе и грудной упор или замкнутую рукоятку на задней части корпуса, применяют для вертикального и горизонтального сверления в стальных деталях отверстий диаметром до 20 мм.

На рис. 3.473 изображены основные типы выпускаемых промышленностью электродрелей (электросверлилок).

Рис. 3.473. Выпускаемые промышленностью типы электродрелей

По внешним признакам устройство дрели включает в себя: металлический или пластиковый корпус, редуктор, патрон, сверло, кнопку или курок для пуска, электрический шнур.

В корпусе дрели расположен электродвигатель (рис. 3 474), якорь которого имеет на оси малую шестерню, сцепленную с большой шестерней, закрепленной на стержне. На другом конце стержня имеется патрон для закрепления сверла. В редукторе низкооборотных дрелей имеется еще один или два блока промежуточных шестерен. Большинство современных электродрелей имеют переключатель направления вращения сверла (реверс).

Все современные электродрели имеют выключатель с кнопкой блокировки для режима длительной и непрерывной работы. Дрель запускается при нажатии выключателя в рукоятке. В режиме длительной и непрерывной работы, кроме этого, нажимают кнопку блокировки, которая находится на боковой стороне выключателя, таким образом, чтобы она была в утопленном состоянии. Чтобы выйти из режима длительной и непрерывной работы, достаточно просто нажать на выключатель до самого упора. При этом кнопка блокировки автоматически возвращается в исходное положение (поднимается).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

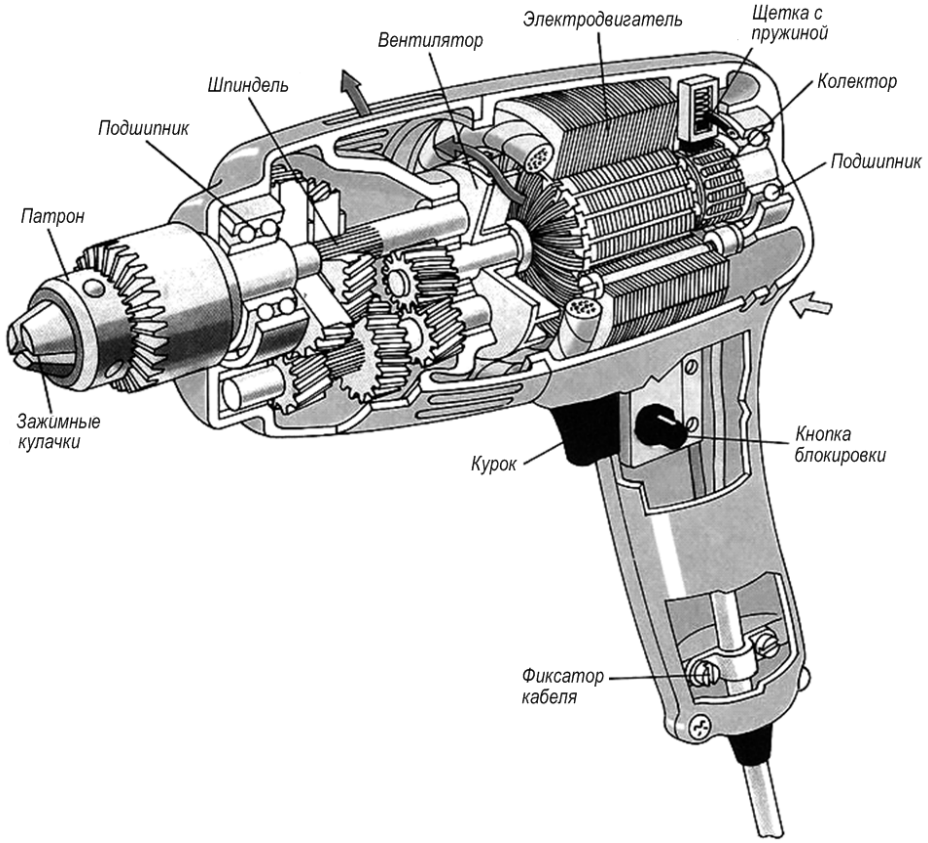


Рис. 3.474. Портативная электродрель

Современные модели электродрелей, имеющие частота вращения превышающую 1000 мин $^{-1}$, обычно снабжаются электронным регулятором скорости вращения. Выбранную частоту вращения в них, даже при сильной нагрузке на сверло, поддерживает компенсатор вращающего момента, защищающий электродвигатель от перегрузки, в случае если сверло заклинит в обрабатываемом материале материале.

Регулировка частоты вращения осуществляется путем нажатия на выключатель. Чем сильнее происходит нажатие, тем выше частота вращения. Верхний предел величины частоты вращения можно изменить с помощью специального колесика *2* (рис. 3.475), расположенного на выключателе *1*. Для увеличения верхнего предела числа оборотов, необходимо вращать колесико в сторону обозначения *G*, для уменьшения, в сторону обозначения *A*, которые расположены на колесике.

Данная функция позволяет без труда точно и в нужном месте произвести предварительное засверливание отверстия. Например, если начинать процесс сверления при высокой частоте вращения, то за счет быстрого вращения сверла центр отверстия может сместиться относительно центра точки кернения. С помощью электронного регулятора предварительное засверливание осуществляют при малой частоте вращения. Убедившись, что отверстие не имеет смещения, увеличивают ее до максимального значения, рекомендованного при сверлении данного материала.

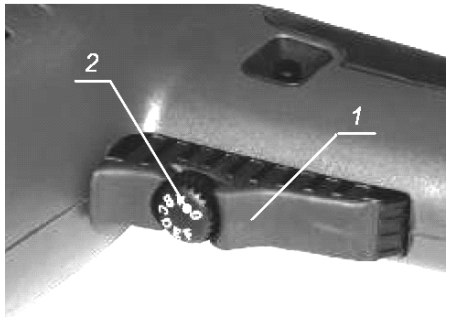


Рис. 3.475. Электронный регулятор числа оборотов

Устройство дрели в отдельных моделях может иметь некоторые отличия. У них может немного отличаться схема дрели, добавляющая или уменьшающая ее функциональность. Например, может быть исключена функция регулировки максимального крутящего момента при завинчивании шурупов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При сверлении электродрелью, имеющей только пистолетную рукоятку, держат дрель правой рукой за рукоятку так, чтобы указательный палец находился на курке, с помощью которого включают или выключают электродвигатель. Некоторые дрели, для удобства работы, имеют горизонтальный и вертикальный уровни, рис. 3.476.

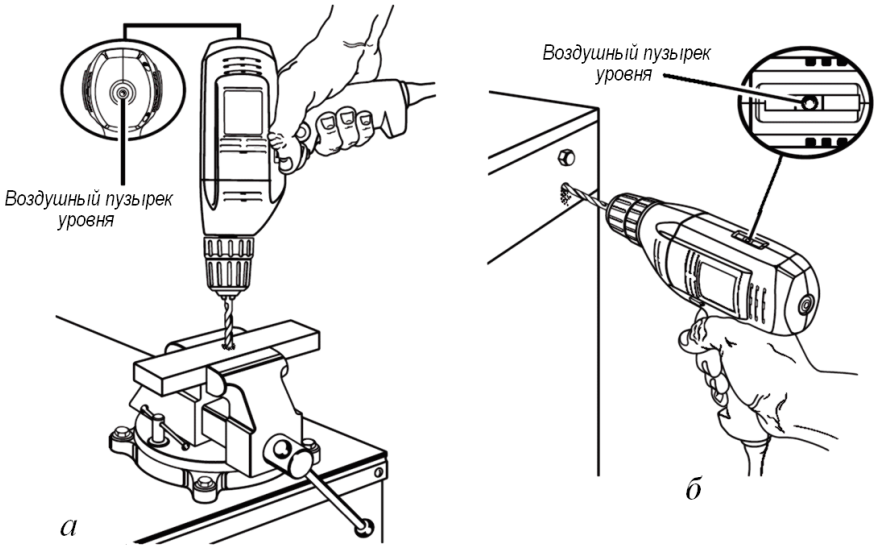


Рис. 3.476. Сверление вертикальных (*а*) и горизонтальных (*б*) отверстий портативной электродрелью

Электродрели среднего типа, имеющие замкнутую рукоятку в задней части корпуса, держат за эту рукоятку правой рукой так, чтобы указательный палец был наложен на курок, а левой рукой, при сверлении горизонтальных отверстий, удерживают корпус инструмента в рабочем положении, рис. 3.477, *б*. При сверлении вертикальных отверстий корпус удерживают правой рукой за пистолетную или замкнутую рукоятку, а левой рукой держат за боковую, дополнительную, рукоятку (рис. 3.477, *е*), или, при отсутствии рукоятки – за корпус редуктора (рис. 3.477, *в*) тем самым не допуская продольного смещения инструмента.

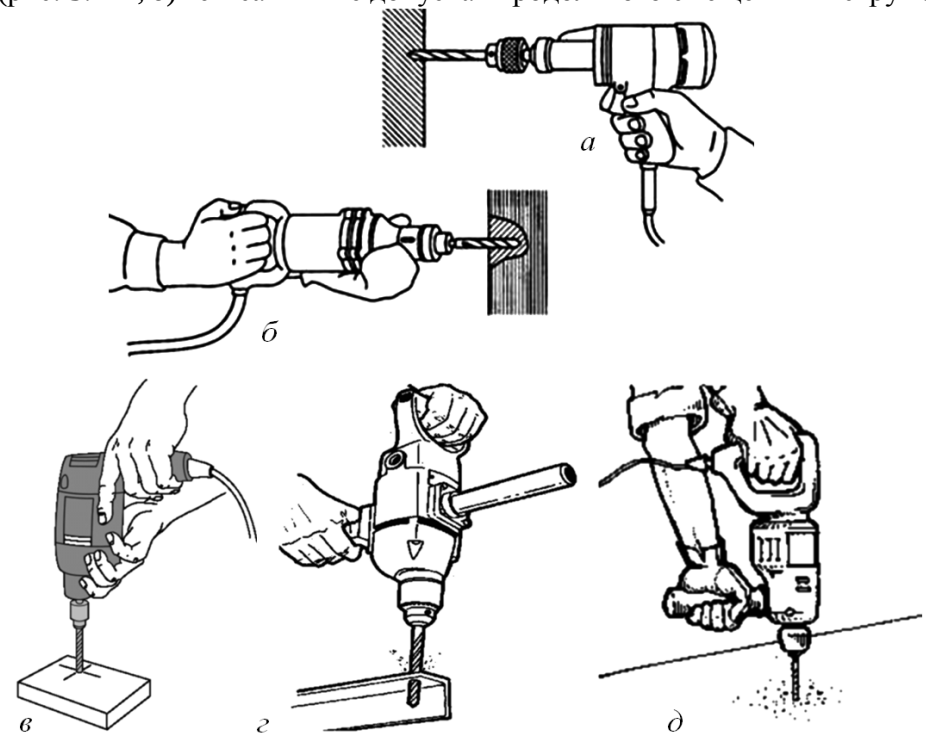


Рис. 3.477. Прием работы электродрелью: *а* – с пистолетной рукояткой; *б* – среднего типа без боковой рукоятки; *в* – с пистолетной рукояткой при вертикальном сверлении; *г* – тяжелого типа; *д* – среднего типа с боковой рукояткой

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Дрели тяжелого типа имеют две боковые рукоятки, а также рукоятку в задней части корпуса (обычно поворотную) часто используемую как грудной упор. При работе инструментом в вертикальном положении он удерживается правой рукой за рукоятку с выключателем, а левой рукой – за вспомогательную рукоятку, рис. 3.477, *г*.

При работе в горизонтальном положении инструмент удерживают двумя руками за боковые рукоятки, а центральную – упирают в грудь работающего, рис. 3.478.

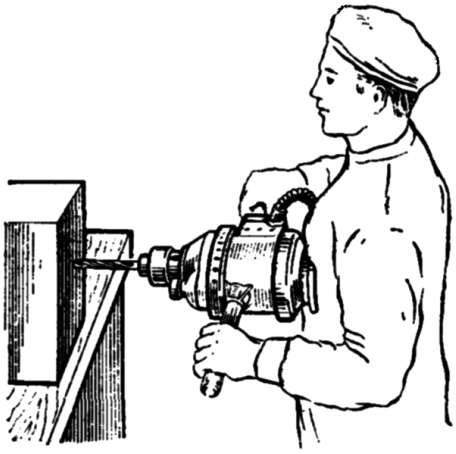


Рис. 3.478. Прием работы электродрелью тяжелого типа при горизонтальном сверлении

Приступая к работе электродрелью, необходимо:

- установить необходимое сверло в патрон, рис. 3.479;
- взять в руки электродрель приемом, в зависимости от типа инструмента;
- подвести сверло к накерненному углублению так, чтобы ось сверла была перпендикулярна поверхности сверления. При малейшем перекосе сверло будет уведено в сторону;
- нажать на курок, включить электродрель и при слабом нажиме на сверло сделать пробное сверление и выключить электродвигатель. Если при проверке не обнаружится увода сверла в сторону, необходимо продолжить сверление. При последующем сверлении включают электродрель только после установки сверла в засверленное место.
- при окончании сверления следует уменьшить подачу путем уменьшения нажима на сверло.

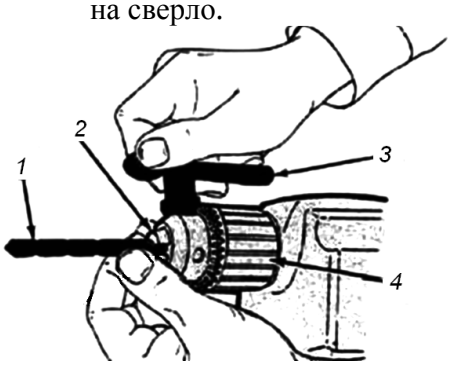


Рис. 3.379. Установка сверла в патрон электродрели: *1* – сверло; *2* – кулачки; *3* – ключ; *4* – патрон

- при сверлении и рассверливании глубоких отверстий, для уменьшения трения и нагрева сверла, периодически выключать дрель и капать на спиральную канавку сверла несколькими каплями турбинного масла (индустриального или веретенного), рис. 3.480.
- при продолжительной работе не следует допускать перегрева электродрели, периодически делать перерывы. Нагрев считается практически допустимым, если ладонь руки ощущает легкий нагрев корпуса;
- электродрель следует переносить с выключенным электродвигателем. Провод не должен быть натянут и перекручен;
- после окончания работы выключить выключатель на электродрели и отключить провод от сети. Вынуть сверло, тщательно очистить дрель от металлической стружки, пыли, грязи и протереть ее ветошью. Также протереть сухой чистой тряпкой оболочку провода и аккуратно смотать провод.

Сверление отверстий пневматическими дрелями. Пневматическая дрель (рис. 3.481) работает сжатым воздухом. Она удобна, имеет небольшие размеры и небольшую массу. Пневматические дрели по сравнению с электрическими более надежны в работе, менее чувствительны к перегрузкам, имеют регулятор частоты вращения, более легки и безопасны при эксплуатации. На рис. 3.482 приведены некоторые выпускаемые в настоящее время пневматические дрели.

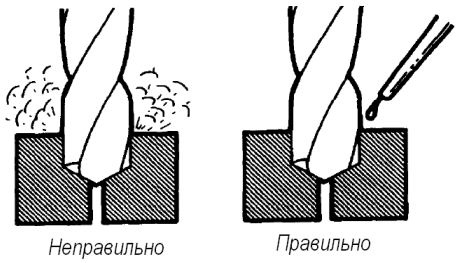


Рис. 3.480. Рассверливание глубоких отверстий электродрелью

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

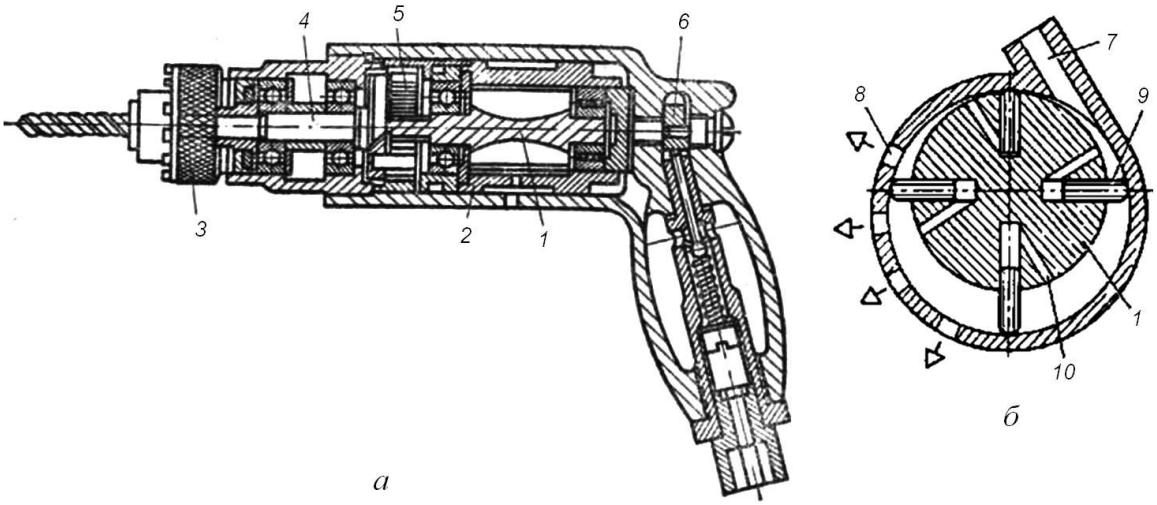


Рис. 3.481. Пневматическая дрель (*а*) и пневмодвигатель (*б*): *1* – ротор; *2*; – статор *3*; – патрон *4* – шпиндель; *5* – редуктор; *6* – курок; *7* – канал подачи воздуха; *8* – отверстия для выхода воздуха; *9* – шибер; *10* – дренажный канал

Рис. 3.482. Выпускаемые промышленностью типы пневматических дрелей

Сверление отверстий пневматическими дрелями производят в следующей последовательности.

Перед началом работы необходимо.

- Подготовить рабочее место.
- Проверить наличие смазочного материала в подшипниках и трущихся частях дрели.
- Установить сверло в патрон дрели.
- Присоединить шланг к пневмодрели и воздухопроводу.
- Открыть кран на воздухопроводе, нажать курок на дрели и проверить ее работу на холостом ходу.

Во время работы необходимо.

- Удерживать пневмодрель правой рукой за рукоятку (рис. 3.483) так, чтобы указательный палец был наложен на курок. Левой рукой, в некоторых случаях, поддерживать корпус дрели, располагая сверло по направлению сверления.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- После установки сверла в керновое углубление нажать на курок, выполнить предварительное засверливание, а затем выключить дрель. Для последующего сверления подача сжатого воздуха разрешается только после установки дрели в рабочее положение. В процессе сверления следует наблюдать за положением сверла, производить небольшой нажим на сверло, соблюдая меры предосторожности при сверлении сквозных и глухих отверстий.
- При завершении сверления уменьшить подачу сверла.
- Не допускать натяжения, петления и перекручивания шланга. Укладывать шланги Необходимо так, чтобы по ним не проезжал транспорт и не наступали люди.
- При переносе пневматических дрелей их следует держать за рукоятки или корпус.

После окончания работы необходимо: закрыть кран на воздухопроводе, отсоединить пневмодрель от шланга, а затем шланг от воздухопровода. Вынуть сверло из патрона, очистить дрель от стружки, пыли и протереть начисто. Протереть шланг и аккуратно смотать его.

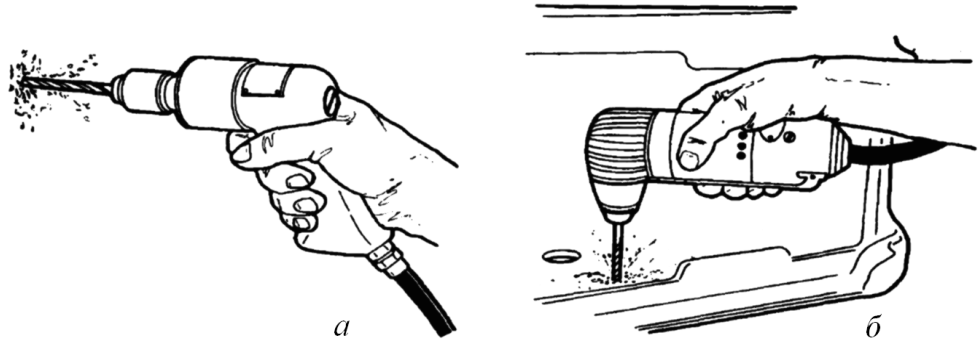


Рис. 3.483. Приемы сверления портативной (*а*) и угловой (*б*) пневматической дрелью

Пневматические дрели следует хранит в сухом, отапливаемом помещении.

Причины поломки сверла при сверлении отверстий. Практикой установлены следующие основные причины поломки сверл:

- встречая на своем пути раковину, сверло сильно отклоняется в сторону и ломается;
- если верхняя часть отверстия ограничена не горизонтальной, а наклонной плоскостью, сверло уводит в сторону и оно ломается; для предупреждения поломки сверла нужно устанавливать деревянный вкладыш (рис. 3.484, *а*) или запиливать горизонтально поверхность (рис. 3.484, *б*);

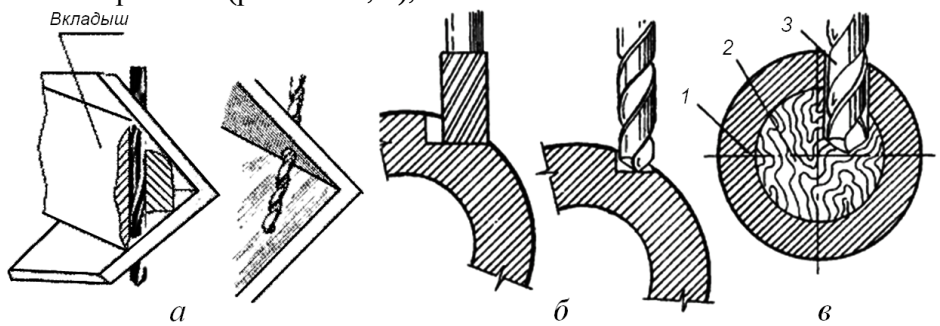


Рис. 3.484. Сверление наклонных поверхностей: *а* – в плоскости расположенной под углом к другой плоскости; *б* – на цилиндрической поверхности; *в* – в полых деталях; *1* – изделие; *2* – деревянная пробка; *3* – сверло

- если нижняя часть отверстия в изделии ограничена не горизонтальной, а наклонной плоскостью, сверло выходит из изделия неравномерно, застревает в отверстии и ломается; для недопущения этого нужно устанавливать вкладыш (рис. 3.484, *а*) или, при сверлении полых деталей – пробку (рис. 3.484, *в*);
- при сверлении глубоких отверстий, когда глубина сверления больше режущей части сверла, канавки, погружаясь в изделия, закупориваются стружкой, при этом сверло сильно нагревается, притупляется и ломается;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- во время выхода сверла из изделия, то есть в конце сверления, если подача не уменьшилась, а осталась прежней, сверло часто ломается;
- поломка также происходит при работе тупым сверлом.

Поломки сверла имеют различный характер и затрагивают различные части инструмента. Одна из основных причин поломок и ненормального износа сверл – несвоевременная смена инструмента для заточки. Износ сверла в первой стадии может быть обнаружен по резко скрипящему звуку. Опытный слесарь безошибочно по звуку устанавливает момент, когда сверло начинает затупляться. При работе изношенным сверлом температура резко возрастает и сверло еще больше изнашивается и разбивает отверстие. На рис. 3.485 приведены виды износа сверла, а в табл. 3.55 перечисляются виды поломок и затуплений сверл и указываются способы их устранения и предотвращения.

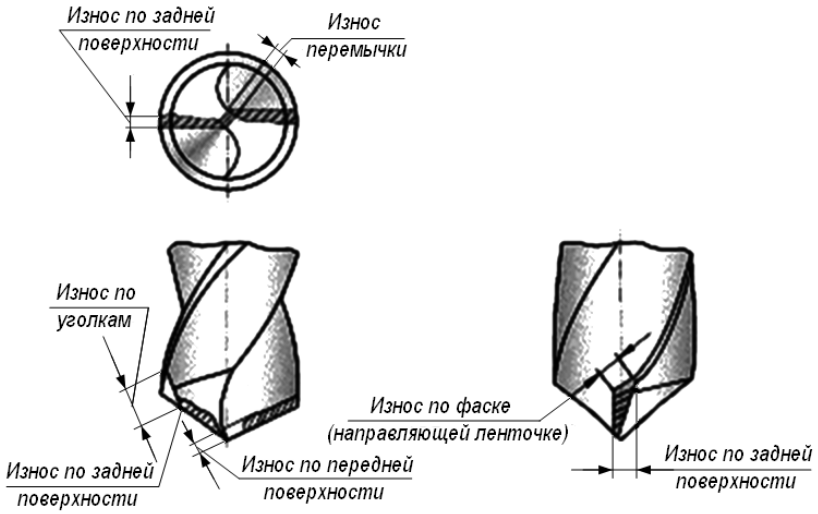


Рис. 3.485. Виды износа сверла

Таблица 3.55 **Виды поломок и затуплений сверл и способы их устранения**

Вид поломки	Причина поломки	Способы устранения и предотвращения
Низкая стойкость сверла	Неправильная заточка	Правильно заточить сверло
	Прижоги режущих кромок	Улучшить охлаждение сверла при заточке
	Повышенная твердость материала	Снизить скорость резания
	Сильный нагрев инструмента	Улучшить охлаждение инструмента
	Провертывание сверла	Надежно закреплять сверло в патроне, заменить переходную втулку
Быстрое затупление режущей кромки у ленточки	Работа со слишком большими скоростями	Уменьшить частоту вращения сверла
Быстрое затупление перемычки и режущих кромок по всей длине	Чрезмерная подача	Уменьшить подачу
Поломка спиральной части сверла	Быстрый подвод сверла к детали	Соблюдать правила сверления, устранить мертвый ход в шпинделе станка
	Работа затупленным сверлом	Заточить правильно сверло
	Малая скорость резания при большой подаче	Увеличить скорость резания или уменьшить подачу
	Малый задний угол	Заправить сверло, увеличить угол наклона задней поверхности

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.55

Вид поломки	Причина поломки	Способы устранения и предотвращения
Поломка спиральной части сверла	Глубина сверления больше нарезанной части	Правильно выбирать длину сверла, соблюдать правила сверления глубоких отверстий
	Большой люфт шпинделя в подшипниках	Проверить положение шпинделя в подшипниках; отрегулировать шпиндель
	Забивание спиральной канавки сверла стружкой	Заточить правильно сверло; Увеличить скорость резания; чаще выводить сверло из отверстия и удалять стружку
	Сверление плохо закрепленных или незакрепленных деталей	Правильно установить и закрепить изделие
Поломка лапки хвостовика	Плохая подгонка хвостовика к конусной переходной втулке	Исправить переходную втулку или заменить ее новой
	Грязь и заусенцы в переходной втулке	Вычистить и насухо протереть переходную втулку и хвостовик сверла
Выкрашивание режущих кромок	Большая подача	Уменьшить подачу
	Неправильная заточка (несимметричность, большой задний угол)	Правильно заточить сверло
	Неосторожный подвод сверла к изделию, выход сверла по наклонной плоскости	Соблюдать правила сверления
	Неравномерное охлаждение сверла	Улучшить охлаждение
	Наличие твердых мест или песочных раковин в обрабатываемой детали	Срубить внутри отверстия твердое место
	Слишком большая скорость резания	Уменьшить скорость резания
	Недостаточное охлаждение сверла или применение неподходящей жидкости	Увеличить охлаждение сверла, применять необходимую жидкость
Затупление режущей кромки	Слишком большая подача	Уменьшить подачу
	Неправильная заточка (слишком велик задний угол)	Правильно заточить сверло
	Сверло проворачивается в патроне	Надежно закрепить сверло
Быстрый износ режущих кромок и углов	Слишком большая скорость сверления	Уменьшить скорость

Производя сверление, слесарь обязан пристально следить за ходом работы. Малейший признак неправильной работы инструмента должен заставить его прервать сверление, выявить причины обнаружившейся ненормальности и устранить ее. Если слесарь сам не в силах это сделать, он должен обратиться к мастеру.

Ручное развертывание отверстий. Операция ручного развертывания цилиндрическими развертками (рис. 3.486) заключается в следующем:

- выбрать нужную развертку, затем убедиться, что на ее режущих кромках нет выкрошившихся зубьев или забоин;
- проверить размер оставленного на развертывание припуска, который не должен быть больше установленного, так как в противном случае развертка затупится и могут выкрошиться зубья;
- выбрать развертку: для развертывания гладких цилиндрических отверстий – с прямыми канавками; для развертывания отверстий со шпоночными или шлицевыми пазами – со спиральными канавками; для развертывания отверстий под конические штифты – конические развертки соответствующей конусности;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

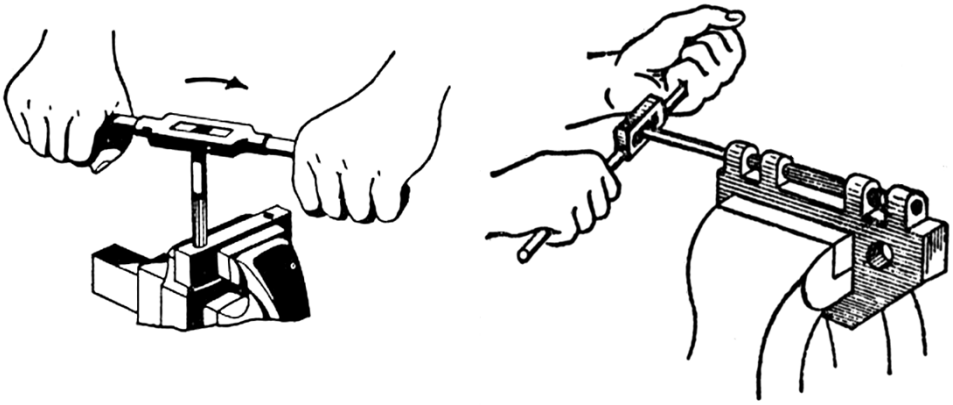


Рис. 3.486. Развертывание отверстий ручной разверткой

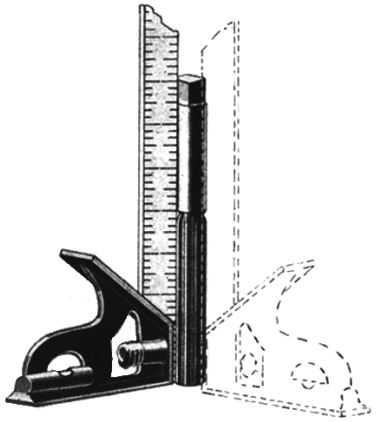


Рис. 3.487. Проверка положения развертки по угольнику

- выбрать необходимые чистовую и черновую развертки;
- деталь зажать в тисках (если деталь имеет большие габаритные размеры, то развертывание производят без ее закрепления);
- на развертку и в отверстие кисточкой нанести смазывающую жидкость;
- в обрабатываемое отверстие осторожно установить черновую развертку и проверить ее положение по угольнику 90°;
- убедившись в перпендикулярности оси отверстия и поверхности обрабатываемой заготовки на квадрат хвостовика развертки надеть вороток, рис. 3.487;
- правой рукой слегка нажимая на развертку вдоль ее оси, левой рукой медленно и плавно вращать вороток по часовой стрелке, подавая развертку в отверстие;
- по мере вращения воротка с разверткой по направлению режущих кромок на поверхность развертки периодически добавляют смазочный материал;
- после того как развертка врезалась в отверстие, можно производить ее вращение, держась за концы ручек воротка и надавливая на них;
- развертку вращать только в одну сторону; при обратном ходе под зубья попадает стружка, что приводит к их выкрашиванию, порче стенок отверстия и заеданию развертки;
- для развертывания отверстий в труднодоступных местах детали применяют специальные удлинители, надевающиеся на квадрат хвостовика развертки, рис. 3.488;
- заканчивать развертывание цилиндрического отверстия следует в тот момент, когда 3/4 рабочей части развертки выйдет из него;
- контролируют отверстия калибром-пробкой.

Примечание. Развертку следует чаще выводить из отверстия, очищая ее от стружки, и обильно смазывать машинным маслом (чугун можно обрабатывать без смазки).

При обработке конических отверстий (рис.3.489) с большой конусностью применяют комплект из трех инструментов. Вначале обрабатывают отверстие ступенчатым зенкером, затем применяют развертку со стружколомающими канавками и далее – коническую развертку с гладкими режущими лезвиями.

Развертывание конических отверстий выполняется в такой же последовательности, что и цилиндрическое развертывание.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

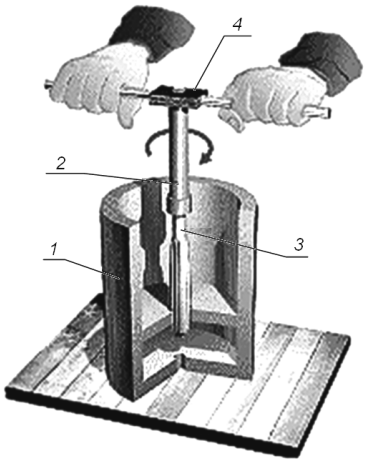


Рис. 3.488. Развертывание отверстий с применением удлинителей: *1* – изделие; *2* – удлинитель; *3* – развертка; *4* – вороток

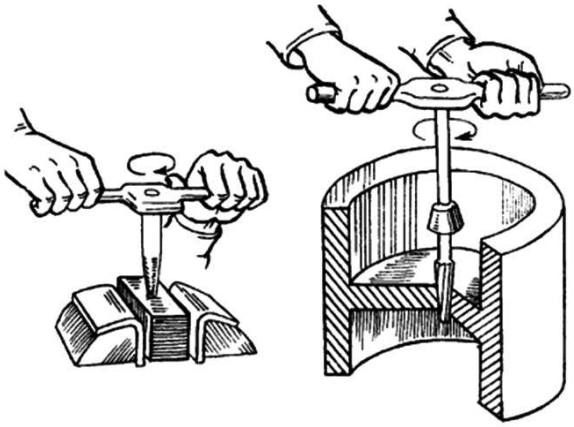


Рис. 3.489. Развертывание конических отверстий

3.7.4 Заточка инструмента

В процессе резания металлов срезаемая стружка перемещается по передней поверхности инструмента, а поверхность заготовки (поверхность резания) перемещается относительно задней поверхности инструмента, благодаря чему инструмент изнашивается. Износу подвергаются все контактные поверхности режущей части инструмента, однако величина износа в различных точках отличается друг от друга. Точки на контактных площадках, которые находятся под большими нагрузками и более высокими температурами, будут изнашиваться быстрее. При внешнем осмотре многих инструментов можно установить, что в одних случаях основной износ наблюдается только по задней поверхности, в других – только по передней поверхности, а в третьих – одновременно и по задней и по передней поверхностям.

Помимо образования площадок износа наблюдаются разрушения инструмента в виде местного выкрашивания режущей кромки.

Одним из распространенных видов износа является абразивный износ, при котором разрушение материала осуществляется путем срезания и царапания твердыми и высокопрочными (по сравнению с разрушаемым материалом) частицами.

Молекулярное взаимодействие контактируемых поверхностей выражается в прилипании, схватывании, свариваемости частиц материалов. Такой вид износа называется адгезионным.

Способность атомов одного тела проникать (диффундировать) в другое тело, находящееся с ним в контакте, обусловливает третий вид износа – диффузионный износ.

На характер износа инструментов влияют физико-механические свойства как инструментального, так и обрабатываемого материала, режимы резания и другие условия обработки.

Износ по задней поверхности обычно наблюдается у инструментов, срезающих сравнительно малую толщину (до 0,15 мм) материала. Его обычно принято характеризовать высотой площадки.

Одновременный износ по задней и передней поверхностям наблюдается на инструментах, работающих с малыми или средними скоростями резания при толщине срезаемого слоя больше 0,10 мм. На передней поверхности образуется вогнутая площадка – лунка. Лунка обычно не примыкает непосредственно к режущей кромке, так как часто поверхность вдоль режущей кромки предохраняется от износа наростом. При резании твердосплавными инструментами нарост обычно не наблюдается, и поэтому износ происходит по всей контактной площадке, начиная от режущей кромки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Инструменты, срезающие слой толщиной больше 0,5 мм, при большой скорости резания и при отсутствии смазочно-охлаждающей жидкости, изнашиваются в основном по передней поверхности.

Величина износа по мере работы инструмента непрерывно увеличивается: наиболее интенсивно в начальный период работы, затем более или менее равномерно на протяжении некоторого промежутка времени и далее опять с возрастающей интенсивностью. Иногда износ возрастает очень резко, следствием чего является поломка инструмента.

В производстве допускается работать изнашивающимся инструментом только до некоторой величины, количественное выражение которой устанавливается по критерию износа. Наиболее распространенным критерием является величина оптимального износа инструмента, при которой обеспечивается наибольший срок службы инструмента с учетом его переточек.

Своевременная заточка и доводка инструмента позволяют не только восстановить его геометрические параметры, но способствуют улучшению качества обрабатываемых деталей, повышению производительности труда рабочих, позволяют сократить расход инструмента, способствуют ритмичной и бесперебойной работе металлорежущих станков. Так, если повысить класс чистоты на передней поверхности метчика с 6 до 8-го класса, то его стойкость возрастет почти в два раза.

Заточка сверл. Достижение высокой производительности и точности сверления отверстий можно обеспечить только при работе правильно заточенным сверлом (с одинаковыми по размеру и остроте режущими кромками, определенным углом при вершине сверла, симметрично расположенным относительно его оси).

Существуют различные формы заточки сверл, которые могут сопровождаться улучшением (подточкой) поперечной кромки и ленточки. Ниже перечисляются формы заточки, рис. 3.490:

- заточка нормальная (одинарная), применяется для сверления стали, стального литья, чугуна, обозначается буквой *Н*;
- заточка одинарная с подточкой поперечной кромки, применяется для сверления стального литья с пределом прочности до 505 МПа с неснятой коркой, обозначается буквами *НП*;
- заточка одинарная с подточкой поперечной кромки и ленточки, применяется при сверлении стали и стального литья с пределом прочности более 500 МПа со снятой коркой, обозначается буквами *НПЛ*;
- заточка двойная с подточкой поперечной кромки, применяется при сверлении стального литья с пределом прочности более 500 МПа с неснятой коркой и чугуна с неснятой коркой, обозначается буквами *ДП*;
- заточка двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки, применяется при сверлении стали и стального литья с пределом прочности более 500 МПа со снятой коркой и чугуна со снятой коркой, обозначается буквами *ДПЛ*.

Спиральное сверло при одинарной (нормальной) заточке имеет пять режущих кромок, симметрично расположенных относительно его оси: две главные кромки, две кромки ленточек и одну поперечную кромку. При двойной заточке образуются также две переходные кромки.

Главная кромка образуется пересечением поверхности винтовой канавки с задней поверхностью сверла. Кромки ленточек выполняют работу резания на длине, равной половине осевой подачи сверла. Поперечная кромка возникает от пересечения задних поверхностей.

Задняя поверхность сверла должна соприкасаться с дном отверстия (поверхностью резания) только по режущей кромке. Между остальными точками задней поверхности и поверхностью резания имеется зазор, без которого сверление становится невозможным. Наличие достаточного зазора оценивается по спаду задней поверхности.

У спиральных сверл изнашиваются передняя и задняя поверхности, ленточка и поперечная кромка. При работе по чугуну лимитирующим (ограничивающим стойкость сверла) является износ по задней поверхности со срезом уголков. При работе по стали лимитирующим является износ по ленточкам.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

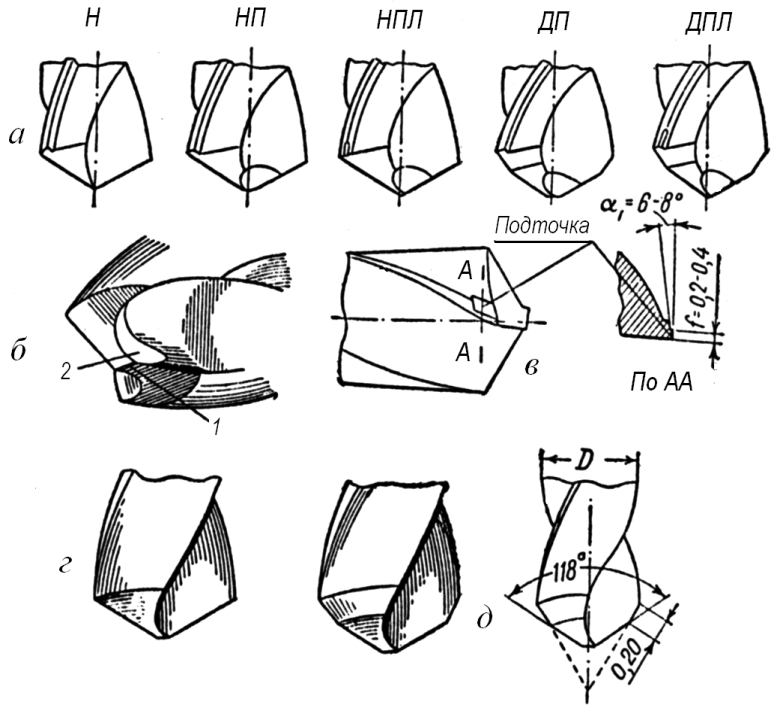


Рис. 3.490. Виды заточки сверл с подточками: *а* – заточки с подточками и их обозначение; *б* – сверло с подточенными поперечной кромкой *1* и передней поверхностью *2*; *в* – подточка ленточки; *г* – нормальная заточка сверла; *д* – двойная заточка

При переточке сверла необходимо полностью удалить следы износа на его ленточках.

Подточкой поперечной кромки уменьшают ее длину по мере стачивания режущей части сверла. Без подточки эта длина постепенно возрастала бы. Подточкой ленточки уменьшают ее ширину у режущей части сверла.

Сверла затачивают по форме *Н* до диаметра 12 мм. Сверла диаметром свыше 12 мм затачивают по остальным формам.

Сверла нужно затачивать своевременно, не доводя режущие кромки до полного затупления. О затуплении можно судить по звуку, напоминающему свист, возникающему при работе тупым сверлом.

Заточка сверла производится на специальных станках или на обычных заточных станках с приспособлением либо вручную. На больших предприятиях, как правило, заточка должна быть централизованной, однако слесарь обязан хорошо знать правила заточки и при необходимости уметь сам заточить сверло вручную на заточном станке.

При заточке вручную (рис. 3.491), опираясь левой рукой на подручник, удерживают сверло за спиральную часть как можно ближе к рабочему концу. Правой рукой охватывают хвостовик, слегка прижимая сверло к поверхности абразивного круга так, чтобы режущая кромка располагалась горизонтально и плотно прилегала задней поверхностью к кругу. Затем плавным движением правой руки, не отнимая сверла от круга, поворачивают его вокруг своей оси одновременно опуская правую руку вниз (рис. 3.492) и, соблюдая правильный наклон, затачивают заднюю поверхность. Заточку следует производит с охлаждением, периодически погружая конец инструмента в воду. Таким же способом затачивается другая режущая кромка сверла. После заточки задних поверхностей режущие кромки должны быть прямолинейны.

Начинающему слесарю значительно легче затачивать сверло на боковой поверхности шлифовального круга, рис. 3.493. В этом случае при заточке вручную сверло держат левой рукой за рабочую часть, возможно ближе к режущей части, а правой рукой – за хвостовик. Прижимая режущую кромку сверла к боковой поверхности шлифовального круга, плавным движением правой руки поворачивают сверло, добиваясь, чтобы его задняя поверхность получила правильный наклон и приняла надлежащую форму.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

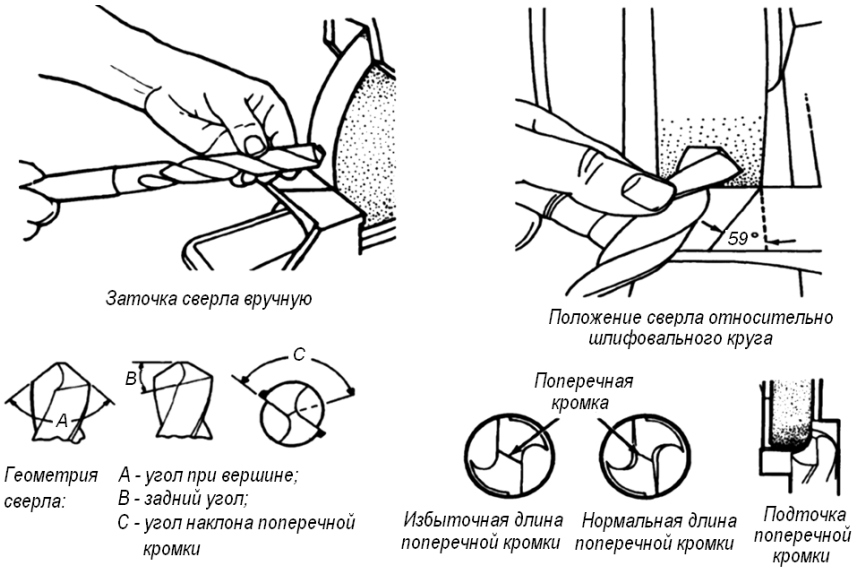


Рис. 3.491. Заточка сверла вручную

Снимать надо небольшие слои металла при несильном нажиме сверлом на круг. Необходимо следить за тем, чтобы режущие кромки имели одинаковую длину и были заточены под одинаковыми углами, при этом задний угол обеих режущих кромок должен быть одинаков, рис. 3.494. Сверла с режущими кромками неодинаковой длины будут сверлить отверстия большего диаметра (рис. 3.493, *г*), а с разными углами наклона кромок сверло уводит в сторону.

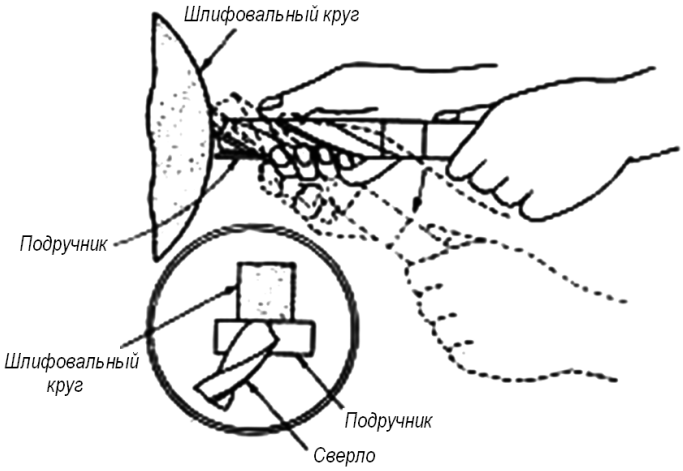


Рис. 3.492. Прием заточки задней поверхности

Чрезвычайно важно также, чтобы задний угол у режущих кромок был заточен правильно, в противном случае сверло не будет работать. Угол наклона режущих кромок к оси сверла должен составлять около 59°, т.е угол 2φ должен быть равен 118°. Только при таком угле режущие кромки получатся ровными. При всех же остальных углах они будут выходить искривленными. Для получения такой заточки сверло надо держать с уклоном в 59° к поверхности шлифовального круга, рис. 3.491.

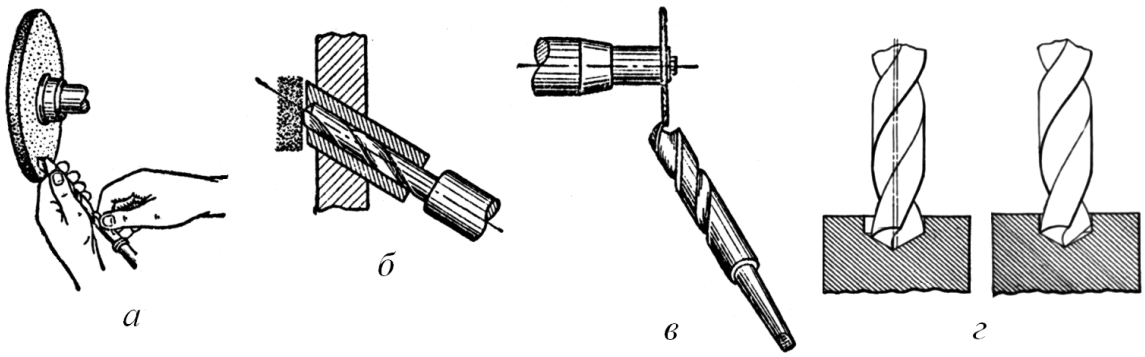


Рис. 3.493. Заточка сверла: *а* – вручную; *б* – заточка коротких сверл при помощи специальной втулки; *в* – подточка передней поверхности; *г* – увод в сторону (разбивка отверстия) при сверлении неправильно заточенным сверлом

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

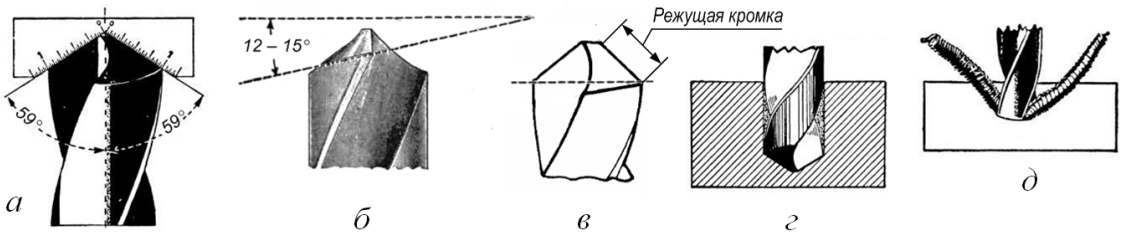


Рис. 3.494. Характер заточки сверла: *а* – угол при вершине; *б* – задний угол; *в* – режущая кромка; *г-д* – работа правильно заточенного сверла

Большое влияние на работу сверла оказывает угол при вершине 2φ. Если угол при вершине мал, стружка своим нижним краем будет задевать за стенку отверстия (рис.3.495, *а*) и условий для правильного образования стружки не будет.

На рис. 3.495, *б* показано сверло с нормальным углом заборного конуса. Край стружки в этом случае хорошо укладывается в канавку. Изменение угла при вершине изменяет длину режущей кромки и, следовательно, нагрузку на единицу ее длины. При увеличении угла при вершине нагрузка на единицу длины режущей кромки растет, при этом увеличивается сопротивление внедрению сверла в металл в направлении подачи. При уменьшении угла при вершине возрастает усилие, необходимое для вращения сверла, так как ухудшаются условия образования стружки и возрастает трение. Но при этом нагрузка на единицу длины режущей кромки уменьшается, толщина срезаемой стружки становится меньше и теплота от режущих кромок отводится лучше.

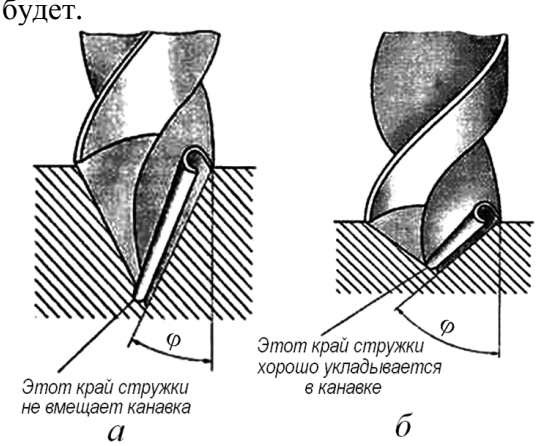


Рис. 3.495. Малый угол при вершине сверла (*а*) и нормальный (*б*)

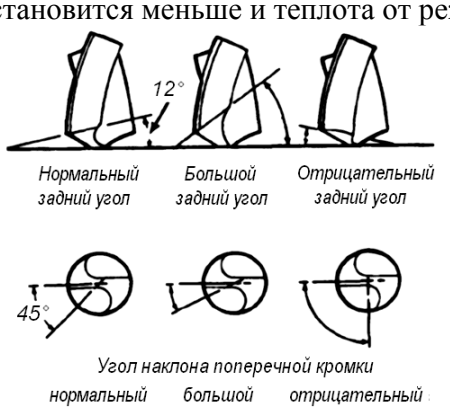


Рис. 3.496. Положение поперечной кромки сверла

При заточке задней поверхности нужно вращать сверло параллельно режущей кромке. Неправильно вращать его параллельно своей оси или вокруг оси.

После заточки задней поверхности сверла режущие кромки его должны стать прямолинейными, а угол наклона поперечной кромки должен быть равен 45°, рис. 3.496.

Улучшение работоспособности сверла, стойкости и точности сверления может быть достигнуто путем подточки главных и поперечной кромок, а также ленточек, рис. 3.497.

Применяется пять основных разновидностей подточки, улучшающих условия работы поперечной кромки сверла.

В первом случае стружкоотводящая канавка на передней поверхности поперечной кромки (рис. 3.498, *а*) образуется кругом радиусной формы, причем канавка касается поперечной кромки только в крайней ее точке.

Такая подточка рекомендуется для большинства встречающихся на практике случаев сверления, не требует высокой точности исполнения и дает небольшой расход круга.

Подточка, показанная на рис. 3.498, *б*, отличается тем, что стружкоотводящая канавка проходит непосредственно через поперечную кромку, заостряя ее.

Рис. 3.497. Подточка поперечной кромки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

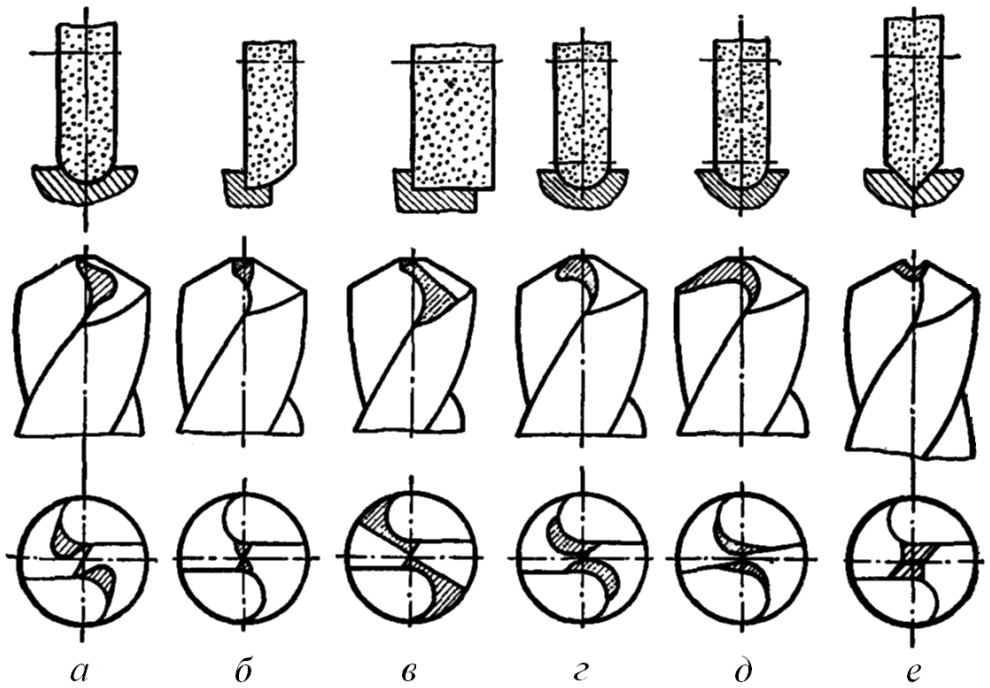


Рис. 3.498. Типы подточки поперечной кромки сверла: *а* – со стружкоотводящей канавкой, *б* – с увеличением передних углов на поперечной кромке, *в* – с увеличением передних углов на поперечной кромке и срезанием затылочной части пера, *г* – со срезанием части поперечной кромки, *д* – со срезанием части поперечной кромки и подточкой главных кромок, *е* – с прорезкой поперечной кромки

Следующая разновидность подточки (рис. 3.497, *в*) отличается применением более простой формы круга. При этом однако срезается затылочная часть пера и режущий клин пера ослабляется.

Для подточек типа *б* и *в* требуется более высокая квалификация работника, затачивающего инструмент, высокая точность исполнения; расход круга при подточках этого типа выше, чем при подточке инструмента типа *а*. Эти подточки инструмента применяются при глубоком сверлении легкообрабатываемых материалов.

Далее идут два типа подточек (рис. 3.498, *г, д)*, при которых поперечная кромка, образованная при заточке задних поверхностей, частично срезается и заменяется новой кромкой. Подточка типа *г* наиболее распространена на практике, но рекомендуется для сверления на глубину не более трех диаметров. Подточка, показанная на рис 3.498, *д*, применяется в тех случаях, когда необходимо дополнительно притупить или заострить главные кромки.

Подточка типа *е* (подточка Жирова) является дальнейшим развитием предыдущих подточек и приводит к полному срезанию первоначальной поперечной кромки. Такая подточка инструмента производится при сверлении чугуна.

Следует отметить, что сверла конструируются таким образом, что толщина перемычки увеличивается от вершины к концу стружечных канавок для увеличения прочности и жесткости. Обычно не подтачивают перемычку нового сверла, но после того, как примерно треть длины уходит на переточку, ширина поперечной режущей кромки сильно увеличивается и ее нужно подтачивать. Если этого не делать, то существенно возрастает осевая сила при сверлении. Получаемые таким сверлом отверстия могут иметь неправильную форму или выходить за пределы допуска, так как сверло перестает самоцентрироваться.

Подточку перемычки по возможности следует выполнять на специальном станке. При отсутствии такого станка хороший результат дает использование спрофилированного круга шириной, равной примерно половине ширины стружечной канавки. Равное количество металла должно быть удалено с обеих сторон поперечной кромки, до достижения размера, примерно равного 10% от диаметра сверла.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

На рис.3.499, *а* подточка в стружечных канавках выполнена равномерно. Одинаковое количество металла удалено с каждой стороны и поперечная режущая кромка значительно не уменьшилась.

Рис. 3.499. Правильная подточка поперечной кромки (*а*); слишком большая подточка (*б*) и неравномерная подточка (*в*)

На рис.3.499, *б* – подточка одинаковая, но слишком большое, количество металла удалено с поперечной режущей кромки, такое ослабление может привести к раскалыванию сверла.

На рис.3.499, *в* – с одной стороны поперечной кромки удалено большее количество металла – это приводит к дисбалансу сверла. Результатом может стать поломка сверла или получение отверстий, выходящих за пределы допуска.

При отсутствии навыка в заточке сверл, лучше всего проверять правильность заточки специальным шаблоном (рис. 3.500) или производить заточку на специальных заточных станках (рис. 3.501) которые позволяют получить требуемую геометрию режущей кромки.

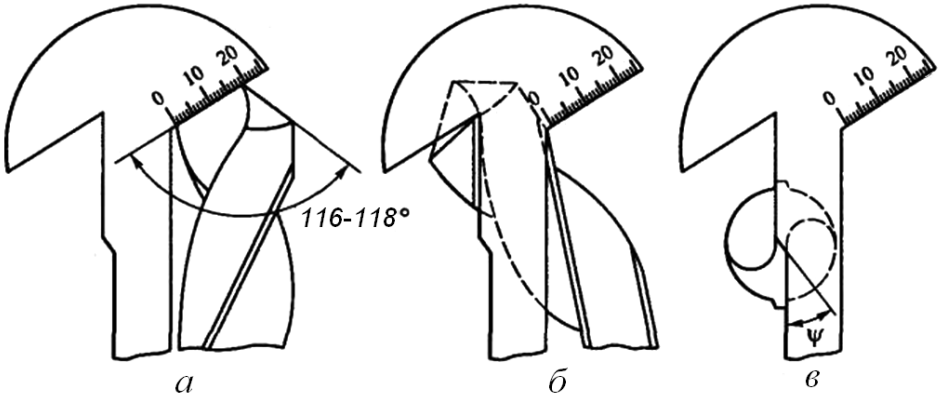


Рис. 3.500. Проверка углов сверла при заточке: *а* – проверка длины и угла наклона режущей кромки; *б* – проверка заточки задней поверхности; *в* – проверка угла наклона поперечной кромки

Заточка зенкеров. Цельные зенкеры с винтовыми канавками затачиваются на специальных сверлозаточных станках в приспособлениях, обеспечивающих образование плоских или винтовых задних поверхностей.

Зенкеры со вставными зубьями и оснащенные пластинками твердого сплава рекомендуется затачивать по задней и передней поверхностям на универсально-заточном станке с использованием универсальной заточной головки.

При сильном выкрашивании или затуплении режущих кромок зенкер следует предварительно заточить на простом заточном станке вручную.

Заточка разверток. Развертки являются высокоточным инструментом, требующим размерной и геометрической точности. Заточка разверток операция весьма ответственная и выполнение ее требует высокой квалификации. Эту операцию обычно выполняют на универсально-заточном станке в центрах.

Перед переточкой разверток должно быть проверено их радиальное биение в центрах. Центровые отверстия не должны иметь повреждений. Если развертка имеет биение, то необходима правка ее незакаленного хвостовика.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

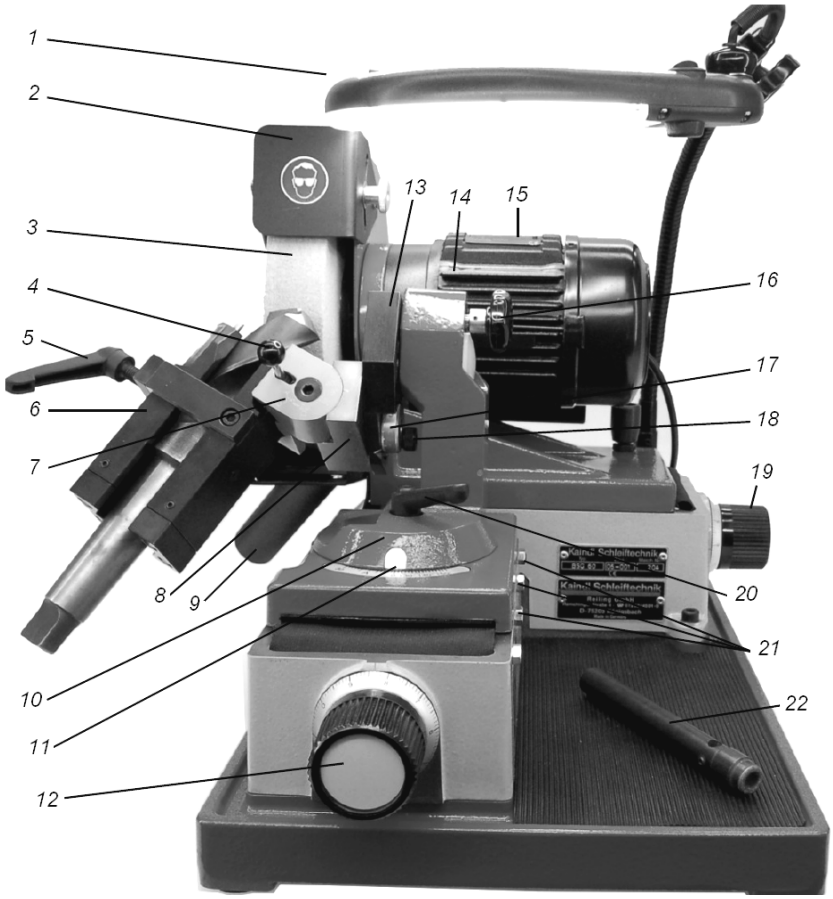


Рис. 3.501. Сверлозаточной станок BSG 60: *1* – оптика с подсветкой; *2* – защитный кожух шлифовального круга; *3* – корундовый шлифовальный круг; *4* – установочный рычаг для эксцентрикового зажима; *5* – зажимной рычаг призмы; *6* – зажимная призма 3-40 мм; *7* – гнездо призмы со шкалой для установки углов 90°, 118°, 180°; *8* – держатель гнезда призмы; *9* – патрубок для подключения к аспирации (дополнительная опция); *10* – стойка; *11* – установка угла при вершине сверла; *12* – подача призмы; *13* – приемная пластина с отверстиями фиксирования A1, A, B, C; *14* – двигатель; *15* – выключатель двигателя; *16* – установочный винт с грибковой ручкой; *17* – бесступенчатая установка угла затыловки; *18* – стопорный винт для установки угла затыловки; *19* – подача двигателя; *20* – зажимной рычаг стойки; *21* – установочные винты для направляющих; *22* – правящее алмазное приспособление

Важно вовремя перетачивать развертки, не допуская появления большого износа или повреждения. Если заборная часть развертки притупилась, то ее калибрующие зубья получают слишком высокую нагрузку и также могут быть изношены. Такой разверткой даже после переточки можно получить отверстие неверного диаметра. При переточке без СОЖ следует избегать перегрева, иначе можно получить прижог на быстрорежущих зубьях и трещины на твердосплавных.

У ручных, машинных и насадных разверток для цилиндрических отверстий перетачивается только заборная часть. Задний угол α режущего зуба должен быть 5-8°. Он может быть получен изменением высоты упора. У заточных станков с поворотной шпиндельной бабкой упор должен быть выставлен на высоту центров, а для получения требуемого заднего угла разворачивается шпиндельная бабка.

При сильном затуплении и выкрашивании режущих кромок заборной части следует предварительно заточить на простом заточном станке вручную, рис. 3.502.

Иногда необходимо переточить развертку по передней поверхности. При выполнении этой операции необходимо сохранить часть ленточки нетронутой. Величина переднего угла также не должна изменяться.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Заточка метчиков. Изношенный метчик склонен к выкрашиванию и поломкам, нарезанию неточных, рванных и некачественных резьб. При работе таким метчиком требуется большая мощность и больше времени для нарезания резьбы.

Метчик необходимо перетачивать, если закругление его режущей кромки на заборной части стало равным или больше, толщине срезаемой стружки. Экономически целесообразна только переточка метчиков больших размеров, т.е. больше М12.

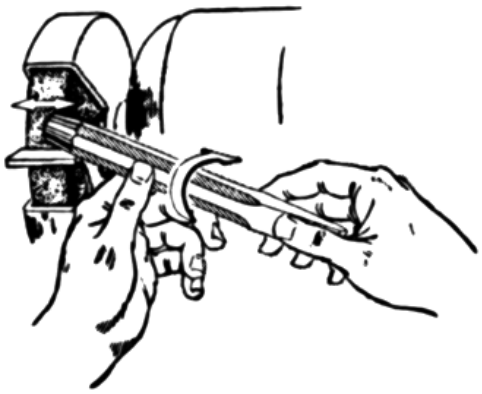


Рис. 3.502. Предварительная заточка заборной развертки

Переточка метчиков, по возможности, должна осуществляться только на специальных станках, а не вручную. Очень важно сохранить оригинальную геометрию заборной части, а также одинаковые передние и задние углы на всех режущих зубьях. Это может быть достигнуто только при использовании заточного станка.

Метчик изнашивается по режущим кромкам заборной части и наружному диаметру, в большей степени на заборной части. Эта часть метчика срезает большую часть металла и испытывает высокие нагрузки в процессе резьбонарезания. Поэтому иногда достаточно переточить только эту часть по задней поверхности, удаляя следы износа, а не перетачивать метчик полностью.

Заборная часть и соответствующее затылование витков должно быть одинаковым на всех зубьях метчика. Если это не выполняется, то резьба может получиться существенно больше требуемого размера, со срезанными витками, а метчик очень быстро прийти в негодность или сломаться.

При притуплении режущих кромок на калибрующей части переточке по передней поверхности подвергается весь метчик, рис. 3.503. Переточка должна выполняться на станке с точным позицированием по углу поворота метчика. При несоблюдении этого переточенный метчик может сломаться или нарезать резьбу большего диаметра.

Переточку по передней поверхности также можно применять, если невозможно переточить только заборную часть по заднему углу.

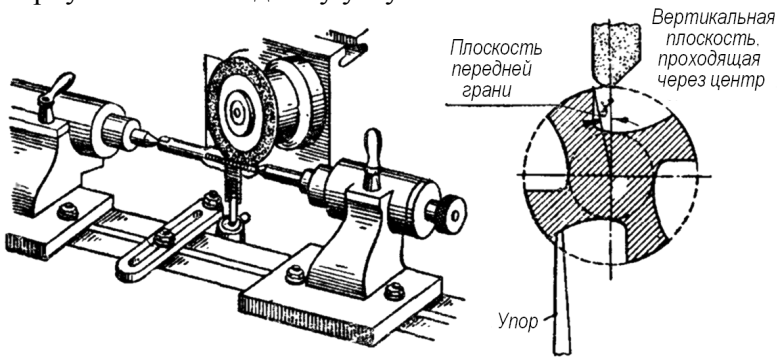


Рис. 3.503. Заточка метчика по передней поверхности

3.7.5 Контроль качества сверлильных работ

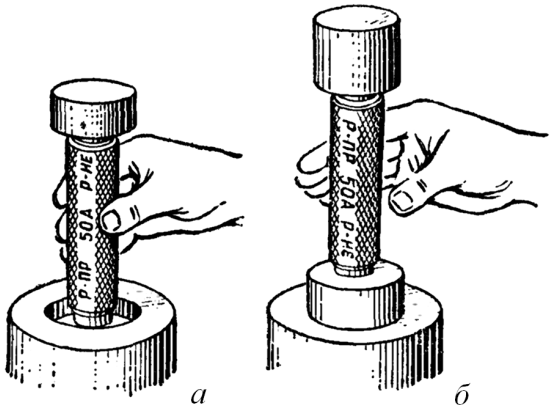
Диаметр просверленных отверстий проверяют штангенциркулем с точностью отсчета до 0,1 мм, или 0,05. Для измерения длин отверстий используют штангенглубиномеры.

В крупносерийном и массовом производстве отверстия контролируют предельными калибрами-пробками, рис.3.504. Если проходная пробка ПР без усилия проходит в отверстие, а непроходная НЕ – не проходит, то размер отверстия находится в пределах допуска.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Перед контролем калибром-пробкой полость отверстия очищают от стружки и протирают. Протирают отверстие и контролируют размер только после полной остановки вращения шпинделя. Калибры-пробки хранят в вертикальном положении или укладывают на панель из пенопласта.

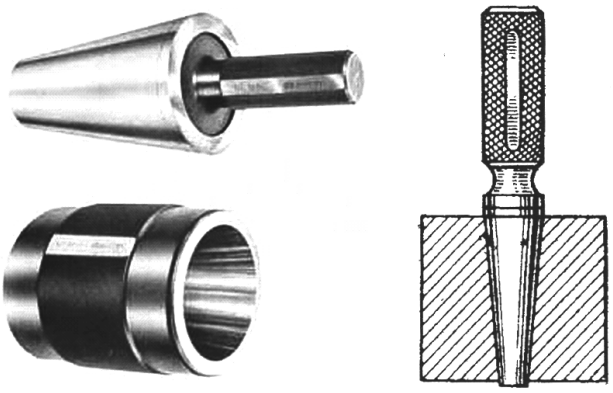
Погрешности формы отверстий в поперечном сечении (овальность, огранка) определяются измерениями в различных радиальных направлениях.



а *б*

Рис. 3.504. Прием проверки отверстий предельным калибром-пробкой: *а* – проверка отверстия проходной частью; *б* – непроходной частью

Форму конического отверстия проверяют конусным калибром (рис. 3.505) по плоскости соприкосновения конических поверхностей пробки и отверстия, а также по глубине прохода пробки в отверстие. Для этого на конусной поверхности калибра вдоль его оси проводят карандашом три-четыре линии примерно на равном расстоянии одна от другой. Затем калибр вставляют в конусное отверстие и с легким нажимом проворачивают его на $^1/_3$ оборота. Если линии стерлись по всей длине конусного отверстия равномерно, то плоскость развернута правильно. Допустимое осевое перемещение калибра ограничивается двумя кольцевыми рисками на конусе калибра.



а *б*

Рис. 3.505. Конусные калибры (*а*) и проверка конического отверстия калибром (*б*)

Для контроля точности положения отверстий преимущественно используются контрольные оправки. Расстояние от края отверстия до базовой плоскости определяется на контрольной плите измерением размеров от верхней образующей оправки, вставленной в отверстие, до плоскости плиты штангенрейсмасом или штангенглубиномером.

Отклонение от перпендикулярности торцовой плоскости относительно оси отверстий можно проверить по зазору между оправкой и угольником, установленным на торцевую поверхность.

Основные виды брака, возникающего при сверлении, и способы устранения причин вызывающих появление брака приведены в табл. 3.56.

Брак при развертывании может быть в результате неправильной эксплуатации инструмента и нарушения правил работы при развертывании отверстий на станке или вручную.

Виды брака при развертывании и способы его устранения приведены в табл. 3.57.

Таблица 3.56 **Виды брака при развертывании и способы его устранения**

Вид брака	Причина возникновения брака	Способ устранения
Не выдержаны размеры отверстия	Неправильная заточка сверла (разная длина режущих кромок, неодинаковый наклон их к оси)	Правильно заточить сверло по шаблону
	Биение шпинделя	Проверить и отрегулировать шпиндель
	Биение сверла	Проверить установку сверла
Смещение отверстия	Неправильная разметка	Правильно разметить отверстие и точно накернить его центр
	Увод сверла	Правильно заточить сверло, проверить его биение, производить пробное засверливание

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.56

Вид брака	Причина возникновения брака	Способ устранения
Перекос отверстия	Неправильная установка детали на столе сверлильного станка	Проверить установку и крепление детали
	Применение не параллельных подкладок	Заменить подкладки
	Попадание стружки под изделие	Перед установкой тщательно очистить стол
	Не перпендикулярность стола к шпинделю	Проверить перпендикулярность, выяснить и устранить причину
	Чрезмерный нажим на сверло при его подаче	Следить за нажимом сверла при ручной подаче
Не выдержана глубина сверления	Ошибка при отсчете по линейке и лимбу	Быть внимательным при сверлении
	Неправильная установка упоров	Проверить установку упоров
Грубая поверхность отверстия	Тупое сверло	Заточить сверло
	Неправильная заточка сверла	Заточить сверло по шаблону
	Большая подача	Уменьшить подачу
	Неправильный выбор охлаждающей жидкости, недостаток ее	Заменить жидкость или увеличить ее количество
	Налипание частичек металла на фаски	Удалить частички

Таблица 3.57 **Виды брака при развертывании и способы его устранения**

Вид брака	Причина возникновения брака	Способ устранения
Не выдержан размер отверстия по диаметру	Неправильно выбран диаметр развертки	Взять правильную по размеру развертку
	Имели место биения развертки	Применить развертку с качающейся оправкой
Остались следы предварительной обработки отверстия	Недостаточный припуск под развертывание	Увеличить величину припуска
	Грубая обработка отверстия под развертывание	Улучшить предварительную обработку отверстия
Поверхность отверстия имеет следы дробления	Завышенный припуск на развертывание	Уменьшить величину припуска
	Неправильные углы заточки зубьев развертки	Правильно заточить развертку
	Неправильное крепление развертки	Применить развертку качающейся оправкой
Поверхность имеет задиры и выхваты	Плохо заточенная или затупившаяся развертка	Правильно заточить развертку
	Завышенный припуск на обработку	Уменьшить припуск в соответствии с табличными данными
	Неудовлетворительное или недостаточное количество охлаждающей жидкости, особенно при обработке вязких металлов	Увеличить подачу охлаждающей жидкости, изменить ее состав

При нарезании резьбы также встречаются различные виды брака. Наиболее распространены следующие виды брака: поломка метчика в отверстии, рваная резьба, тупая резьба, срыв резьбы и др.

Поломка метчика в отверстии может происходить от невнимательности станочника, от работы затупленным метчиком, забивания канавок метчика отходящей стружкой и от непра-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

вильной термообработки метчика. Поломка метчика требует больших затрат времени на его извлечение и, кроме того, портит резьбу и даже приводит к браку детали. Для предотвращения поломки необходимо работать внимательно исправным и острым метчиком, чаще вынимать метчик для удаления стружки.

При нарезании резьбы в глухих отверстиях рекомендуется в отверстие закладывать мягкие пластмассы или смазку в виде мягкой пробки. При нарезании резьбы мягкая пробка выдавливается по канавкам метчика и увлекает за собой срезанную стружку. Применение мягких пробок повышает точность нарезки, производительность и стойкость метчика. Применение предохранительных патронов в этом случае обязательно.

Рваная резьба обычно получается при работе затупленным метчиком, при отсутствии смазки и при неправильной установке метчика относительно заготовки.

Для устранения этого вида брака следует применять исправный, правильно заточенный и острый метчик, применять смазку и охлаждение, что значительно улучшит условия резания, правильно, без перекосов, устанавливать метчик.

Тупая резьба получается тогда, когда диаметр просверленного под резьбу отверстия больше, чем это требуется для данного материала и размера резьбы. Правильно выбранный и выполненный диаметр отверстия в заготовке исключает этот вид брака.

Срез резьбы происходит обычно тогда, когда диаметр просверленного отверстия под резьбу меньше требуемого, когда применяется затупленный износившийся в работе метчик и когда стружка забивается в его канавках.

Для устранения срыва резьбы необходимо сверлить точный диаметр отверстия, применять метчик с острыми режущими лезвиями, чаще вынимать метчик и очищать его канавки от спрессованной стружки.

Для контроля внутренних резьб применяют предельные резьбовые калибры-пробки. Если в отверстие не проходит проходная калибр-пробка или проходит непроходная калибр-пробка, то изделие считается браком. В первом случае брак является исправимым и может быть устранен, если через резьбовое отверстие будет пропущен новый, исправный метчик, который увеличит диаметр резьбы.

Причиной исправимого брака в деталях является метчик с заниженным диаметром резьбы, что может быть следствием износа метчика в процессе предшествующей работы.

Контрольные вопросы

1. Что такое сверление и каким инструментом оно производится?
2. Как устроено спиральное сверло?
3. Какое значение имеет канавка на поверхности сверла?
4. Как устроена режущая часть у спирального сверла?
5. Как образуется стружка при сверлении?
6. Покажите на сверле угол заострения зуба сверла, режущие кромки, поперечную кромку, передние и задние поверхности. Какое значение имеет каждый из этих элементов?
7. Из каких углов составляется угол заточки сверла?
8. Почему при сверлении задняя поверхность иногда трется об металл?
9. Что называется скоростью резания?
10. Что называется подачей?
11. Какие виды движений осуществляются при сверлении?
12. От чего зависит продолжительность резания сверлом?
13. Какие способы используются для закрепления сверла в шпинделе сверлильного станка?
14. Как удаляют инструмент (сверло, зенковку, развертку) из отверстия шпинделя станка?
15. Как производится сверление по разметке, по кондуктору и по упору?
16. Какой диаметр сверла нужно брать для сверления, чтобы получить точное отверстие по заданному размеру?
17. Какие существуют способы контроля сверления глухих отверстий на заданную глубину на сверлильном станке?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

18. Почему сверление больших отверстий выполняют в два прохода? Как определить диаметр сверла для первого прохода?
19. Какие ручные и механические приспособления применяются при сверлении?
20. Как надо держать сверло во время заточки вручную и как проверить заточенное сверло?
21. Как укрепляют обрабатываемое изделие на столе сверлильного станка?
22. Что произойдет, если во время сверления держать изделие руками?
23. Перечислите причины поломки сверла во время работы?
24. Что предпринимают, если во время работы сверло увело в сторону?
25. Что такое зенкование и что такое зенкерование?
26. Когда применяют в работе зенкерование и зенкование?
27. Что такое развертывание и в каких случаях оно применяется?
28. Как устроена развертка?
29. Как производится развертывание вручную и на сверлильном станке?
30. Как производится выбор диаметров сверла, зенкера и развертки?
31. Какими способами, какими инструментами и в какой последовательности обрабатываются точные отверстия?
32. Какие требования безопасности труда нужно соблюдать при работе на сверлильных станках?
33. Какие требования безопасности труда нужно соблюдать при работе с электрическими и пневматическими дрелями?
34. Из каких основных частей состоят вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки и по какому основному признаку они различаются?
35. Какой параметр технической характеристики сверлильных станков является главным?
36. Что называют вылетом шпинделя и как его определяют на вертикально-сверлильных и радиально-сверлильных станках?
37. Как устанавливается заготовка на сверлильном станке?
38. Для чего служит и какую имеет форму главное отверстие шпинделя?
39. Как устанавливаются на сверлильном станке сверла с цилиндрическим и коническим хвостовиками?
40. Как регулируются и какими параметрами определяются частота вращения и подача шпинделя?
41. Как определяется диаметр рабочей части режущего инструмента, окончательно обрабатывающего отверстие?
42. Чем отличается зенкер от сверла, а развертка от зенкера?
43. Как называются и для чего служат разновидности зенкера?

3.8 Нарезание резьбы

3.8.1 Безопасность труда при нарезании резьбы

Инструмент для нарезания резьбы – ручки воротков, леркодержателей и гаечные ключи должен иметь чистую гладкую поверхность. Запрещается пользоваться ключами и воротками с погнутыми рукоятками или рукоятками, имеющие зазубрины и заусенцы. При нарезании резьбы запрещается сдувать стружку или удалять ее пальцами. Для удаления стружек с тисков или резьбовых ниток необходимо пользоваться щеткой или ветошью. В процессе работы следует остерегаться ранений рук о заусенцы и выступающие острые кромки заготовок.

После работы с метчиков, плашек и воротков необходимо тщательно смыть керосином вареное масло, протереть инструмент чистой сухой ветошью и смазать тонким слоем машинного масла.

Полимеризованные, или вареные, масла получаются длительным нагреванием жидких жиров без катализаторов и без доступа воздуха. Температура при варке достигает 250-300 °С. Процесс варки проводится до сообщения маслу желаемой густоты. Процессу уплотнения варкой в промышленном

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

масштабе подвергаются растительные масла – льняное, древесное и касторовое. Наибольшее распространение получило полимеризованное льняное масло. В зависимости от степени густоты вареное масло носит название жидкой типографской олифы – штандоль (Standol) и диколь (Dickol).

Резьбонарезной инструмент необходимо хранить по комплектам в деревянных футлярах, а измерительный – в мягких футлярах. Отдельные неукомплектованные инструменты (воротки и т.п.) следует хранить в специальных пирамидах, а метчики – в специально высверленных отверстиях в деревянных брусках.

3.8.2 Общее понятие о резьбе и ее элементах

Большое распространение в современном машиностроении получили разъемные соединения деталей машин, осуществляемые с помощью резьбы. Резьбовое соединение может обеспечивать относительную неподвижность деталей или перемещение одной детали относительно другой. Основным соединяющим элементом в резьбовом соединении является резьба.

Резьбой называется поверхность, образованная при винтовом движении плоского контура по цилиндрической или конической поверхности. При этом образуется винтовой выступ соответствующего профиля, ограниченный винтовыми и цилиндрическими или коническими поверхностями, рис. 3.506.

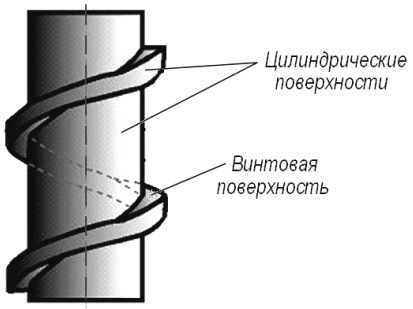


Рис. 3.506. Винтовой выступ

Понятие о винтовой линии. Если на какой-нибудь цилиндр (рис. 3.507) навернуть бумажный прямоугольный треугольник, один катет которого (сторона *AB*), равный длине окружности основания цилиндра, совпадает с этой окружностью, то гипотенуза (сторона *AC*) образует на цилиндрической поверхности кривую. Такую кривую называют винтовой линией.

Прямоугольный треугольник можно навивать на цилиндр в двух направлениях – по часовой стрелке или против часовой стрелки. Поэтому различают два вида винтовых линий. Если винтовая линия при навивании треугольника на цилиндр, удаляясь от основания, постепенно поднимается вправо, то она называется правой. Если же винтовая линия, удаляясь от основания цилиндра, поднимается влево, то она называется левой.

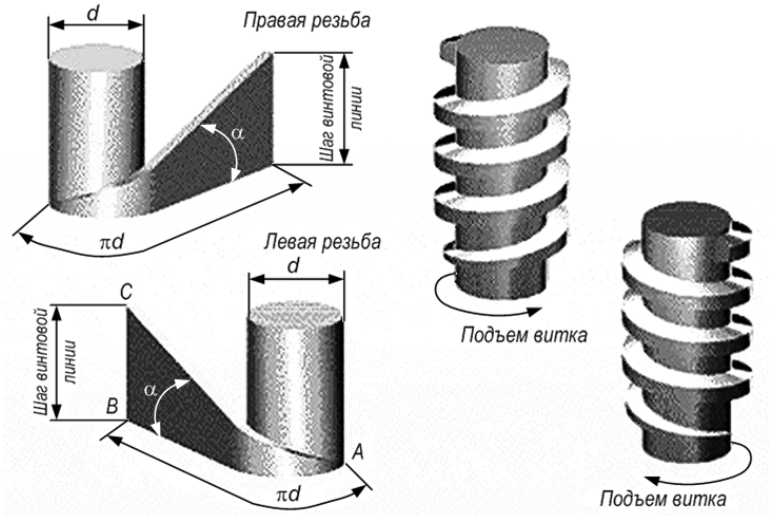


Рис. 3.507. Образование винтовой линии

Или, если подъем резьбы винта, положенного на ладонь правой руки (рис. 2.628, *б*), совпадает с направлением отогнутого большого пальца, эта резьба правая. Совпадение подъ-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ема резьбы с направлением отогнутого большого пальца левой руки указывает, что данная резьба левая, рис. 3.508, *а*.

На винт с правой резьбой гайка навертывается при вращении вправо (по часовой стрелке), на винт с левой резьбой при вращении влево (против часовой стрелки).

Расстояние (по высоте цилиндра), на протяжении которого винтовая линия делает полный оборот (длина отрезка *BC*), называется шагом винтовой линии.

Угол, под которым поднимается винтовая линия (угол между катетом *AB* и гипотенузой *AC*), называется углом подъема винтовой линии.

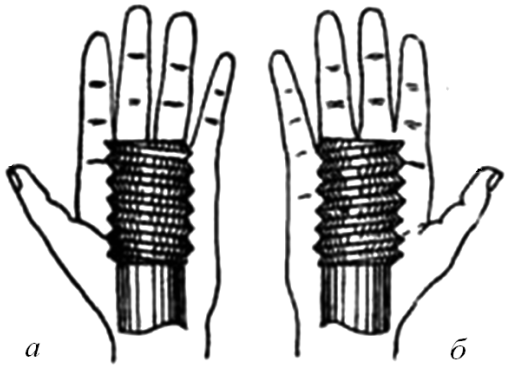


Рис. 3.508. Левая (*а*) и правая (*б*) резьбы

Понятие о резьбе. Если на цилиндрической поверхности прорезать винтовую канавку, то получится резьба, форма которой будет зависеть от формы прорезанной канавки. Винтовая канавка называется впадиной резьбы, а винтовой выступ на протяжении одного полного оборота – витком, или ниткой, рис. 3.509. Цилиндрический стержень, имеющий на некоторой части или на всей длине винтовую нарезку, называется винтом.

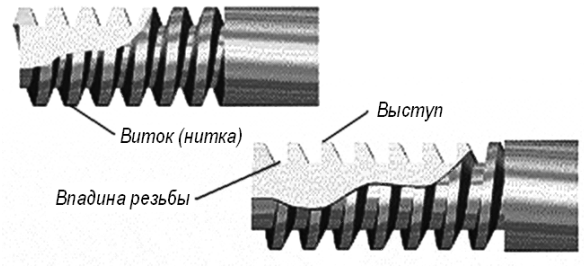


Рис. 3.509. Винт

Классифицировать резьбы можно по многим признакам: по форме профиля (треугольная, трапецеидальная, упорная, прямоугольная, круглая и др.); по форме поверхности (цилиндрическая, коническая); по расположению (наружная, внутренняя); по числу заходов (однозаходная, многозаходная); по направлению заходов (правая, левая); по величине шага (с крупным, с мелким); по эксплуатационному назначению (крепежная, крепежно-уплотнительная, ходовая, специальная).

Формой, или профилем, резьбы винта называется контур (очертание) впадины и выступа, которые можно было бы увидеть, разрезав резьбу вдоль оси винта. На рис. 3.510 показаны различные профили резьбы.

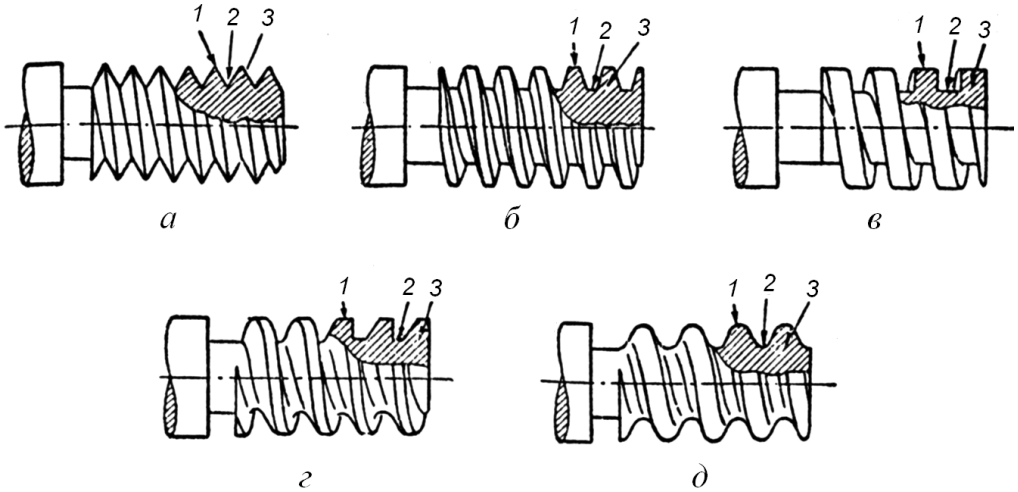


Рис. 3.510. Профили резьбы: *а* – треугольная; *б* – трапециидальная; *в* – прямоугольная; *г* – упорная (пилообразная); *д* – круглая; *1* – выступ; *2* – впадина; *3* – профиль (очертание)

Крепежные резьбы (метрическая, дюймовая) предназначены для скрепления деталей; крепежно-уплотнительные (трубные, конические) применяют в соединениях, требующих не только прочности, но и герметичности; ходовые резьбы (трапецеидальная, упорная, пря-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

моугольная) служат для передачи движения и применяются в передачах винт-гайка; специальные резьбы (круглая, окулярная, часовая и др.) имеют специальное назначение.

Резьбы по числу ниток разделяются на одноходовые, двух-, трех- и многоходовые. Их называют еще соответственно однозаходными, или одноконцевыми, двух-, трех и многозаходными, или двух-, трех- и многоконцевыми. Уже при числе ниток больше одной резьбу часто называют многоходовой или многозаходной.

Определение числа ходов многоходовой резьбы, как у винта, так и у гайки производится путем подсчета числа концов витков на торцевой части винта или гайки. Для этого нужно посмотреть в торец. Если винт одноходовой, то он заканчивается одним концом, двухходовой – двумя концами, трехходовой – тремя концами и т.д.; так же и гайки.

Элементы резьбы. Все резьбы делятся на две группы – стандартные и нестандартные; у стандартных резьб все их параметры определяются стандартами.

Каждая резьба имеет следующие главные элементы (рис. 3.511): шаг резьбы, угол профиля резьбы, глубину резьбы, наружный, средний и внутренний диаметр резьбы.

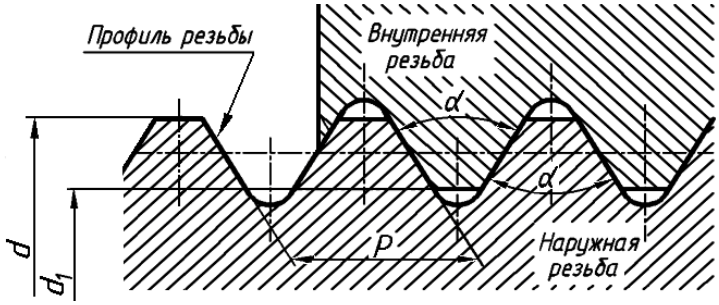


Рис. 3.511. Профиль и основные параметры резьбы

Угол профиля резьбы α – угол между боковыми сторонами профиля.

Наружный диаметр резьбы d – это диаметр воображаемого цилиндра, описанного вокруг вершин наружной или впадин внутренней резьбы.

Внутренний диаметр резьбы d_1 – наименьший диаметр воображаемого цилиндра, вписанного во впадины наружной резьбы или в вершины той же резьбы в отверстии.

Расстояние t, на которое передвигается винт в гайке при совершении им одного полного оборота, называется ходом резьбы, а расстояние между началом и концом каждого хода, измеренное по образующей цилиндра, называется шагом P резьбы.

В треугольной резьбе шаг P – это расстояние между вершинами двух соседних витков. В треугольной, трапециидальной и упорной резьбах шагом P считают расстояние между одинаково расположенными сторонами двух соседних витков. В одноходовых винтах шаг и ход равны ($t = P$), в многозаходной ход резьбы равен произведению шага P на число заходов n ($t = P \times n$), т.е. в двухходовых ход равен двойному шагу, в трехходовых ход равен тройному шагу и т.д., рис. 3.512.

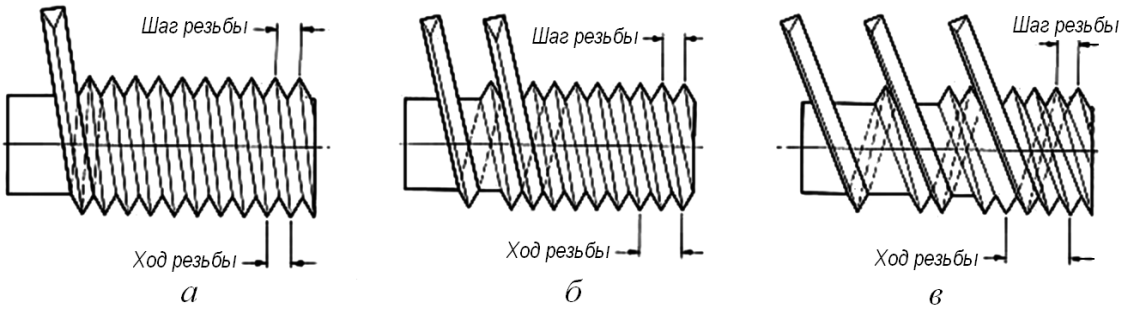


Рис. 3.512. Одно- (*а*), двух- (*б*) и трехзаходная резьба

Длина резьбы – длина участка резьбы с полным профилем, рис. 3.513.

Чтобы облегчить ввинчивание резьбового стержня, на конце резьбы выполняют коническую фаску, как правило, под углом 45°.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

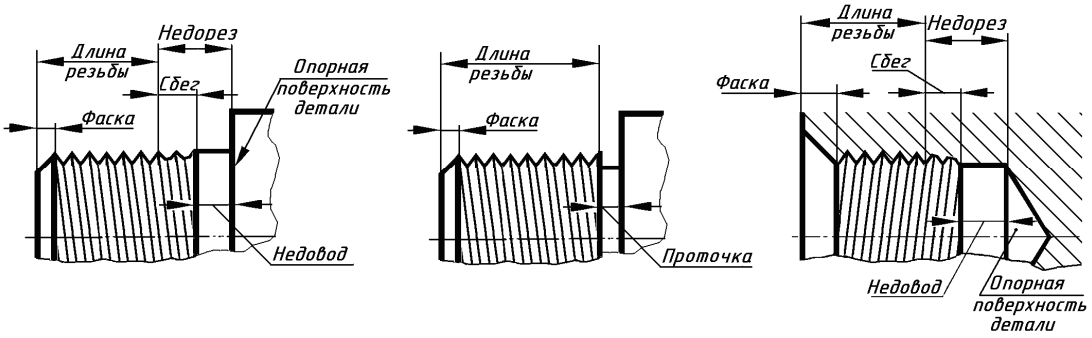


Рис. 3.513. Конструктивные элементы резьбы

Фаска – конический участок в начале стержня или отверстия. Условно размер фаски можно принять равным шагу резьбы.

Сбег резьбы – участок резьбы с неполным профилем в зоне перехода от резьбы к гладкой части детали.

Недовод резьбы – участок ненарезанной части поверхности между концом сбега и опорной поверхностью детали.

Недорез резьбы включает в себя сбег и недовод резьбы. В случае если требуется устранить сбег или недорез резьбы, выполняют проточку.

Проточка – кольцевой желобок на стержне или кольцевая выточка в отверстии для выхода резьбонарезающего инструмента чтобы устранить сбег резьбы.

Типы резьбы. Существуют различные типы резьбы. Рассмотрим стандартные резьбы общего назначения.

Треугольные резьбы. В России в машиностроении приняты три системы треугольных резьб – метрическая, дюймовая и трубная.

Метрическая резьба имеет исходный профиль в виде равностороннего треугольника с высотой *H* и углом при вершине 60°, вершины профиля срезаны, а впадины притуплены (рис. 3.514), что необходимо для уменьшения концентрации напряжений и по технологическим соображениям (для увеличения стойкости резьбонарезного и резьбонакатного инструмента и во избежание заедания при откручивании). Форма впадины резьбы болта может быть закругленной или плоскосрезанной. В резьбе предусмотрен радиальный зазор, который делает ее негерметичной.

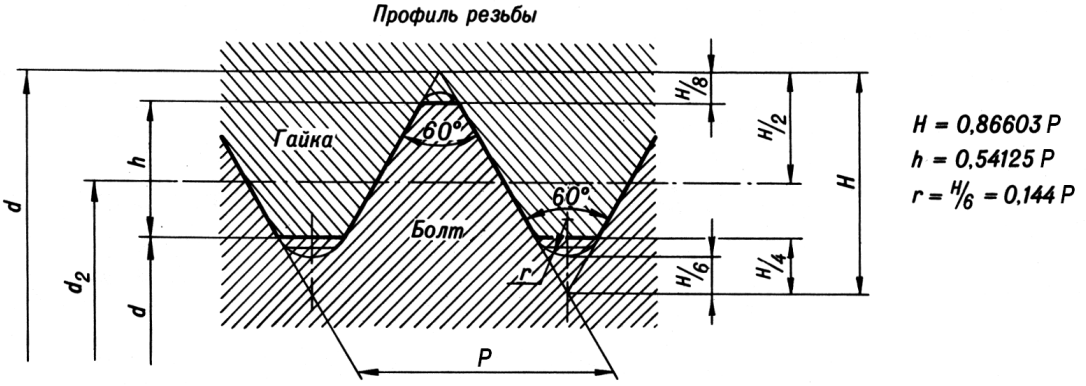


Рис. 3.514. Метрическая резьба

По стандарту метрические резьбы делятся на резьбы с крупным и мелким шагом. При одном и том же номинальном диаметре метрическая резьба может иметь один крупный и пять мелких шагов, например, при номинальном диаметре 20 мм метрическая резьба имеет крупный шаг, равный 2,5 мм, и пять мелких шагов, равных 2; 1,5; 1; 0,75; 0,5 мм. Резьбы с мелким шагом имеют меньшую высоту профиля и меньше ослабляют сечение детали; кроме того, эти резьбы имеют меньшие углы подъема резьбы и обладают повышенным самоторможением. Поэтому резьбы с мелким шагом применяют для соединения мелких тонкостенных деталей и при действии динамических нагрузок на крепежные соединения.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В машиностроении, а следовательно и в ремонтном деле основное применение находит метрическая резьба с крупным шагом как более прочная и менее чувствительная к ошибкам изготовления и износу. Крепежные резьбовые детали имеют обычно правую однозаходную резьбу; левая резьба применяется редко. В табл. 3.58 приведены диаметр и шаг резьб общего назначения.

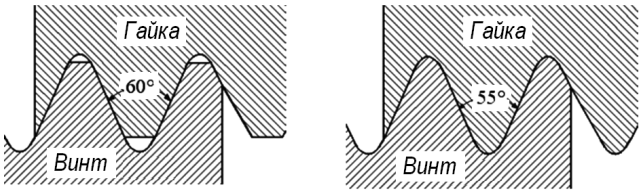
Таблица 3.58 **Диаметры и шаги резьб общего назначения по ГОСТ 8724-81 (СТ СЭВ 181-75)**

Диаметр резьбы, мм			Шаг резьбы, мм	
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд	Крупный	Мелкий
2	—	—	0,4	0,25
—	2,2	—	0,45	0,25
2,5	—	—	0,45	0,35
3	—	—	0,5	0,35
—	3,5	—	(0,6)*	0,35
4	—	—	0,7	0,5
—	4,5	—	(0,75)	0,5
5	—	—	0,8	0,5
6	—	—	1	0,74; 0,5
—	—	7	1	0,74; 0,5
8	—	—	1,25	1; 0,75; 0,5
—	—	9	(1,25)	1; 0,75; 0,5
10	—	—	1,5	1,25; 1; 0,75; 1
—	—	11	(1,5)	1; 0,75; 0,5
12	—	—	1,75	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
—	14	—	2	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5
16	—	—	2	1,5; 1; 0,75; 0,5
20	—	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
—	22	—	2,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5
24	—	—	3	2; 1,5; 1; 0,75
—	—	25	3	2; 1,5; (1)
—	27	—	3	2; 1,5; 1; 0,75
30	—	—	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
—	33	—	3,5	(3); 2; 1,5; 1; 0,75
36	—	—	4	3; 2; 1,5; 1
—	39	—	4	3; 2; 1,5; 1
42	—	—	4,5	(4); 3; 2; 1,5;1
—	45	—	4,5	(4); 3; 2; 1,5;1
48	—	—	5	(4); 3; 2; 1,5;1
—	52	—	5,5	(4); 3; 2; 1,5;1
58	—	—	5,5	4; 3; 2; 1,5; 1
—	60	—	(5,5)	4; 3; 2; 1,5; 1
64	—	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1
—	68	—	6	4; 3; 2; 1,5; 1

Примечание. * Шаг резьб, отмеченный в скобках, стандарт не рекомендует применять.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Дюймовая резьба. Унифицированная дюймовая резьба (резьба Селлерса) имеет треугольный профиль с углом при вершине 60°. Вершины выступов винта и гайки плоско срезаны, по наружному и внутреннему диаметру резьбы имеют зазоры, рис. 3.515, *а*. Дюймовая резьба Витворта имеет угол при вершине 55°, рис. 3.515, *б*.



а *б*

Рис. 3.515. Дюймовая унифицированная (машиностроительная) резьба (*а*) и резьба Витворта (*б*)

Дюймовая резьба характеризуется числом ниток, которое приходится на 1 дюйм (25,4 мм) ее длины, и тем, что наружный диаметр резьбы (диаметр болта) измеряется в дюймах, табл. 3.59.

Таблица 3.59 **Диаметр и шаг дюймовых резьб**

Резьба	Наружный диаметр резьбы, мм	Число ниток резьбы на дюйм				
		Машиностроительная (унифицированная) резьба			Резьба Витворта	
		Особо мелкая, для специального применения (UNEF)	Мелкая (UNF)	Крупная (UNC)	Мелкая	Крупная
№0	1,524	—	80	—	—	—
1/16	1,588	—	—	—	60	—
№1	1,854	—	72	64	—	—
№2	2,184	—	64	56	—	—
3/32	2,381	—	—	—	48	—
№3	2,515	—	56	48	—	—
№4	2,845	—	48	40	—	—
№5	3,175	—	44	40	—	—
1/8	3,175	—	—	—	40	—
№6	3,505	—	40	32	—	—
5/32	3,969	—	—	—	32	—
№8	4,166	—	36	32	—	—
3/16	4,763	—	—	—	24	32
№10	4,826	—	32	24	—	—
№12	5,486	32	28	24	—	—
7/32	5,556	—	—	—	24	28
1/4	6,35	32	28	20	20	26
9/32	7,142	—	—	—	—	26
5/16	7,938	32	24	18	18	22
3/8	9,525	32	24	16	16	20
7/16	11,11	28	20	14	14	18
1/2	12,700	28	20	13	12	16
9/16	14,29	24	18	12	12	16
5/8	15,88	24	18	11	11	14
11/16	17,462	24	—	—	—	—
3/4	19,05	20	16	10	10	14
13/16	20,638	20	—	—	—	—

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.59

Резьба	Наружный диаметр резьбы, мм	Число ниток резьбы на дюйм				
		Машиностроительная (унифицированная) резьба			Резьба Витворта	
		Особо мелкая, для специального применения (UNEF)	Мелкая (UNF)	Крупная (UNC)	Мелкая	Крупная
7/8	22,23	20	14	9	9	12
15/16	23,812	20	—	—	—	—
1	25,400	20	12	8	8	11
1 1/16	26,988	18	—	—	—	—
1 1/8	28,58	18	12	7	7	10
1 1/4	31,75	18	12	7	7	9
1 5/16	33,338	18	—	—	—	—
1 3/8	34,93	18	12	6	6	9
1 7/16	36,512	18	—	—	—	—
1 1/2	38,100	18	12	6	6	8
1 9/16	39688	18	—	—	—	—
1 5/8	41,275	18	—	5	5	8
1 11/16	42,862	18	—	—	—	—
1 3/4	44,45	—	—	4,5	5	8
1 7/8	47,625	—	—	—	4,5	7
2	50,800	—	—	4,5	4,5	7
2 1/4	57,150	—	—	4,5	4	6
2 1/2	63,500	—	—	4	4	6
2 3/4	69,850	—	—	4	3,5	6
3	76,200	—	—	4	3,5	5
3 1/4	82,550	—	—	4	3,25	5
3 1/2	88,900	—	—	4	3,25	4,5
3 3/4	95,250	—	—	4	3	4,5
4	101,600	—	—	4	3	4,5

Трубная дюймовая резьба имеет профиль дюймовой резьбы, но она имеет более мелкий шаг и отличается другими элементам от дюймовой резьбы. Измеряется в дюймах и характеризуется числом витков на 1 дюйм. За диаметр резьбы принят условно внутренний диаметр трубы (диаметр отверстия), а не наружный. Вершины выступов винта и гайки сделаны плоско срезанными или закругленными.

Плоско срезанный профиль применяется для резьб обычных трубных соединений, рассчитанных на невысокое давление, с уплотнением льняными нитями или пряжей с краской – суриком. Наилучшие результаты достигаются при уплотнении резьбы фторопластовой лентой ФУМ.

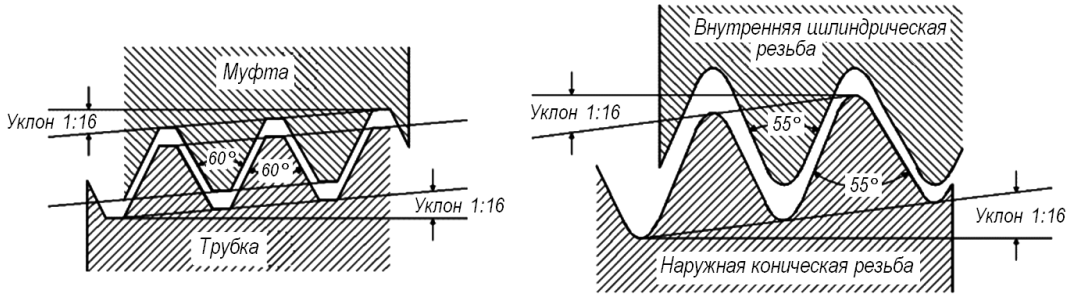
Закругленный профиль придают трубным резьбам в тех случаях, когда к плотности (непроницаемости) трубных соединений предъявляются повышенные требования. В табл. 3.60 приведены диаметр и шаг трубных резьб.

Коническая дюймовая резьба с углом профиля 60° (ГОСТ 6111-52) применяется для герметических соединений в трубопроводах машин и станков; нарезается на конической поверхности с конусностью 1:16, рис. 3.516, *а*. В табл. 3.61 приведены диаметры и шаги конических дюймовых резьб.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.60 **Диаметр и шаг трубных резьб**

Резьба	Наружный диаметр резьбы, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Резьба	Наружный диаметр резьбы, мм	Число ниток резьбы на дюйм
G 1/8"	9,73	28	G 1 1/2"	47,80	11
G 1/4"	13,16	19	G 1 3/4"	53,74	11
G 3/8"	16,66	19	G 2"	59,61	11
G 1/2"	20,95	14	G 2 1/4"	65,71	11
G 5/8"	22,91	14	G 2 1/2"	75,18	11
G 3/4"	26,44	14	G 2 3/4"	81,53	11
G 7/8"	30,20	14	G 3"	87,88	11
G 1"	33,25	11	G 3 1/4"	93,98	11
G 1 1/8"	37,90	11	G 3 1/2"	100,33	11
G 1 1/4"	41,91	11	G 3 3/4"	106,68	11
G 1 3/8"	44,32	11	G 4"	113,03	11



а *б*

Рис. 3.516. Коническая дюймовая (*а*) и коническая трубная (*б*) резьба

Таблица 3.61 **Диаметры и шаги конических дюймовых резьб**

Диаметр резьбы в дюймах	Наружный диаметр, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр резьбы в дюймах	Наружный диаметр, мм	Число ниток резьбы на дюйм
1/16"	7,895	27	2 1/2"	72,699	8
1/8"	10,242	27	3"	88,608	8
1/4"	13,616	18	3 1/2"	101,316	8
3/8"	17,055	18	4"	113,973	8
1/2"	21,223	14	5"	141,300	8
3/4"	26,568	14	6"	168,275	8
1"	33,228	11,5	8"	219,075	8
1 1/4"	41,985	11,5	10"	273,050	8
1 1/2"	48,054	11,5	12"	323,850	8
2"	60,092	11,5			

Трубная коническая резьба имеет профиль, аналогичный профилю резьбы трубной цилиндрической; применяется в вентилях и газовых баллонах. Возможно соединение труб, имеющих коническую резьбу (конусность 1:16), с изделиями, имеющими трубную цилиндрическую резьбу (ГОСТ 6211-81), рис. 3.516, *б*. В табл. 3.62 приведены диаметр и шаг конических трубных резьб.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.62 **Диаметр и шаг конических трубных резьб**

Резьба трубная		Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Число ниток резьбы на дюйм
Наружная коническая	Внутренняя цилиндрическая			
R 1/16"	Rp 1/16"	3	7,723	28
R 1/8"	Rp 1/8"	6	9,728	28
R 1/4"	Rp 1/4"	8	13,157	19
R 3/8"	Rp 3/8"	10	16,662	19
R 1/2"	Rp 1/2"	15	20,995	14
R 3/4"	Rp 3/4"	20	26,441	14
R 1"	Rp 1"	25	33,249	11
R 1 1/4"	Rp 1 1/4"	32	41,910	11
R 1 1/2"	Rp 1 1/2"	40	47,803	11
R 2"	Rp 2"	50	59,614	11
R 2 1/2"	Rp 2 1/2"	65	75,184	11
R 3"	Rp 3"	80	87,884	11
R 4"	R 4"	100	113,030	11
R 5"	Rp 5"	125	138,430	11
R 6"	Rp 6"	150	163,830	11

Трапецеидальная резьба применяется для преобразования вращательного движения в поступательное при значительных реверсивных нагрузках. Профиль трапецеидальной резьбы – равнобокая трапеция с углом между боковыми сторонами 30°, рис. 3.517. Для каждого диаметра резьба может быть однозаходной и многозаходной, правой и левой, табл. 3.63.

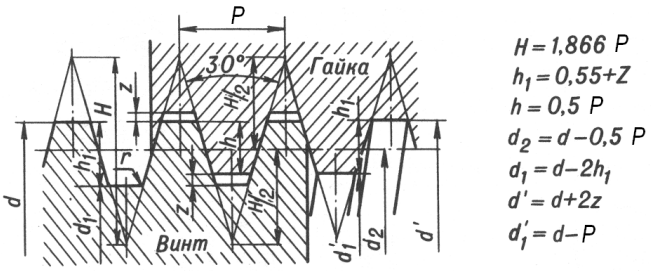


Рис. 3.517. Резьба трапецеидальная

Резьба упорная служит для передачи движения с большими осевыми нагрузками и применяется при односторонних нагрузках, например для грузовых винтов домкратов и прессов, причем усилие воспринимается стороной, имеющей угол наклона 3° и имеет профиль неравнобокой трапеции с углами наклона боковых сторон к прямой, перпендикулярной оси резьбы, равными 3 и 30°, рис. 3.518. Впадины профиля закруглены, для каждого диаметра (начиная с 20 мм) имеется три различных шага, табл. 3.64.

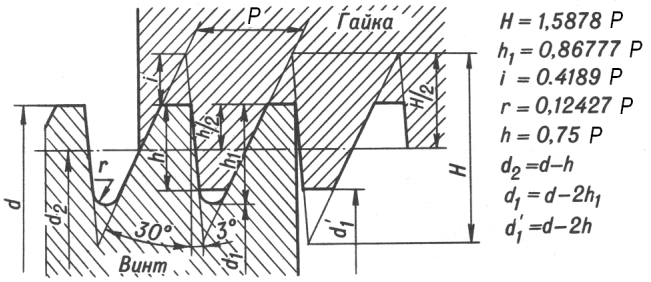


Рис. 3.518. Резьба упорная

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.63 **Диаметр и шаг трапецеидальных резьб**

Диаметр резьбы *d*, мм			Шаг *P*, мм			Зазор z, мм
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд				
10; 12	14	—	3	2	—	0,25
16; 20	18	—	3	2	—	0,25
26	22; 28	24	8	5	—	0,5
			—	—	2	0,25
36; 40	36	30; 34; 28; 42	10	6	—	0,5
			—	—	2	0,25
50; 60	44; 55	46; 48; 52	12	8	—	0,5
			—	—	3	0,25
80	70	(62); 65; 75; (78)	16	—	—	1
			—	10	—	0,5
			—	—	4	0,25
100	90; 100	85; 95	20	—	—	1
			—	—	5	0,5

Примечание. * Диаметры указанные в скобках, применять не рекомендуется.

Таблица 3.64 **Диаметр и шаг упорных резьб**

Диаметр резьбы *d*, мм			Шаг *S*, мм		
1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд			
10; 12; 16; 20	14; 18	—	—	—	2
26	22;28	24	8	5	2
32; 40	36	34; 38; 42	10	6	3
50; 60	44; 55	46; 48; 52	12	8	3
80	70	65; 85	16	10	4
100	90; 100	85; 95	20	12	5
120; 160	140	130; 150; 170	24	16	8

Примечание. При выборе диаметров резьб первый ряд следует предпочитать второму, второй – третьему

Резьба круглая. Профиль круглой резьбы образован дугами, связанными между собой участками прямой линии, рис. 3.519. Угол между сторонами профиля $\alpha = 30°$.Резьба применяется ограниченно: для цоколей и патронов электрических ламп, для предохранительных стекол и светильников, для санитарно-технической арматуры, в отдельных случаях для крюков подъемных кранов, а также в условиях воздействия агрессивной среды.

Специальные резьбы – это резьбы со стандартным профилем, но отличающиеся от стандартных размеров диаметром или шагом резьбы, и резьбы с нестандартным профилем.

Нестандартные резьбы – квадратная и прямоугольная (рис. 3.520), изготавливаются по индивидуальным чертежам, на которых заданы все параметры резьбы. Эти резьбы имеют ограниченное применение в неответственных передачах винт – гайка. Данный тип резьбы из всех имеющихся резьб имеет наибольший КПД, но ее нельзя фрезеровать и шлифовать, так как угол ее профиля $\alpha = 0$. Прочность прямоугольной резьбы ниже, чем у других резьб.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Обозначение резьб. Изображение резьбы на чертеже выполняют сплошными основными линиями по наружному диаметру и сплошными тонкими линиями – по внутреннему диаметру, рис. 3.521. В отверстии резьбу изображают сплошными основными линиями по внутреннему диаметру и сплошными тонкими линиями – по наружному диаметру.

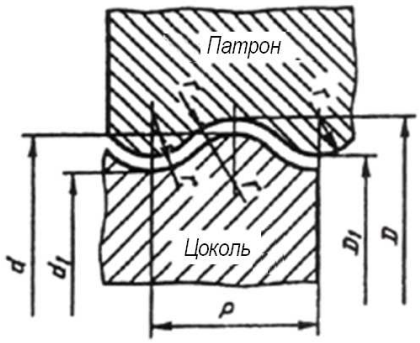


Рис. 3.519. Резьба круглая

Обозначения резьб согласно ГОСТ 2.311-68 относят к наружному диаметру, как показано на рис. 3.521. В резьбовых соединениях резьба условно вычерчивается на стержне, а в отверстии – только та часть резьбы, которая не закрыта стержнем, рис. 3.522. Обозначение конических резьб и трубной цилиндрической резьбы выполняют, как показано на рис. 3.523.

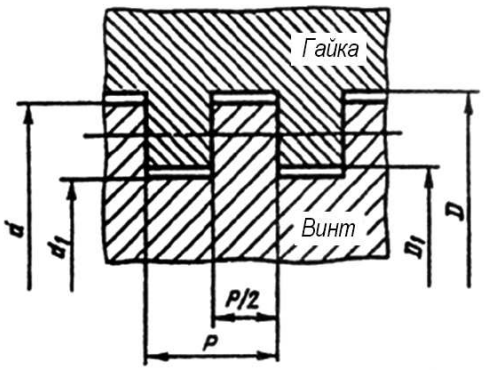


Рис3.520. Резьба прямоугольная

Обозначение резьбы включает в себя: вид резьбы, размер, шаг и ход резьбы, поле допуска, класс точности, направление резьбы, номер стандарта.

Вид резьбы условно обозначается:

- *M* – метрическая резьба (ГОСТ 9150-81);
- *G* – трубная цилиндрическая резьба (ГОСТ 6357-81);
- $T_Г$ – трапецеидальная резьба (ГОСТ 9484-81);
- *S* – упорная резьба (ГОСТ 10177-82);
- *Rd* – круглая резьба (ГОСТ 13536-68);
- *R* – трубная коническая наружная (ГОСТ 6211-81);
- *Rr* – внутренняя коническая (ГОСТ 6211-81);
- *Rp* – внутренняя цилиндрическая (ГОСТ 6211-81);
- *K* – коническая дюймовая резьба (ГОСТ 6111-52).

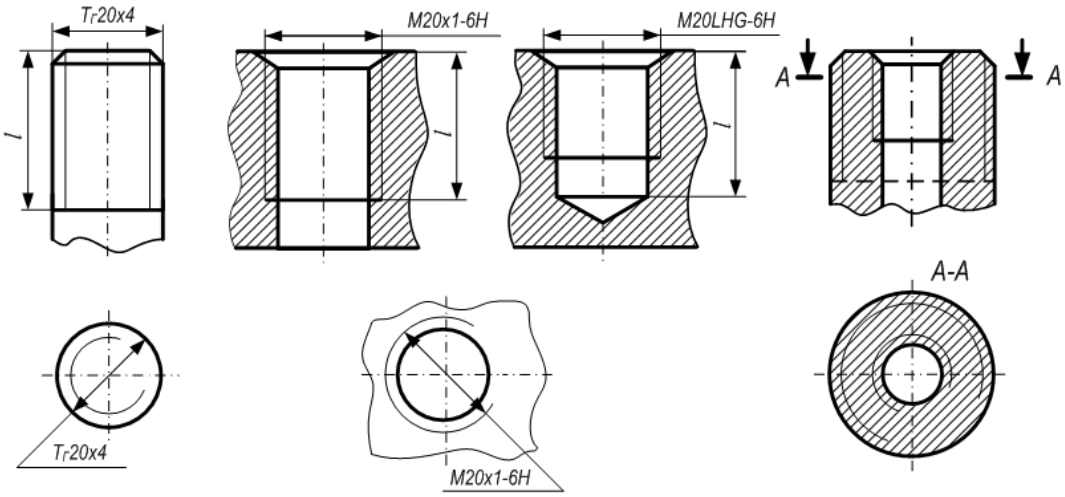


Рис. 3.521. Изображение стандартных резьбы на чертежах

Размер конической и трубной цилиндрической резьбы условно обозначается в дюймах (1" = 25,4 мм), у всех остальных резьб наружный диаметр резьбы проставляется в миллиметрах.

Шаг резьбы не указывают для метрической резьбы с крупным шагом и для дюймовых резьб, в остальных случаях он указывается. Для многозаходных резьб в обозначение резьбы входит ход резьбы, а шаг проставляется в скобках.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

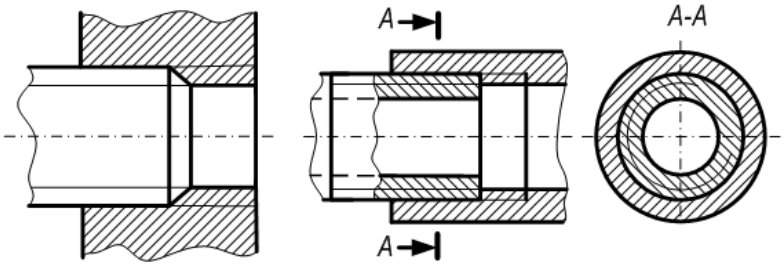


Рис. 3.522. Изображение резьбы на узлах деталей

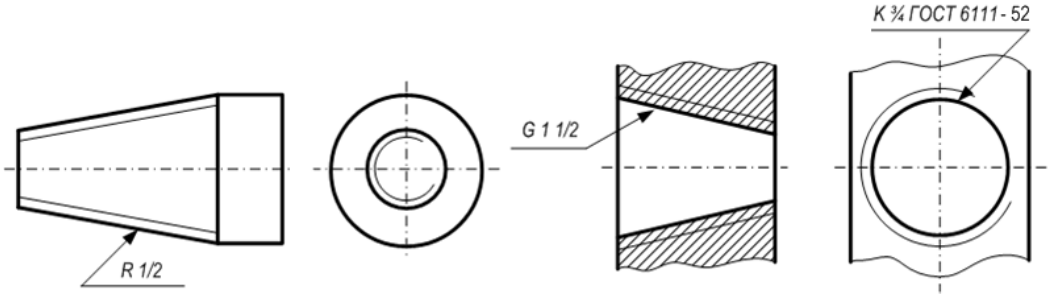


Рис. 3.523. Изображение конических резьбы на чертежах

Направление резьбы указывают только для левой резьбы (LH).

Примеры обозначения резьб:

- М 30 – метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм и крупным шагом резьбы;
- М 30х1,5 – метрическая резьба с наружным диаметром 30 мм, мелким шагом 1,5 мм;
- G 1 1/2-А – трубная цилиндрическая резьба с размером 1 1/2″, класс точности А;
- $Т_Г$ 40х6 – трапецеидальная резьба однозаходная с наружным диаметром 40 мм и шагом 6 мм;
- $Т_Г$ 20х8 (Р4) – трапецеидальная резьба двухзаходная с наружным диаметром 20 мм, ходом 8 мм и шагом 4 мм;
- S 80х10 – упорная резьба однозаходная с наружным диаметром 80 мм и шагом 10 мм;
- S 80х20 (Р10) – упорная резьба двухзаходная с наружным диаметром 80 мм, ходом 20 мм и шагом 10 мм;
- Rd 16 – резьба круглая с наружным диаметром 16 мм;
- Rd 16 LH – резьба круглая с наружным диаметром 16 мм, левая;
- R 1 1/2– резьба трубная коническая с наружным диаметром 1 1/2".
- К 1 1/2 ГОСТ 6111-52 – резьба коническая дюймовая с наружным диаметром 1 1/2".

Применение резьбы различных профилей в машиностроении. В машиностроении наибольшее распространение имеет метрическая цилиндрическая треугольная резьба. Ее называют крепежной, так как с такой резьбой изготавливают крепежные детали – болты, винты и шпильки. Коническая треугольная резьба, обеспечивающая плотное соединение, применяется в арматуре, масленках, пробках и других деталях.

Прямоугольную и трапецеидальную резьбу нарезают на винтах, предназначенных для передачи движения или больших усилий (например, ходовые винты в станках и прессах, винты слесарных тисков, винтовые домкраты и т.п.)

Упорная резьба применяется для деталей, которые должны воспринимать постоянное сильное давление, в одном направлении (например, муфты трубопроводов высокого давления, винты гидравлических и механических прессов).

Круглую резьбу изготавливают в тех случаях, когда резьбовое соединение предназначено работать в загрязненной среде (например, водопроводная арматура, винты вагонных тормозов).

Резьбовые соединения. Соединение деталей машин, механизмов и оборудования, применяющихся в сельском хозяйстве осуществляют, как правило, с помощью резьбы. К

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

стандартным резьбовым соединениям относятся крепежные резьбовые детали (болты, винты, гайки, шпильки). Широкая номенклатура крепежных деталей включает множество типов болтов, гаек и шайб. Болты могут иметь различную форму головок и шлицов. Некоторые виды шайб предназначены для предотвращения свинчивания гайки, рис. 3.524. Техническими требованиями установлены 12 классов точности для винтов, болтов и шпилек и 7 классов точности для гаек.

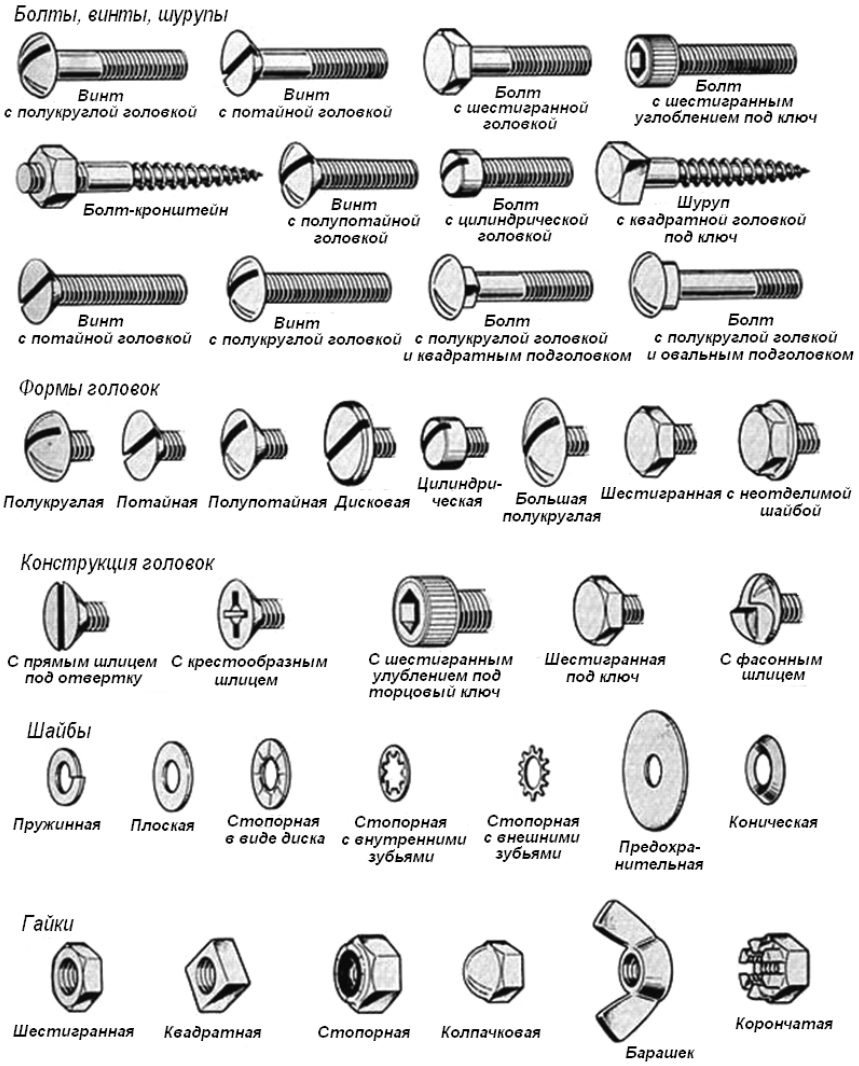


Рис. 3.524. Крепежные детали

Болт представляет собой цилиндрический стержень с головкой на одном конце и резьбой на другом конце. Болты используются (вместе с гайками, шайбами) для скрепления двух или нескольких деталей. Существуют различные типы болтов, отличающиеся друг от друга по форме и размерам головки и стержня, по шагу резьбы, по точности изготовления и по исполнению.

Болты с шестигранными головками имеют от трех (рис. 3.525) до пяти исполнений: исполнение *1* – без отверстий (в головке и стержне); исполнение *2* – с отверстием на резьбовой части стержня; исполнение *3* – с двумя отверстиями в головке болта. Отверстия служат для стопорения болтовых соединений. На рис. 3.526 показан способ стопорения болтов исполнения *2*.

Рис.3.525. Основное исполнение болтов с шестигранной головкой

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Винт представляет собой цилиндрический стержень, на одном конце которого выполнена резьба, на другом конце имеется головка. По назначению винты разделяются на крепежные и установочные. Крепежные винты применяются для соединения деталей путем ввертывания винта резьбовой частью в одну из соединяемых деталей.

Установочные винты используются для взаимного фиксирования деталей. На всей длине стержня нарезана резьба. Стержни имеют нижний конец плоской, цилиндрической или конической формы. На рис. 3.527 приведены винты имеющие головку под отвертку и показаны способы взаимного фиксирования деталей. На рис. 3.528 – винты под ключ, обеспечивающие для значительную затяжку, на рис. 3.529 – отверстия под установочные винты, а в табл. 3.65 размеры отверстий под установочные винты.

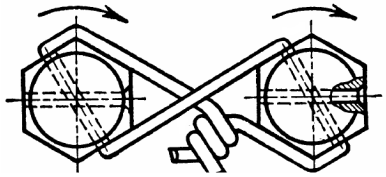


Рис. 3.526. Стопорение болтов

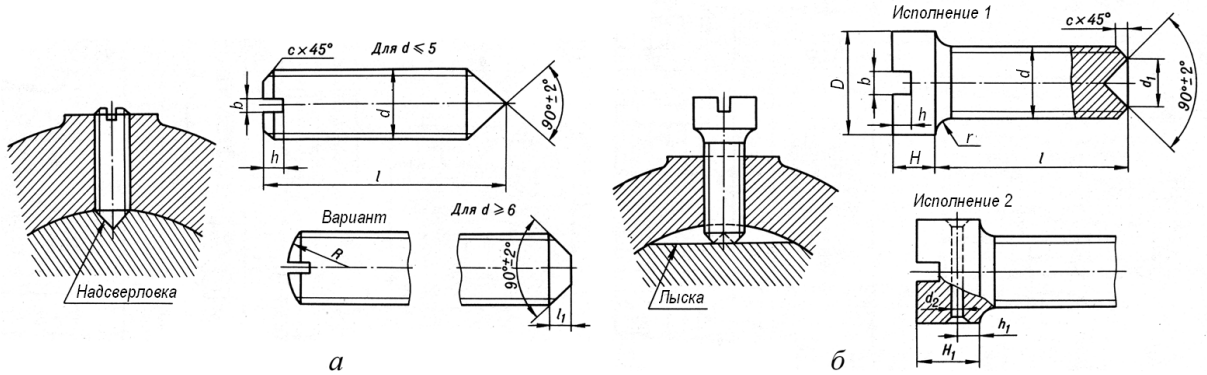


Рис. 3.527. Установочные винты под отвертку

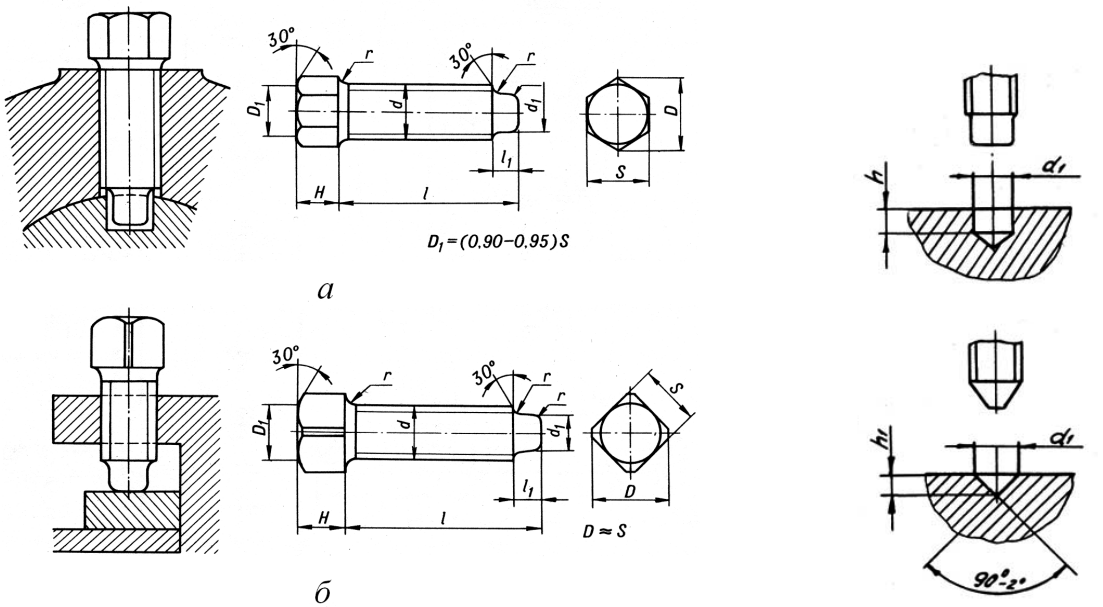


Рис. 3.528. Установочные винты под ключ для значительной затяжки

Рис. 3.529. Отверстия под установочные винты

Таблица 3.65 **Размеры отверстий под установочные винты**

Номинальный диаметр резьбы винта d, мм	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
Диаметр отверстия d_1, мм	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,5	4,0	5,5	7,0	8,5
Глубина отверстия h, мм	—	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	1,6	2,0	2,5	3,0	4,0
Глубина надсверловки h_1, мм	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,2	1,7	2,0	2,7	3,5	4,2

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Крепежные винты бывают четырех исполнений: исполнение *1* – диаметр резьбы больше диаметра гладкой части стержня (рис. 3.30); исполнение *2* – диаметр резьбы равен диаметру гладкой части; исполнение *3* и *4* головка винта имеет крестообразный шлиц для отвертки.

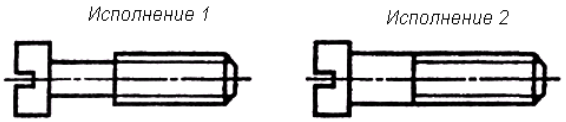


Рис. 3.530. Исполнение крепежных винтов

В зависимости от условий работы винты изготавливаются (рис. 3.531) с цилиндрической (ГОСТ 1491-80), полукруглой (ГОСТ 17473-80), полупотайной (ГОСТ 17474-80) или потайной головками (ГОСТ 17475-80) со шлицем, а также с головкой под ключ и с рифлением. Высота головки в длину винта не входит, исключение составляют винты с потайной головкой.

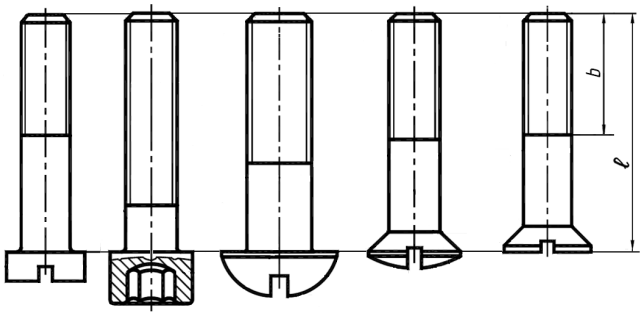


Рис. 3.531. Форма головки винтов

Шпилька представляет собой цилиндрический стержень с резьбой на обоих концах, рис. 3.532. Шпилька служит для соединения двух или нескольких деталей. Один конец шпильки ввертывается в резьбовое отверстие детали, а на другой конец навинчивается гайка. Выпускаются шпильки с двумя одинаковыми по длине резьбовыми концами для деталей с гладкими сквозными отверстиями. Длина гладкой части стержня шпильки должна быть не менее 0,5d.

Конструкция и размеры других типов шпилек определяются стандартами в зависимости от длины резьбового конца. Длина l_1, ввинчиваемого резьбового конца:

- для резьбовых отверстий в стальных, бронзовых и латунных деталях и в деталях из титановых сплавов $l_1=d$;
- для резьбовых отверстий в деталях из ковкого и серого чугуна $l_1=1{,}25d$;
- для резьбовых отверстий в деталях из легких сплавов $l_1=1{,}6\text{-}2d$;
- для полимерных материалов $l_1=2{,}5d$.

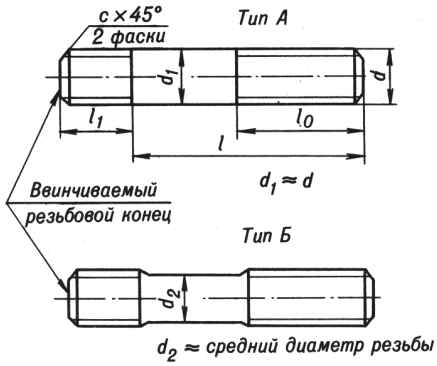


Рис. 3.532. Шпилька

Гайка – крепежная деталь с резьбовым отверстием в центре. Применяется для навинчивания на болт или шпильку до упора в одну из соединяемых деталей. В зависимости от названия и условий работы гайки выполняют шестигранными, круглыми, барашковыми, фасонными и т.п. Наибольшее применение имеют гайки шестигранные. Их изготавливают трех исполнений: исполнение *1* – с двумя коническими фасками (рис. 3.533); исполнение *2* – с одной конической фаской; исполнение *3* – без фасок, но с коническим выступом с одного торца.

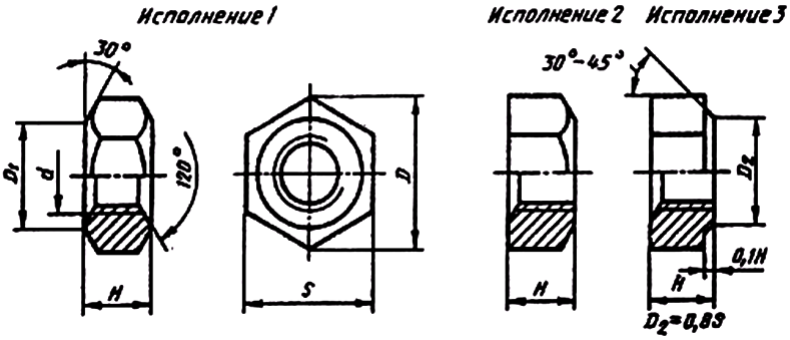


Рис. 3.533. Гайка

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Шайба представляет собой точеное или штампованное кольцо, которое подкладывают под гайку, головку винта или болта в резьбовых соединениях. Плоскость шайбы увеличивает опорную поверхность и предохраняет деталь от задиров при завинчивании гайки ключом. С целью предохранения резьбового соединения от самопроизвольного развинчивания в условиях вибрации и знакопеременной нагрузки применяют шайбы пружинные и шайбы стопорные, имеющие выступы-лапки.

Круглые шайбы имеют два исполнения (рис. 3.534): исполнение *1* – без фаски, исполнение *2* – с фаской. Внутренний диаметр шайбы обычно на 0,5-2,0 мм больше диаметра стержня болта, на который шайба надевается. В условное обозначение шайбы включается и диаметр резьбы стержня, хотя сама шайба резьбы не имеет.

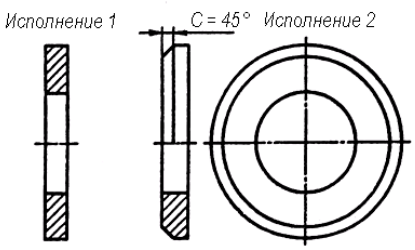


Рис. 3.534. Шайба

Соединительные детали трубопроводов (муфты, угольники, тройники и т.п.) представляют собой резьбовые соединения, изготовленные из ковкого чугуна и предназначенные для соединения труб в трубопроводах (рис. 3.535). Трубы используются в коммуникациях, транспортирующих жидкость или газ, а также для прокладки кабеля.

Конструкция и размеры соединительных деталей трубопроводов определены стандартами. Концы труб имеют резьбу наружную, а соединительные детали – внутреннюю. Основным параметром деталей трубных соединений является условный проход *Dy* – внутренний диаметр труб в миллиметрах. Соединительные детали трубопроводов имеют покрытие, в основном цинковое.

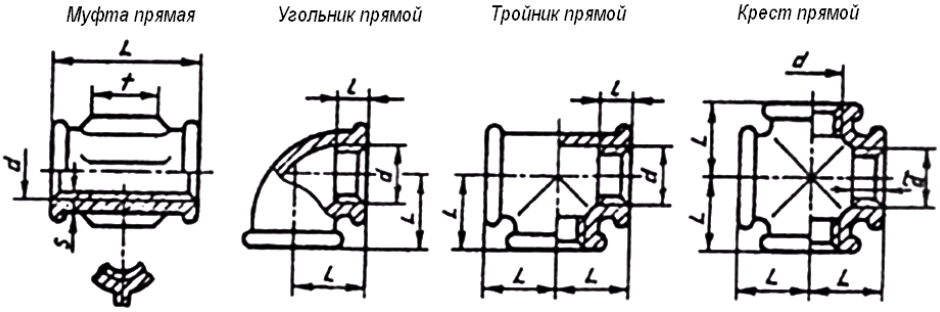


Рис. 3.535. Соединительные детали трубопроводов

Изображение резьбового соединения на чертежах состоит из изображенных и соединяемых деталей. Различают конструктивное, упрощенное и условное изображения крепежных деталей и их соединений. При конструктивном изображении размеры деталей и их элементов точно соответствуют стандартам. При упрощенном изображении размеры крепежных деталей определяют по условным соотношениям в зависимости от диаметра резьбы и упрощенно вычерчивают фаски, шлицы, резьбу в глухих отверстиях и т.п. Условные обозначения используются при диаметрах стержней крепежных деталей 2 мм и менее.

Соединение болтом состоит из болта, гайки, шайбы и соединяемых деталей. В соединяемых деталях просверливают сквозные отверстия диаметром d_0=(1,05-1,10)·d, где d – диаметр резьбы болта, табл. 3.66. В отверстие вставляют болт, надевают на него шайбу и навинчивают до упора гайку, рис. 3.536, *а-б*.

При изображении болтового соединения в разрезе болт, гайку и шайбу показывают неразрезанными. Головку болта и гайку на главном виде изображают тремя гранями. Смежные детали штрихуют с наклоном в разные стороны. На чертеже болтового соединения указывают три размера: диаметр резьбы, длину болта и диаметр отверстия под болт.

При вычерчивании болтового соединения конструктивные размеры болта, гайки и шайбы берутся из соответствующих стандартов. Для определения длины L болта необходимо составить сборочную размерную цепь. Размерной цепью называется совокупность взаимо-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

связанных размеров, которую можно выразить графически в виде замкнутого контура, образованного размерами длины, или аналитически – в виде алгебраической суммы величин, равной нулю.

Таблица 3.66 **Отверстия сквозные под крепежные детали, устанавливаемые с зазором, по ГОСТ 11284-75**

Диаметры стержней крепежных деталей, мм	Диаметры сквозных отверстий, мм		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
2,0	2,2	2,4	2,6
2,5	2,7	2,9	3,1
3,0	3,2	3,4	3,6
4,0	4,3	4,5	4,8
5,0	5,3	5,5	5,8
6,0	6,4	6,6	7,0
8,0	8,4	9,0	10,0
10,0	10,5	11,0	12,0
12,0	12,5; (13,0)	13,0; (14,0)	15,0
14,0	14,5; (15,0)	15,0; (16,0)	17,0
16,0	16,6; (17,0)	17.0; (18,0)	19,0
18,0	18,5; (19,0)	19,0; (20,0)	21,0
20,0	21,0	22,0	24,0
22,0	23,0	24,0	26,0
24,0	25,0	26,0	28,0

Примечания.
1. 3-й ряд отверстий не допускается применять для заклепочных соединений.
2. Допускается применять размеры указанные в скобках.

Сборочная размерная цепь устанавливает размерные связи между элементами деталей данной сборочной единицы. На рис. 3.537, *а* показана сборочная размерная цепь, выражающая размерные связи болтового соединения. Эта размерная цепь позволяет определить длину ***L*** болта, обеспечив при этом необходимый запас резьбы при выходе конца болта из гайки (размер *a*).

Аналитически эта размерная цепь может быть представлена уравнением:

$$L = q + q_1 + q_2 + s + m + a + z\,,$$

где: q, q_1, и q_2 – толщина соединяемых деталей; s – толщина шайбы; m – высота гайки; a – запас резьбы при выходе болта из гайки; z – высота фаски болта.

Полученный размер округляется до ближайшего размера длины болта по ГОСТ 7798-70.

Соединение винтом. При помощи крепежных винтов можно скреплять две и более деталей. Для этого в последней из них делается резьбовое отверстие, а в остальных – гладкие соосные отверстия диаметром, большим диаметра винта. Винт свободно проходит через гладкие отверстия скрепляемых деталей и ввинчивается в резьбовое отверстие последней из них, рис. 3.537, *в*.

В первой из скрепляемых деталей делается коническая зенковка (углубление под головку) для винтов с полупотайной и потайной головками, или цилиндрическая – для винтов с цилиндрической головкой.

В соединениях винтами с потайной головкой и установочными винтами шайбу не ставят рис. 3.536, *д*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

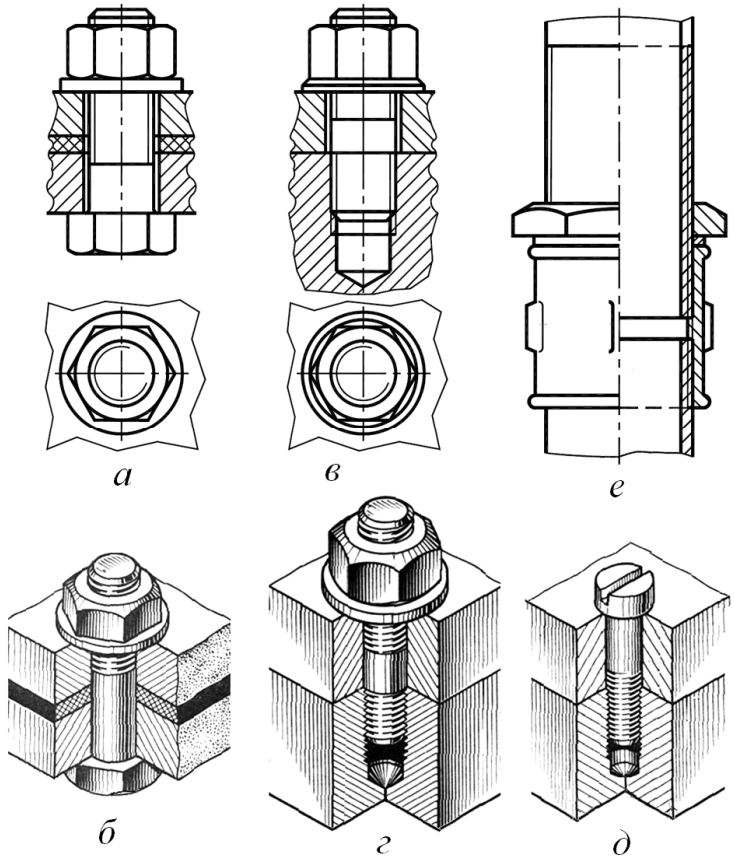


Рис. 3.536. Соединение болтом (*а-б*), шпилькой (*в-г*); винтом (*д*) и трубное соединение (*е*)

У одной из соединяемых деталей должно быть гнездо с резьбой для конца винта, а в другой – гладкое сквозное отверстие диаметром d_0=(1,05-1,10)·d. Если применяется винт с потайной или полупотайной головкой, то соответствующая сторона отверстия детали должна быть раззенкована под головку винта.

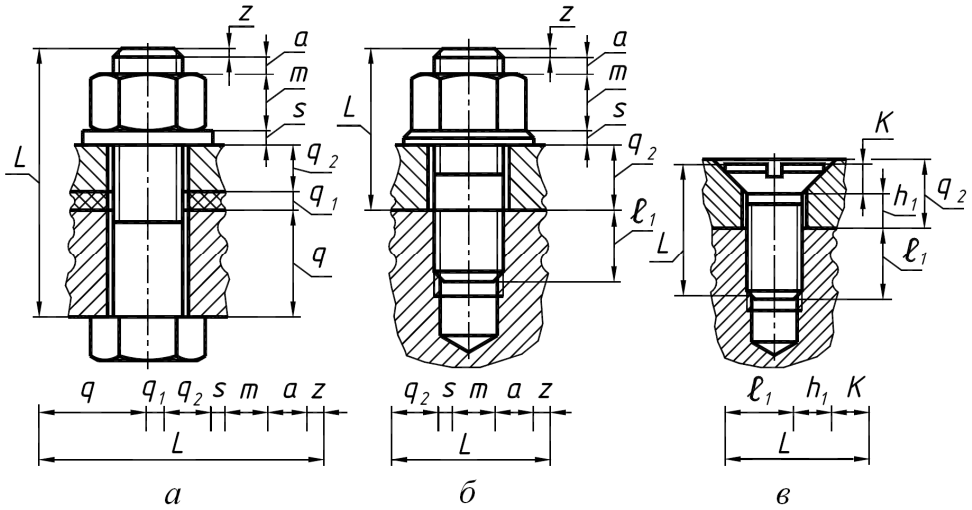


Рис. 3.537. Сборочные размерные цепи

Изображение винтового соединения на чертеже выполняется подобно болтовому соединению по относительным размерам.

На винтовом соединении граница резьбы на стержне винта должна находиться внутри гладкого отверстия, запас резьбы, не использованный при ввинчивании, равен примерно трем шагам резьбы. На чертеже соединения наносят три размера: диаметр резьбы, длину винта, диаметр отверстия для прохода винта.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для подсчета длины винта необходимо составить сборочную размерную цепь, рис. 3.537, *в*. Полученный в результате подсчета размер округляется до ближайшего размера длины винта по таблице соответствующего стандарта.

Составляя размерную цепь, необходимо обратить внимание на то, что у винтов с потайной и полупотайной головками ее потайная часть включается в длину винта.

Шлицы головок винтов на сборочных чертежах, на видах сверху (или слева), изображаются под углом 45° к рамке чертежа в соответствии с ГОСТ 2.315-68.

Фаски, запасы резьбы, выходы конца болтов и шпилек из гайки (рис. 3.538) приведены в табл. 3.67.

Размеры зенковок под винты с полупотайной, потайной и цилиндрической головками (рис. 3.539) даны в табл. 3.68.

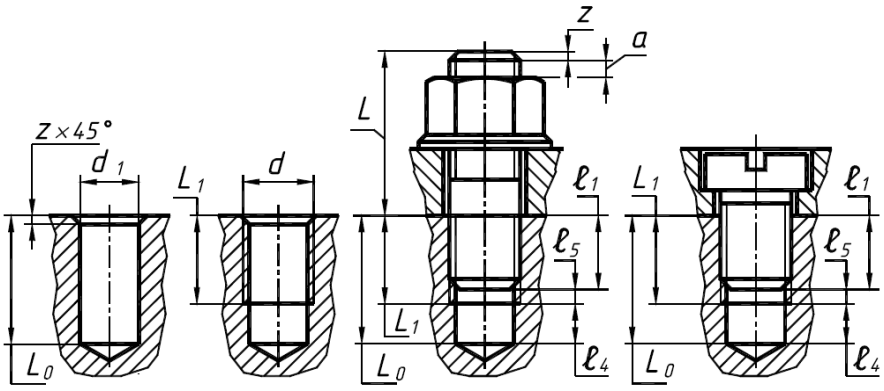


Рис.3.538. Выход и запасы резьбы, недорезы, фаски для метрических резьб

Таблица 3.67 **Выход и запасы резьбы, недорезы, фаски для метрических резьб по ГОСТ 10549-80**

Шаг резьбы *P*	Запас резьбы ℓ_5	Недорез ℓ_4		Запас резьбы *a*	Фаска *z*
		нормальный	короткий		
0,45	1,2	2,0	1,8	1,0	0,3
0,5	1,5	3,0	2,0	1,0	0,5
0,7	2,0	3,5	2,5	1,5	0,5
0,8	2,5	4,0	2,5	2,0	1,0
1,00	3,0	6,0	4,0	2,0	1,0
1,25	3,5	8,0	4,0	2,5	1,6
1,50	1,6	3,0	4,0	9,0	4,0
1,75	5,0	11,0	5,0	3,5	1,6
2,00	5,5	11,0	5,0	4,0	2,0
2,50	7,0	12,0	6,0	5,0	2,5
3,00	8,5	15,0	7,0	6,0	2,5
3,50	10,0	17,0	8,0	7,0	2,5

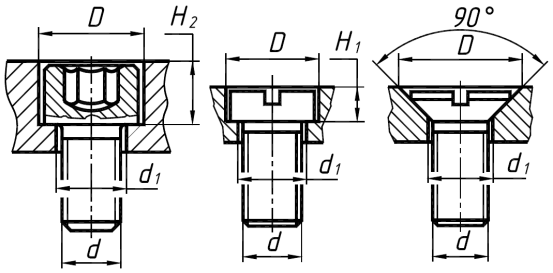


Рис. 3.539. Зенкование под головки винтов

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.68 **Зенкование под головки винтов по ГОСТ 12876-67**

Номинальный диаметр резьбы *d*, мм	Винты с цилиндрической головкой со шлицем под отвертку, а также с шестигранным углублением «под ключ»				Винты с потайной и полупотайной головкой *D*, мм
	Диаметр зенковки *D*, мм		*H1*, мм	*H2*, мм	
	1-й ряд (точная сборка)	2-й ряд (грубая сборка)			
2,5	5,0		1,7	—	5,6
3	6,5		2,0	—	6,5
4	8,0		2,8	—	8,3
5	10		3,5	—	10,3
6	11	12	4,7	6,8	12,3
8	14	15	6,0	9	16,5
10	17	18	7,0	11	20,0
12	19	20	8,0	13	24,0
14	22	24	9,0	15	28,0
16	26	28	10	17	31,0
18	28	30	11	19	35,0
20	32	34	12	21	39,0

Соединение шпилькой состоит из шпильки, шайбы, гайки и соединяемых деталей, рис. 3.536, *в-г*. Соединение деталей шпилькой применяется тогда, когда нет места для головки болта или когда одна из соединяемых деталей имеет значительную толщину. В этом случае экономически нецелесообразно сверлить глубокое отверстие и ставить болт большой длины.

Соединение шпилькой уменьшает массу конструкций. Одна из соединяемых шпилькой деталей имеет углубление с резьбой – гнездо под шпильку, которая ввинчивается в него концом, имеющим меньшую длину резьбовой части. Остальные соединяемые детали имеют сквозные отверстия диаметром d_0=(1,05-1,10)·d, где d – диаметр резьбы шпильки. Гнездо сначала высверливается на глубину, которая на 0,5d больше ввинчиваемого конца шпильки, а затем в гнезде нарезается резьба. На входе в гнездо выполняется фаска c=0,15d. При ввинченной в гнездо шпильке соединение деталей дальше осуществляется как в случае болтового соединения.

На чертеже соединения шпилькой линия раздела соединяемых деталей должна совпадать с границей резьбы ввинчиваемого резьбового конца шпильки. Гнездо под шпильку заканчивается конической поверхностью с углом 120°. Нарезать резьбу до конца гнезда практически невозможно, но на сборочных чертежах обычно изображают резьбу на всю глубину гнезда. На чертеже соединения шпилькой указывают те же размеры, что и на чертеже болтового соединения.

Для определения длины гаечного конца шпильки необходимо составить сборочную размерную цепь. На рис. 3.537, *б* показана сборочная размерная цепь, выражающая размерные связи соединения шпилькой. Эта размерная цепь позволяет определить длину гаечного конца шпильки, обеспечив необходимый запас резьбы при выходе конца шпильки из гайки (размер a).

Аналитически эта размерная цепь может быть представлена уравнением:

$$L = q_2 + s + m + a + z,$$

где: q_2 − толщина присоединяемой детали; s − толщина шайбы; m − высота гайки; a − запас резьбы при выходе шпильки из гайки; z − высота фаски шпильки.

Глубина L_0 отверстия под резьбу и длина L_1, резьбовой его части подсчитываются по данным табл. 3.67.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Трубное соединение состоит из соединяемых труб и соединительных деталей трубопроводов, рис. 3.540. При соединении двух труб муфтой кроме муфты в соединение входят контргайка и прокладка. Чертежи трубных соединений выполняются по размерам их деталей как конструктивные чертежи, без упрощений, рис. 3.536, *е*.

Стопорение резьбовых соединений от самоотвинчивание. Все нарезные крепежные детали машин и механизмов должны быть надежно застопорены от самоотвинчивания. Несоблюдение этого правила приводит к самым серьезным последствиям; известны случаи, когда отвернувшаяся внутри механизма гайка или болт вызывали тяжелые аварии и выводили из строя дорогостоящие агрегаты.

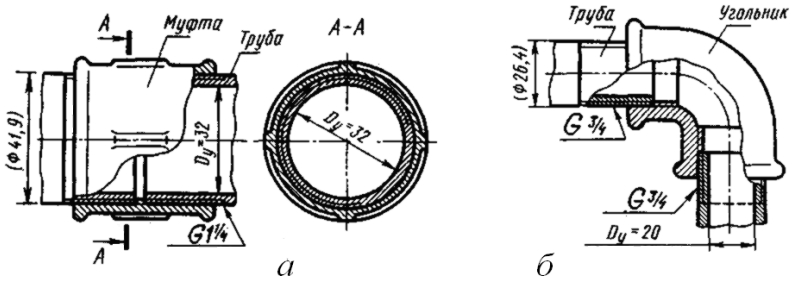


Рис. 3.540. Соединение двух труб муфтой (*а*) и угольником (*б*)

В конструкциях машин, механизмов и оборудования применяют два основных способа стопорения – жесткое и фрикционное. Жесткое стопорение заключается в том, что стопоримая деталь соединяется со стопорящей деталью жесткой связью – стопором. Отвинчивание стопоримой детали невозможно без среза, разрушения или деформации стопора. К этому способу относится стопорение шплинтами, отгибными шайбами, пластинками, проволокой и т.п.

Фрикционное стопорение заключается в создании повышенного трения между стопоримой и стопорящей деталями. К нему относится стопорение контргайками, упругими подкладными шайбами, самоконтрящимися гайками и т.п. Фрикционное стопорение менее надежно, чем жесткое, так как всегда существует опасность уменьшения силы трения и, как следствие, ослабление соединения.

По этой причине во всех ответственных соединениях и в соединениях, расположенных внутри машины или механизма, применяют только жесткое стопорение (главным образом шплинтами). Менее ответственные соединения, ослабление которых не может привести к аварии, а также наружные (доступные для контроля) соединения допускается стопорить фрикционным способом. Однако в этом случае необходим периодический контроль с подтяжкой ослабевших соединений.

Разновидностью фрикционного стопорения является упругое стопорение, заключающееся в том, что в соединение вводят упругий элемент, постоянно поддерживающий натяжение в системе. Чем больше податливость системы, тем надежнее фрикционное стопорение. При стопорении контргайками система почти не обладает упругостью, при стопорении шайбами Гровера (пружинными шайбами) обладает незначительной упругостью.

Существуют и смешанные способы стопорения, в которых сочетаются принципы обеих видов стопорения, например, храповые шайбы. В этом случае стопорение осуществляется отчасти повышенным трением в резьбе в результате упругой деформации шайбы при затяжке и отчасти созданием жесткой связи между гайками и корпусом в результате врезания зубьев шайбы в торец гайки и опорную поверхность корпуса.

Резьбовые соединения с короткими жесткими болтами быстро ослабевают в процессе эксплуатации, так как остаточные деформации, неизбежно возникающие со временем в резьбе и на опорных поверхностях, соизмеримы с удлинением болта при затяжке. Поддерживать постоянный натяг в соединениях такого типа невозможно, особенно в условиях тряски, вибраций и пульсации нагрузки. Не помогает в данном случае и жесткое стопорение, шплинты только предупреждают потерю болта или гайки, соединение же с течением времени все равно ослабевает и делается неработоспособным.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В тех случаях, когда применение коротких жестких болтов продиктовано необходимостью, приходится прибегать к периодическому осмотру и подтяжке ослабевших соединений. Шплинтовку гаек в данном случае не применяют, так как она только затруднила бы подтяжку.

Стопорение контргайками. Стопорение контргайками (рис. 3.541) применяют редко вследствие недостаточной надежности. Этому способу присущ и другой недостаток: при затяжке контргайка, вытягивая болт, принимает на себя всю нагрузку, в то время как основная гайка разгружается. Это заставляет иногда применять обратную схему: контргайку располагают под основной гайкой, что обеспечивает более благоприятное распределение сил. Иногда контргайку делают одной высоты с основной гайкой.

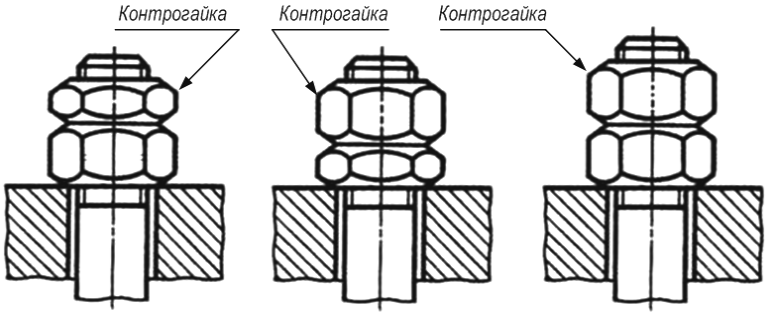


Рис. 3.541. Стопорение контрогайкой

Контргайки незаменимы в тех случаях, когда требуется бесступенчатая фиксация положения гайки на болте, особенно при значительном перемещении гайки вдоль болта. Часто применяют стопорение контргайкой в узлах подвергаемых периодическим регулировкам.

В некоторых случаях для стопорения применяют упругие контрогайки Polnut, которые изготовляют из листовой закаленной стали, рис. 3.542. Контрогайка имеет один виток резьбы, образованный отгибом по винтовой линии внутренних лепестков. К достоинствам этой конструкции следует отнести ее малую массу и наличие некоторой упругости, обеспечивающей более надежное сцепление гайки с болтом. В настоящее время начат выпуск упругих контргаек выполненных как одно целое с основной гайкой.

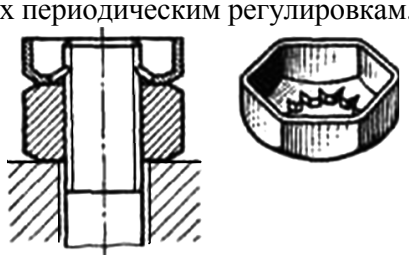


Рис. 3.542. Упругая контрогайка Polnut

Стопорение шплинтами. Стопорение шплинтами (шплинтовка) гаек – надежный и очень распространенный способ стопорения, применяемый в наиболее ответственных узлах. Для стопорения этим способом применяют специальные корончатые гайки, имеющие в верхней части прорези для шплинтовки.

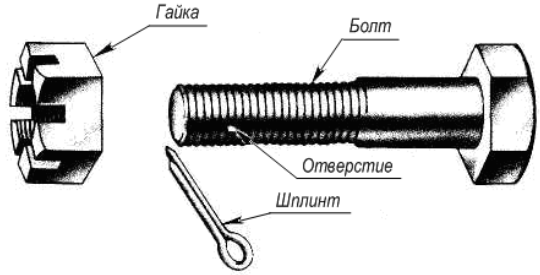


Рис. 3.543. Конструкция и применение шплинта

Шплинт, выполненный из проволоки полукруглого сечения, вводят в один из пазов гайки и в поперечное отверстие в верхней, ненагруженной, части болта, рис. 3.543. Концы шплинта отгибают.

Применяют два способа установки шплинтов. При первом способе (рис. 2.664, *а*) шплинт устанавливают плоскостью кольца параллельно оси болта. Концы шплинта отгибают, один на грань гайки, другой на торец болта. При втором способе (рис. 3.544, *б*) шплинт устанавливают плоскостью кольца перпендикулярно оси болта. Концы шплинта отгибают на грани гайки.

Первый способ применяют чаще, так как он обеспечивает удобство монтажа и компактность конструкции. Однако второй способ увеличивает пределы шплинтуемости. Гайки с

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

шестью пазами допускают возможность стопорения через каждые 60° поворота гайки. При шаге резьбы 1,5 мм это соответствует вытяжке болта на 0,25 мм.

Для увеличения дробности фиксации в болте иногда сверлят два взаимно перпендикулярных отверстия. В этом случае гайка может быть застопорена через каждые 30° поворота.

Шплинты изготовляют из низкоуглеродистой стали и после однократного употребления заменяют новыми. На практике применяют и постоянные упругие шплинты из закаленной стали. Концы упругих шплинтов снабжают зубчиками, которые надежно фиксируют шплинт после его установки.

Стопорение деформируемыми шайбами. Распространенным способом жесткого стопорения является стопорение деформируемыми шайбами. Шайбы изготовляют из мягкой листовой стали и снабжают лапками. При установке шайбы под гайку одну из лапок фиксируют на стягиваемой детали (чаще всего отгибом на близлежащий уступ крепежного фланца), другую отгибают на грань гайки, рис. 3.545. Получается жесткая связь между гайкой и стягиваемой деталью.

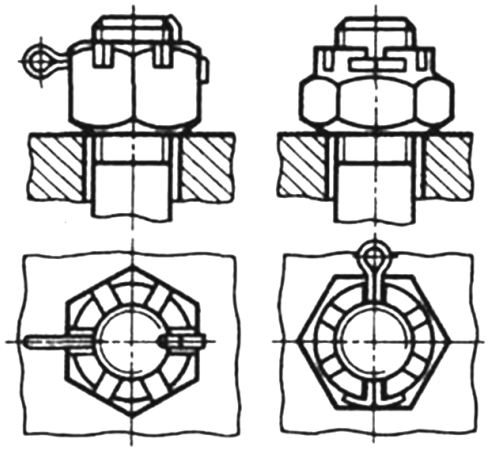


Рис. 3.544. Стопорение шплинтами: *а* – отгибание шплинта на грань гайки и торец болта; *б* – отгибание шплинта на грань гайки

Помимо отгиба на фланец, практикуют и другие способы фиксации шайбы на стягиваемой детали (рис.3.545), пользуясь для этого любыми подходящими элементами детали, находящимися поблизости от гайки. Иногда фиксирующие элементы приходится создавать искусственно, т.е. лапку заправляют в специально проделанное поблизости от гайки отверстие, или надевают ее на специально установленный для этой цели штифт, или фиксируют соседним болтом.

Фиксация деформируемыми шайбами применяется для ввертных болтов и для гаек, навертываемых на шпильки. При стопорении гаек, навертываемых на болты, необходима и фиксация головки болта от проворота. При стопорении одной гайки (рис. 3.546, *а*) болт может вывернуться из застопоренной гайки. Правильная конструкция с фиксацией гайки и болта показана на (рис. 3.546, *б*). Фиксация стопорной шайбы на корпусе должна быть надежной и жесткой.

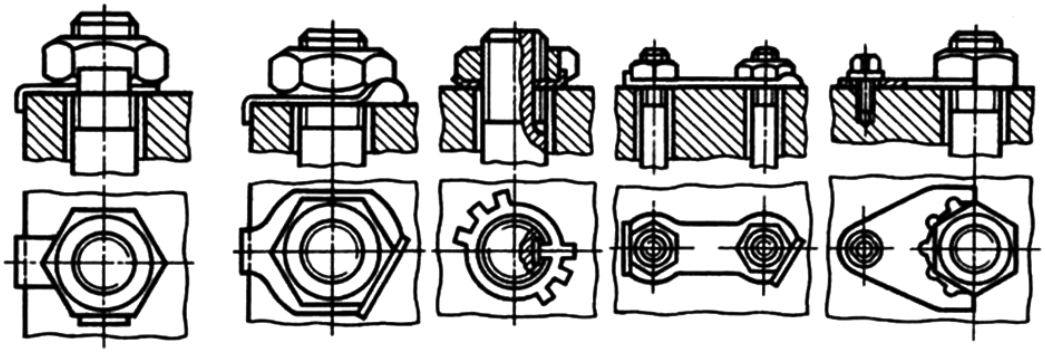


Рис. 3.545. Стопорение деформируемыми шайбами

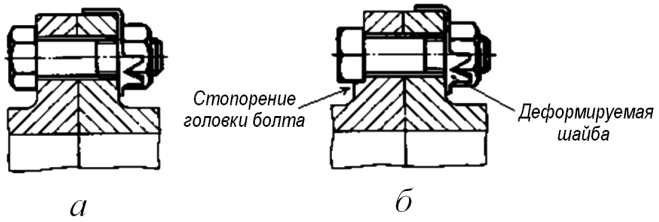


Рис. 3.546. Стопорение деформируемыми шайбами: *а* – стопорение гайки; *б* – стопорение гайки с одновременной фиксацией головки болта

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

На рис. 3.547 показана деформируемая стопорная шайба с треугольным вырезом на лапке, позволяющим отгибать лапку не только на грань гайки, но и на угол шестигранника, благодаря чему гайка может быть застопорена не через 60°, а через каждые 30° поворота.

Шайбы часто выполняют без лапок, в виде круглых, овальных или прямоугольных пластинок. Фиксация шайбы на корпусе и гайке в данном случае достигается отгибом краев пластинок, иногда с вырубкой отгибаемых частей, что позволяет стопорить соединение бесступенчато. Деформируемые шайбы – стопоры разового применения. При каждой перетяжке соединения деформируемые шайбы заменяют новыми.

Стопорение упругими шайбами. Стопорение упругими шайбами основано на создании постоянных сил трения в резьбе и на торце гайки. Силы трения препятствуют отвертыванию гайки при вибрациях, пульсации сил, действующих на соединение, а также при появлении остаточных деформаций (например, при смятии опорных поверхностей). Чем больше упругость шайбы, тем надежнее стопорение.

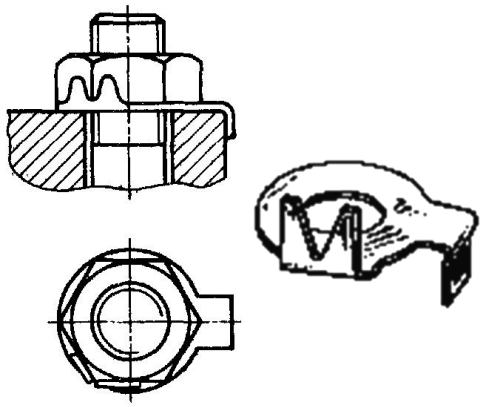


Рис. 3.547. Деформируемая шайба с треугольным вырезом на лапке

Простейшая и наиболее часто применяемая (хотя далеко не самая совершенная) форма упругого стопорения – разрезная пружинная шайба; или шайба Гровера (иногда называемая просто «гровером»). Шайба (рис. 3.548) представляет собой изготовленное из закаленной стали кольцо с косым разрезом под углом 15° к оси кольца. Наклон разреза делается левым для правой резьбы и правым для левой резьбы.

Концы шайбы слегка разведены и снабжены острыми кромками. При затяжке кольцо сжимается, кромки врезаются в тело гайки и в опорную поверхность, обеспечивая стопорение гайки «на корпус». Врезание заметно выражено в том случае, когда опорные поверхности имеют не слишком высокую твердость. В случае твердых металлов (закаленная, азотированная сталь и т.п.) надежность стопорения снижается.

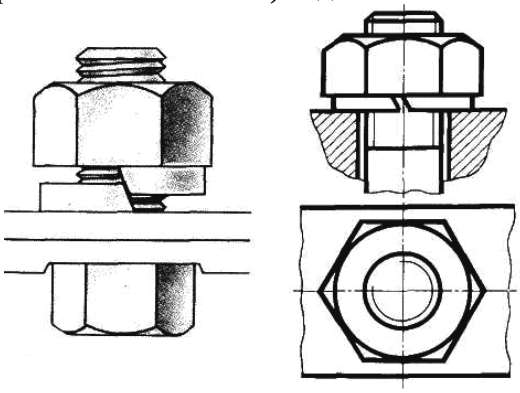


Рис. 3.548. Стопорение шайбой Гровера

Недопустима установка шайб Гровера на поверхностях мягких металлов (например, литые алюминиевые и магниевые сплавы), так как зубчики шайб портят такие поверхности. Применение стальных подкладных шайб сводит на нет стопорящий эффект врезания зубчиков в тело корпуса.

Основной недостаток шайбы Гровера заключается в том, что от увеличения сечения кольца в ширину и в высоту возрастает развиваемая кольцом упругая сила, но не повышается упругая деформация. Другой существенный недостаток – неизбежность внецентренного приложения силы затяжки, вызванная тем, что сила затяжки передается гайке (и опорной поверхности) в большей степени на участке расположения храповых зубчиков, чем на остальной части окружности.

Одним из популярных способов стопорения является применение в качестве подкладных шайб тарельчатых пружин разнообразных конструкций. Прежде всего, это гладкая шайба по стандарту DIN 6796 (рис. 3.549, *а*). Дальнейшим развитием гладких шайб являются шайбы с радиально расположенными зубьями на одной стороне (рис. 3.549, *б*) и шайбы с пилообразными зубьями на обеих сторонах, называемые «шайбами Schnorr» (рис. 3.549, *в*).

Стопорение пружинными (упругими) шайбами основано на увеличении сил трения в резьбе и на торце гайки. Шайбы устанавливают так, чтобы при окончательной затяжке обеспечивался жесткий упор гайки в опорную поверхность.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Гладкие шайбы для фиксации крепежа используют исключительно такое фрикционное стопорение. Сила упругости шайб в плоском состоянии составляет 70-90% от силы затяжки болтов. Шайбы имеют наружный диаметр несколько больший, чем подкладные шайбы и выполняют, помимо стопорения, их функцию в крепежном соединении.

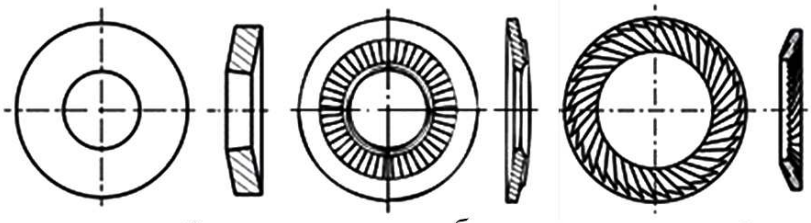


Рис. 3.549. Пружинные шайбы: *а* – гладкая; *б* – с радиальными зубьями; *в* – с пилообразными зубьями

Шайбы с радиальными зубьями (contact washer) имеют насечку на наружной конической поверхности, сопрягаемой с крепежной деталью. После сжатия шайбы до плоского состояния насечка врезается в тело гайки, болта или винта. Таким образом, создается жесткая связь между крепежным элементом и шайбой, а по поверхности контакта шайбы с притягиваемой деталью стопорение осуществляется исключительно силой трения.

При затяжке шайб с пилообразными зубьями с насечкой не только с наружной, но и с внутренней стороны тарельчатой пружины они врезаются как в поверхность крепежного элемента, так и в поверхность корпуса. Такое стопорение называется смешанным, так как используется и фрикционный и позитивный способы стопорения.

Стопорение храповой шайбой. При этом способе под гайку подкладывают шайбы, изготовленные из закаленной стали и снабженные зубчиками, рис. 3.550. Форма зубчиков такова, что они, не мешая завертыванию гайки, препятствуют ее отвертыванию, впиваясь своими острыми гранями в торец гайки и в опорную поверхность корпуса, при этом, действуя наподобие храповых собачек (отсюда и возникло название шайб). На рис. 3.551 приведены формы храповых шайб.

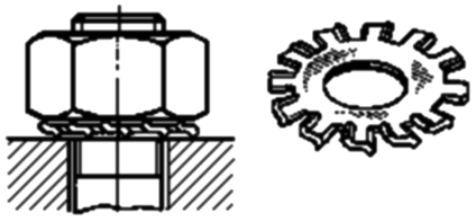


Рис. 3.550. Стопорение храповой шайбой

Вместе с тем зубчикам, а иногда и шайбе в целом придают известную упругость, благодаря которой стопорящий эффект сохраняется и при небольшом ослаблении затяжки, а также при вибрациях и пульсации сил, действующих на соединение.

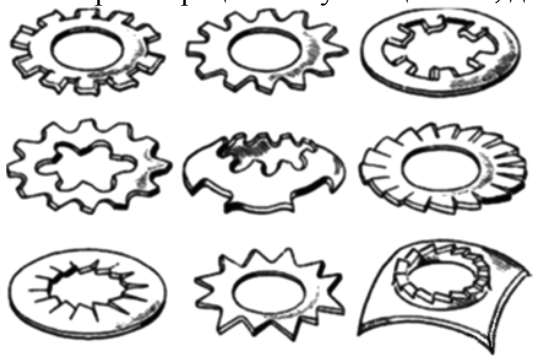


Рис. 3.551. Формы храповых шайб

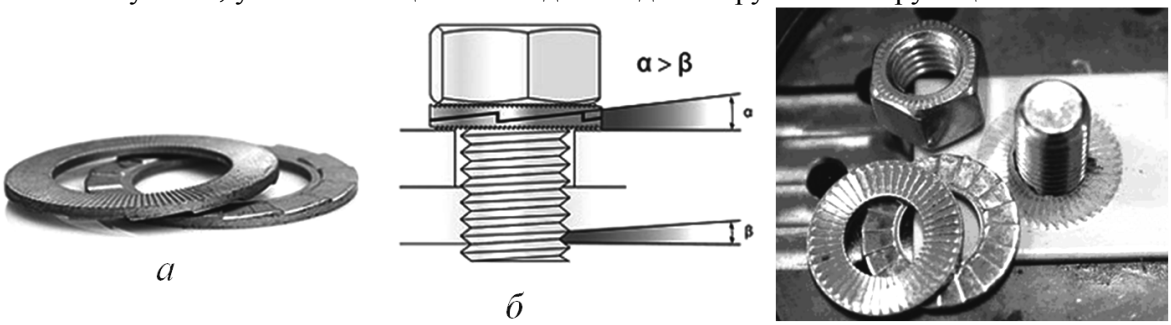
Храповые шайбы не применяют, если притягиваемая деталь изготовлена из мягкого (алюминиевые и магниевые сплавы) или из очень твердого металла (закаленная сталь). В первом случае шайбы портят поверхность детали, во втором – эффективность стопорения значительно снижается.

Система стопорения NordLock (рис. 3.552) состоит из двух одинаковых шайб, каждая из которых имеет на одной стороне клиновые выступы, а на другой – радиальную зубчатую насечку. При сборке болтового соединения шайбы устанавливаются клиновыми сторонами друг к другу. Угол клина α больше угла подъема резьбы *b*, рис. 3.552, *б*.

В процессе затяжки клиновые выступы становятся в упор и шайбы не могут провернуться по клиновым поверхностям в направлении затягивания. Радиальные зубцы вдавливаются в сопрягаемые поверхности, и между ними образуется жесткая связь. При отвинчи-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

вании, в том числе и самопроизвольном, клиновые поверхности шайб создают дополнительное осевое усилие, увеличивающее необходимый для откручивания крутящий момент.



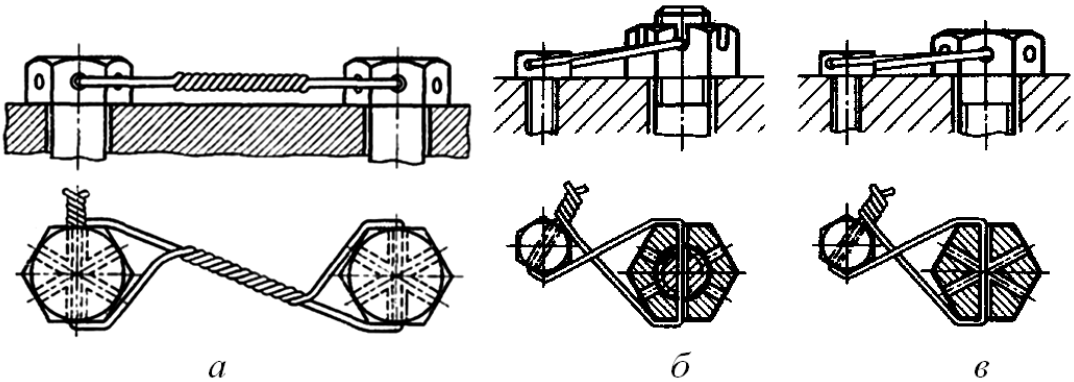
а *б* *в*

Рис. 3.552. Стопорные шайбы NordLock: *а* – общий вид шайб; *б* – принцип работы; *в* – отпечатки зубцов шайб

Современные крепежные элементы позволяют вообще избавиться от шайб в резьбовом соединении. Для этого разработали гайки и болты с зубчатым фланцем, рис. 3.553.

Рис. 3.553. Крепежные элементы с зубчатым фланцем

Вязка проволокой. Во многих случаях применяют стопорение гаек при помощи проволоки. Проволоку пропускают через отверстие в гранях стопоримой гайки и через отверстие в смежной гайке или в каком-нибудь близлежащем, или в специально устанавливаемом (винт, штифт и т.п.) элементе детали. Концы проволоки скручивают плоскогубцами, рис. 3.554.



а *б* *в*

Рис. 3.554. Способы вязки: *а* – головок соседних болтов; *б* – через пазы корончатой гайки и отверстие в болте; *в* – головки болта

На рис. 3.554, *б* показан способ вязки через пазы корончатой гайки и отверстие в болте. Этот способ обеспечивает, с одной стороны, фиксацию гайки на болте, с другой – фиксацию болта относительно корпуса. Отверстия под вязку в головках болтов обычно сверлят перпендикулярно граням, рис. 3.554, *в*.

При вязке нужно соблюдать следующее правило – натяжение, возникающее при скручивании концов проволоки, должно создавать момент, способствующий завертыванию сто-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

поримой гайки. При противоположном направлении вязки проволока не предотвращает самоотвертывания гайки, а, напротив, появляется момент, способствующий ее отвертыванию Стопорение получается ненадежным и в случае «безразличного» направления натяжения.

Стопорение самоконтрящимися гайками. Действие самоконтрящихся гаек основано на принципе фрикционного стопорения, т. е. создания повышенного трения в витках резьбы.

На рис. 3.555, *а* показан простейший способ увеличения трения в резьбе к концу затяжки путем деформации последних (по ходу завертывания гайки) витков резьбы (например, кернением). Недостаток этого способа – отсутствие упругости, необходимой для поддержания натяга в резьбе при всех условиях работы.

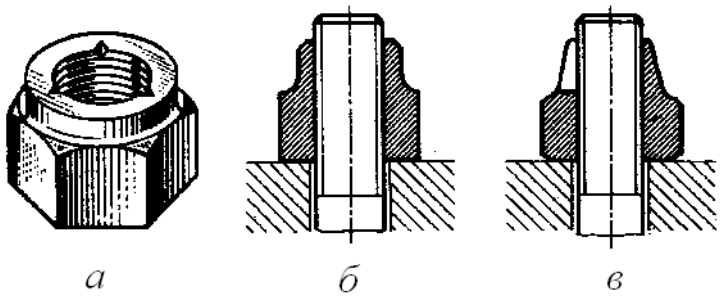


Рис. 3.555. Гайка с накерненным витком резьбы (*а*) и самоконтрящаяся гайка с удлиненной цельной (*б*) и разрезной (*в*) коронкой

На рис. 3.555, *б* и 3.555, *в* изображены самоконтрящиеся гайки с удлиненной цельной и разрезной коронками, которые при изготовлении обжимаются. При завертывании гайки в момент, когда нарезная часть болта входит в обжатый участок, в резьбе возникает повышенное трение. Гайки с разрезными коронками (рис. 3.555, *в*) обеспечивают более надежное стопорение благодаря упругости лепестков коронки.

На рис. 3.556 показаны самоконтрящиеся гайки, действие которых основано на явлении самозатягивания упругого витка при вращении его по болту (валу). В верхней части гайки при помощи прорези образован виток, скрепленный с телом гайки короткой перемычкой; конец витка смещен к центру гайки для создания первоначального натяга. При завертывании гайки виток не препятствует вращению. При отвертывании возникает повышенное трение.

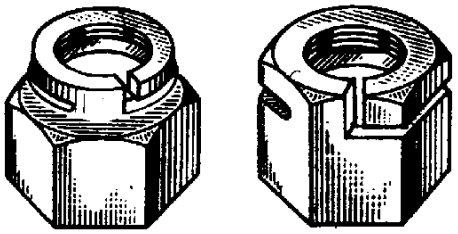


Рис. 3.556. Самоконтрящиеся гайки с упругим витком

3.8.3 Оборудование и инструмент, применяемый при нарезании резьбы

Нарезание резьбы наиболее эффективно выполнять на металлорежущих станках с помощью резьбонарезных инструментов; успешно получают резьбу и с помощью инструментов для накатывания и др. Однако в практике ремонтно-слесарной обработки, в большинстве случаев, приходится нарезать резьбу вручную.

Для нарезания резьбы в отверстиях применяются метчики, для нарезания наружной резьбы плашки различной конструкции.

Метчиком называется режущий инструмент, предназначенный для нарезания резьбы в отверстиях. Метчик (рис. 3.557) представляет собой винт, снабженный несколькими продольными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки. У метчика различают рабочую часть и хвостовик. Хвостовик служит для закрепления инструмента в патроне или в воротке во время работы. У ручных метчиков конец хвостовика имеет квадратную форму.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Рабочая часть – нарезанная часть метчика, производящая нарезание резьбы. Она подразделяется на заборную и калибрующие части.

Заборная (режущая) часть метчика – передняя конусная часть, которая первой входит в нарезаемое отверстие и совершает основную работу резания. Калибрующая часть зачищает и калибрует нарезаемое отверстие.

Для образования режущих кромок метчика и вывода через них стружки служат продольные канавки. Резьбовые части метчика, ограниченные канавками, называются режущими перьями. Внутренняя часть тела метчика, измеряемая по диаметру окружности, касательной к дну канавок, носит название сердцевины.

Профиль канавки образуется передней поверхностью, по которой сходит срезаемая стружка, и задней поверхностью, служащей для уменьшения трения зубьев метчика о стенки нарезаемого отверстия.

Как правило, метчики имеют прямые канавки, но для улучшения условий резания, получения точных и чистых резьб целесообразно применять метчики не с прямыми, а с винтовыми канавками, 3.558, *а*.

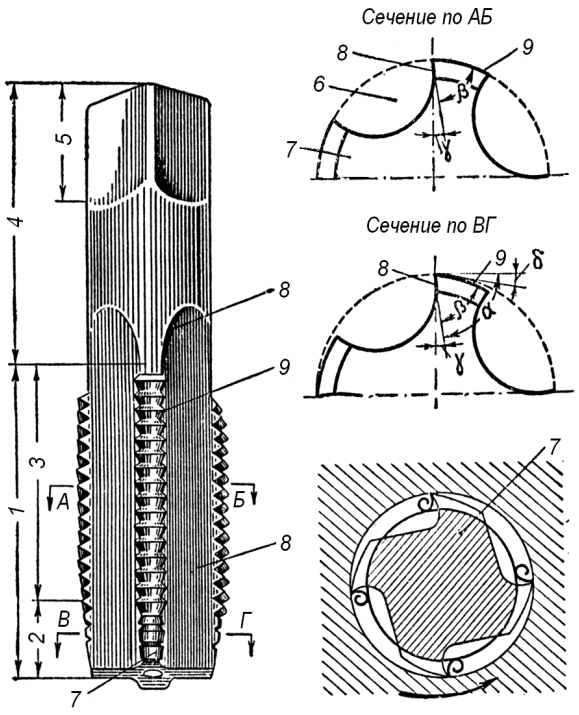


Рис. 3.557. Метчик и его элементы: *1* – рабочая часть; *2* – заборная часть; *3* – калибрующая часть; *4* – хвостовик; *5* – головка (квадратная); *6* – канавка; *7* – режущее перо; *8* – передняя поверхность; *9* – задняя поверхность; β – угол заострения; α – задний угол; δ – угол резания; γ – передний угол

Метчики диаметром до 20 мм обычно изготовляются с тремя, а метчики диаметром от 20 до 40 мм – с четырьмя канавками.

Режущими кромками метчика называются кромки на режущих перьях метчика, образованные пересечением передних поверхностей канавки с задними поверхностями рабочей части.

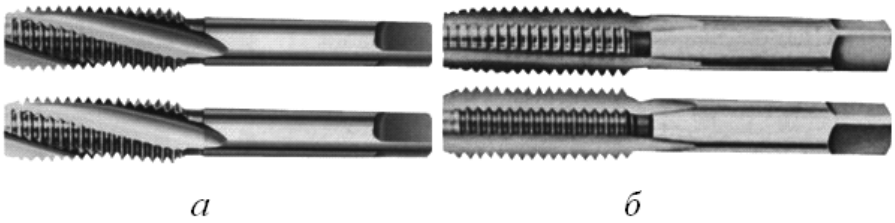


Рис. 3.558. Комплект метчиков с винтовыми (*а*) и прямыми (*б*) канавками

У режущих перьев различают передний и задний уголы и угол заострения.

Задняя поверхность режущих зубьев затылуется по спирали, что позволяет сохранять постоянным профиль зубьев после их переточек.

Устройство метчиков определяется их назначением. В зависимости от назначения метчики подразделяются на ручные (слесарные), гаечные, плашечные, маточные и специальные. По способу применения метчики делятся на две группы: ручные и машинные.

Ручные метчики (рис. 3.559) служат для нарезания резьбы вручную. Они обычно изготовляются комплектами из двух или трех метчиков. В комплект, состоящий из трех метчиков, входят черновой, средний (промежуточный) и чистовой метчики (или 1-й, 2-й и 3-й), а в комплект из двух метчиков – черновой и чистовой. В таком же порядке они применяются и при нарезании резьбы.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

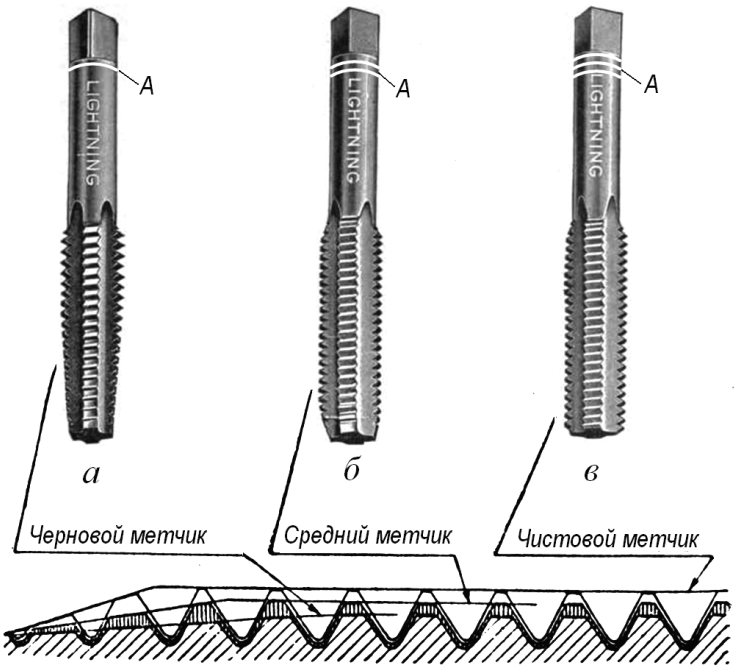


Рис. 3.559. Комплект ручных метчиков: *а* – черновой (с одной риской *А*); *б* – промежуточный или средний (с двумя рисками *А*); *в* – чистовой (с тремя рисками *А*)

На метчиках проставлены условные обозначения: черновой имеет на хвостовике одну круговую риску (канавку), средний метчик – две и чистовой – три риски; там же указывается тип резьбы и ее размер, например G 3/4", рис. 3.560.

По внешнему виду метчики одного комплекта различаются тем, что черновой метчик имеет большую заборную часть (конус) и срезанную нарезку на калибрующей части, средний метчик имеет меньшую заборную часть и более полную нарезку на калибрующей части, а чистовой метчик имеет незначительный заборный конус и полный профиль резьбы на калибрующей части. Обычно заборная часть первого метчика имеет 6-8 витков, второго – 3-4 витка и третьего 1,5-2 витка. Первый метчик срезает половину высоты витка резьбы (рис. 3.559) т.е. до 60% слоя металла, второй – еще 0,3 высоты (до 30% слоя металла), а третий калибрует резьбу начисто и снимает остальные 10% слоя металла. Для основной метрической и дюймовой резьбы комплект состоит из трех метчиков, для мелких метрических, а также для трубных резьб – из двух.

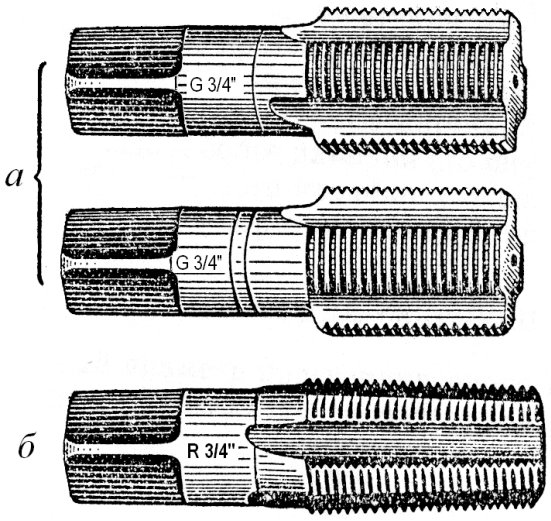


Рис. 3.560. Метчики для нарезания трубной резьбы: *а* – комплект из двух метчиков; *б* – конический метчик

Трубную резьбу нарезают цилиндрическими и коническими метчиками, рис. 2.680.

Рассмотренные ручные метчики, как правило, имеют прямую канавку. У таких метчиков канавки во время нарезания резьбы забиваются стружкой, в результате чего усиливается трение метчика о стенки отверстия. Это часто приводит к его поломке.

Для отвода стружки из канавок у метчиков, нарезающих сквозную (на проход) резьбу в стали и вязких металлах, на заборной части метчика затачивают скос (рис. 3.561, *а*) под углом 6-10° в направлении, обратном направлению резьбы. Следовательно, при правой резьбе делают левый скос, а при левой резьбе – правый. Благодаря наличию скоса стружка сходит в виде спирали через отверстие, просверленное под резьбу, рис. 3.561, *б*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Машинные метчики отличаются от ручных формой хвостовой части, а машинные метчики для нарезания сквозных отверстий – еще и более длинной (до шести витков резьбы) заборной частью. У машинных метчиков для нарезания несквозных отверстий заборная часть короткая (до двух витков резьбы).

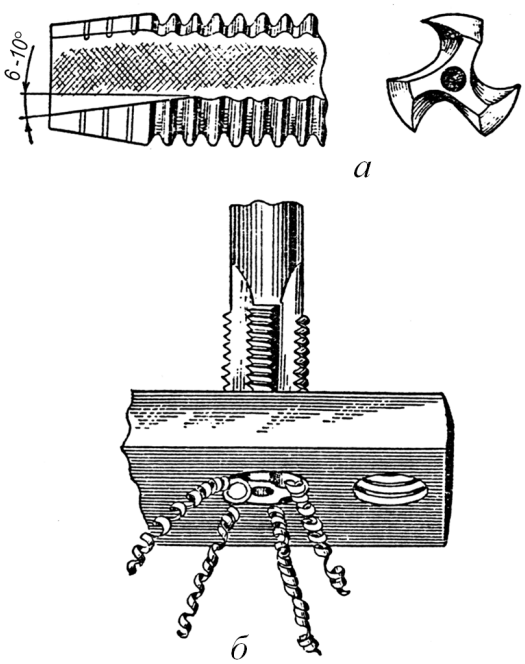


Рис. 3.561. Метчик со скошенной заборной частью: *а* – вид метчика; *б* – метчик в работе

При нарезании наружной резьбы ручным способом самым распространенным инструментом являются круглые плашки (лерки), которые делятся на цельные и разрезные (пружинящие), рис. 3.562.

Круглая плашка представляет собой кольцо. В центре этого кольца имеется резьбовое отверстие, вокруг которого расположены еще несколько, от 3 до 5 отверстий. Пересечения центрального и боковых отверстий образуют режущие кромки.

С обеих сторон резьбового отверстия плашки сделаны фаски на 1,5-2 витка резьбы, создающие заборные (режущие) части, рис. 3.562, *а*. На боковой образующей (наружной круглой поверхности) плашки есть 3 или 4 углубления (под углами 120 или 90°) для фиксирующих стопорных винтов, а на ее плоской поверхности маркируется номинал резьбы.

Разрезная плашка имеет боковую прорезь шириной 0,5-1,5 мм, рис. 3.562, *б*. Она позволяет незначительно (в пределах 0,1-0,25 мм) изменять диаметр резьбы с учетом износа режущей кромки плашки или твердости обрабатываемого материала. Большинство плашек имеют на боковой поверхности специальную выемку, по которой она разрезается при износе режущих кромок и используется уже как разрезная.

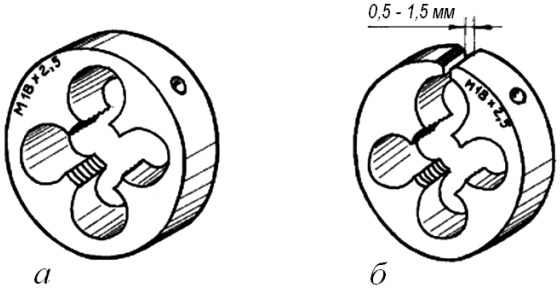


Рис. 3.562. Цельная (*а*) и разрезная (*б*) плашка

Плашку (рис. 3.563, *а*) крепят в специальном воротке (плашкодержателе) с одним или двумя крепежными и тремя установочными винтами. Крайние винты служат для уменьшения (сжатия), средний для увеличения (разжима) размера плашки. Нарезание резьбы производят за один ход.

На рис. 3.564 показана плашка *4* со специальными вырезами *6* которая крепится в плашкодержателе *5* винтом *7*, винты *1* и *3* служит для закрепления и сжатия плашки при регулировании ее размера после прорезания перемычки. Разжимается плашка с помощью винта *2*.

Накатывание резьб. Накатывают, как правило, наружные резьбы. Накатанные резьбы отличаются от нарезанных более высоким качеством резьбовой поверхности и большей прочностью резьбы. Более высокое качество резьбовой поверхности обусловлено тем, что такие резьбы получают без осуществления резания, т.е. без снятия стружки и, следовательно, при такой обработке отсутствуют, отрицательно влияющие на обработанную поверхность, факторы (срыв вершин резьбы, задиры и т.п.). Прочность резьбы увеличивается за счет пластического деформирования материала заготовки, которое происходит при накатывании резьбы выдавливанием части материала заготовки из впадин резьбы в ее вершины. Такое пластическое деформирование называется наклепом. Оно изменяет структуру металла, вызывая его упрочнение.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Накатывание резьбы осуществляется при помощи специальных роликов, устанавливаемых в корпусе резьбонакатной плашки, рис. 3.565. Накатные плашки применяются для получения резьб диаметром от 4 до 32 мм с шагом от 0,7 до 2,5 мм. Накатывание резьбы можно выполнять как вручную, так и на металлорежущих станках.

Приспособления и оснастка для резьбонарезного инструмента.

Воротки (рис. 3.566) служат для вращения от руки разверток, метчиков и т.п. Эти приспособления могут быть:

- нерегулируемые – плоские и шестигранные, с фиксированными размерами посадочных гнезд (1-6 шт.);
- регулируемые – имеют переменный размер гнезда. В корпус вмонтирован винтовой механизм, перемещающий зажимные губки-ползуны. Такие воротки встречаются 5-7 типоразмеров (для присоединительных квадратов от 2 до 25 мм);

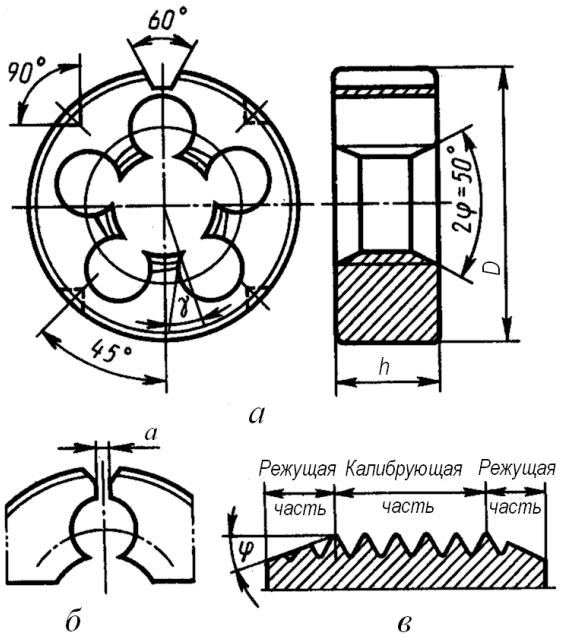


Рис. 3.563 Части и элементы круглой плашку: *а* – круглая плашка до разрезания; *б* – разрезанная круглая плашка; *в* – профиль резьбы рабочей части

- торцовые – применяются для работы в местах с ограниченным доступом, где работать обычным воротком невозможно из-за большого разлета его ручек. Они имеют цанговый патрон, а некоторые и храповой механизм, у которого есть переключатель на 3 положения для изменения направления вращения (среднее положение стопорит патрон). Торцовые воротки позволяют работать с метчиками, имеющими присоединительные квадраты до 10-15 мм. Они выпускаются как стандартной длины (80-100 мм), так и удлиненные (200-300 мм);
- удлинители – применяются для работы метчиком в труднодоступных местах.

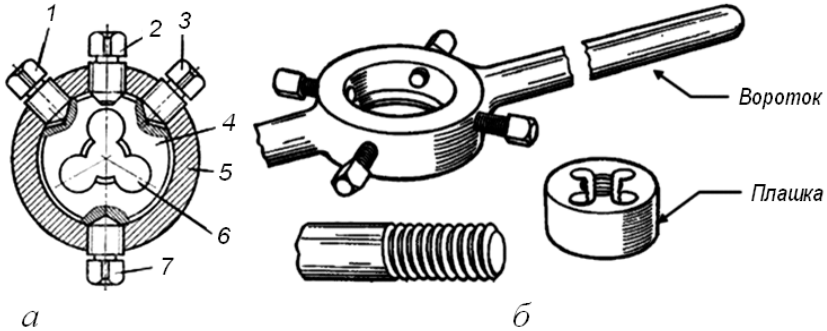


Рис. 3.564. Плашка закрепленная в воротке (*а*), вороток, лерка и нарезанная часть болта (*б*): *1*, *3* – винты для закрепления и сжатия плашки; *2* – винт для разжимания плашки; *4* – плашка; *5* – вороток; *6* – отверстия с режущей частью; *7* – винт крепления плашки

В табл. 2.95 – табл. 2.98 приведены размеры основных типов воротков, а на рис. 3.566, 3.567 их внешний вид.

Воротки для круглых плашек (плашкодержатели) представляют собой круглую обойму с двумя рукоятками, закаленными винтами фиксирующими плашку, которые вворачиваются в резьбовые отверстия. Как правило, их три, но в некоторых моделях может быть от 1 до 5. Накатка на ручках воротка делает работу удобнее.

По ГОСТ 22395-77 воротки изготовляются одногнездные и двухгнездные. Каждый тип воротков может изготавливаться с подкладными кольцами или без них. В табл. 2.99 приведены размеры основных типов воротков, а на рис. 3.568 их внешний вид.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

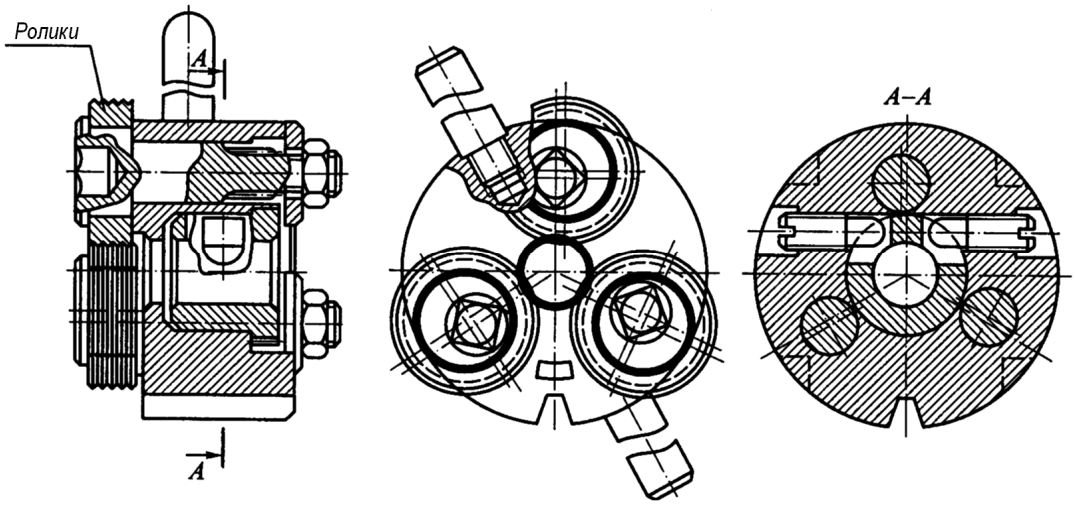


Рис. 3.565 Резьбонакатная плашка

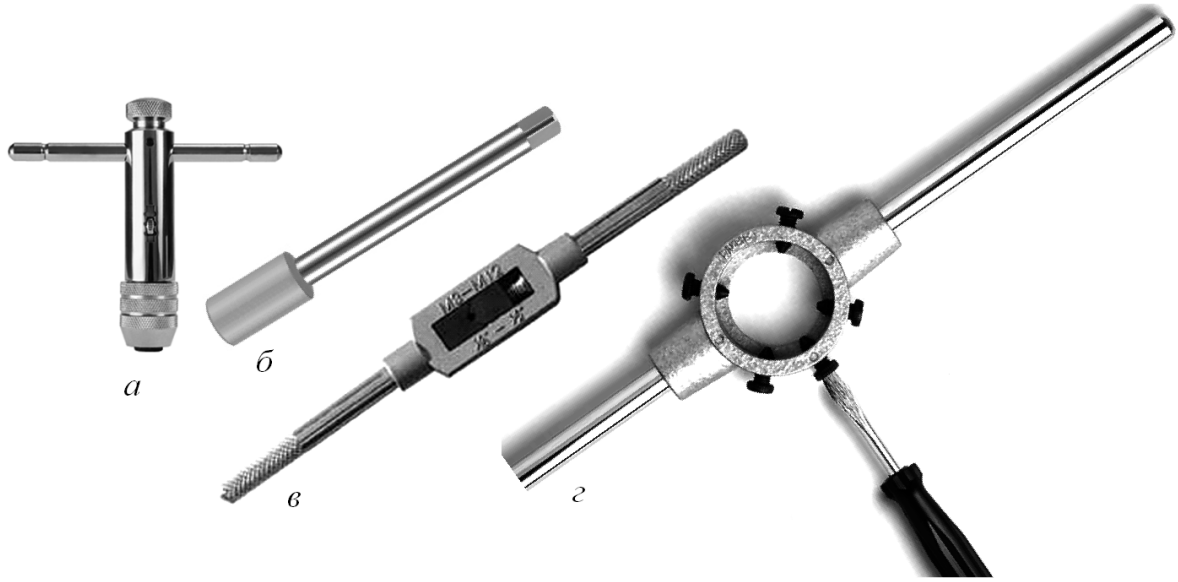


Рис. 3.566. Воротки: *а* – торцовой с храповым механизмом; *б* – удлинитель воротка; *в* – регулируемый; *г* – вороток для круглых плашек

Таблица 2.95 **Размеры одногнездных воротков по ГОСТ 22398-77**

Размер стороны квадрата, мм	Толщина воротка, мм	Длина воротка, мм	Размер стороны квадрата, мм	Толщина воротка, мм	Длина воротка, мм
1,80	4	90	5,00	8	10
2,00			5,60		
2,24	5		6,30	9	130
2,50			7,10	10	
2,80			8,00	11	
3,15	6		9,00	12	
3,55			10,00	13	
4,00	7	10	11,20	14	270
4,50					

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

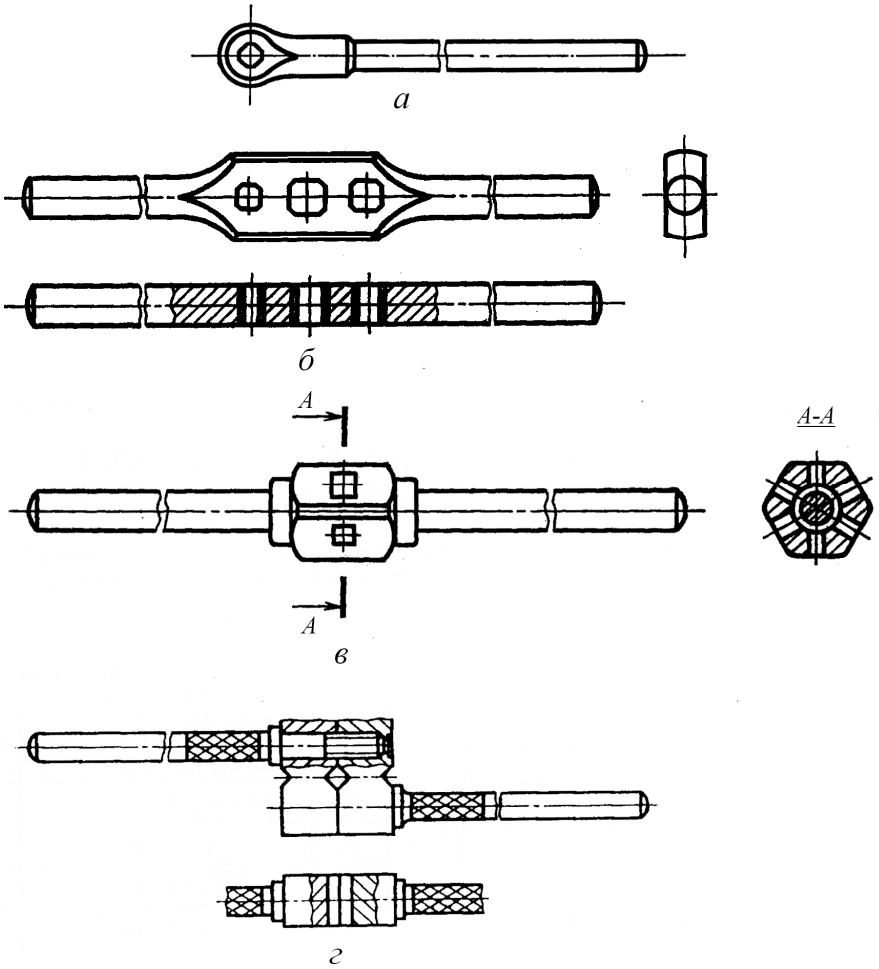


Рис. 3.567. Одногнездный (*а*), трехгнездный (*б*), шестигнездный (*в*) и раздвижной (*г*) воротки

Таблица 2.96 **Размеры трехгнездных воротков по ГОСТ 22399-77**

Размер стороны квадрата, мм			Длина воротка, мм
1-го	2-го	3-го	
2,24	2,50	2,8	150
3,13	3,55	4,0	200
4,50	5,0	5,6	250
6,30	7,10	8,0	300
9,0	10,0	11,2	340
12,50	14,0	16,0	400
18,0	20,0	22,4	600
25,0	28,0	31,5	720

Таблица 2.97 **Размеры шестигнездных воротков по ГОСТ 22399-77**

Размер стороны квадрата, мм						Длина воротка, мм
1-го	2-го	3-го	4-го	5-го	6-го	
2,5	4,5	3,55	2,8	4,0	3,15	150
5,0	9,0	5,60	6,3	8,0	7,10	240
10,0	18,0	11,20	12,5	16,0	14,0	380

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 2.98 **Размеры раздвижных воротков по ГОСТ 22401-83**

№ п/п	Размер стороны квадрата, мм	Толщина воротка, мм	Длина воротка, мм
1	От 1,8 до 4	6	134
2	От 1,8 до 4	10	220
	От 3,55 до 8		
3	От 3,55 до 8	20	340
	От 7,1 до 16		
4	От 7,1 до 16	24	520
	От 16 до 25		
5	От 16 до 25	36	800
	От 1,8 до 4		

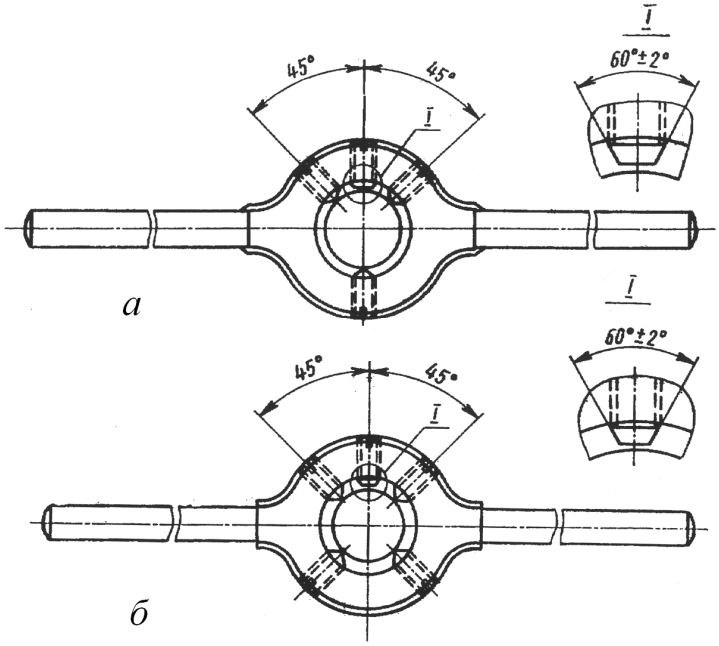


Рис. 3.568. Одногнездные воротки для круглых плашек: *а* – для плашек диаметром 16-20 мм; *б* – диаметром 25-90 мм

Таблица 2.99 **Размеры одногнездных воротков для круглых плашек по ГОСТ 22394 и ГОСТ 22395**

Диаметр отверстия под плашку, мм	Глубина отверстия, мм	Длина воротка, мм	Размер плашек, мм	Размер плашек с подкладными кольцами, мм	Номинальный диаметр резьбы, нарезаемой плашкой	
					Резьба метрическая, мм	Резьба трубная цилиндрическая, дюймовая
16	5,5	130	16х5	—	От 1 до 2,5	—
20	6,0	200	20х5	—	От 3 до 6	—
20	7,0		20х7	—		—
25	8,5	250	25х9	—	От 7 до 9	—
			—	25х7		—
30	10,0	300	30х11	—	От 10 до 11	—
			—	30х8		1/8

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 2.99

Диаметр отверстия под плашку, мм	Глубина отверстия, мм	Длина воротка, мм	Размер плашек, мм	Размер плашек с подкладными кольцами, мм	Номинальный диаметр резьбы, нарезаемой плашкой	
					Резьба метрическая, мм	Резьба трубная цилиндрическая, дюймовая
38	13,0	380	38x14	—	От 12 до 15	—
			—	38x10		1/4
45	17,0	480	45x16	—	От 16 до 20	—
			—	45x10	От 12 до 15	—
			—	45x14		От 3/8 до 1/2
55	20,0	580	55x22	—	От 22 до 26	—
			—	55x12	От 16 до 20	—
			—	55x16		От 5/8 до 3/4
65	23,0	680	65x25	—	От 27 до 36	—
			—	65x18	От 22 до 26	—
			—	65x18		От 7/8 до 1
75	28,0	780	75x30	—	От 38 до 42	—
			—	75x16	От 27 до 36	—
			—	75x20		От 1 1/8 до 1 1/4
90	34,0	900	90x36	—	От 85 до 52	—
			—	90x18	От 38 до 42	—
			—	90x22	От 45 до 52	От 1 3/8 до 1 1/2

3.8.4 Приемы и способы нарезания резьбы

Подбор сверл для сверления отверстий под резьбу. Точный диаметр отверстия под резьбу определяется в зависимости от материала детали и инструмента, которым нарезается резьба. При нарезании резьбы метчиками материал детали, в некоторой степени, выдавливается, причем в разной степени у разных металлов. Если просверлить отверстие точно по внутреннему диаметру резьбы, может случиться, что выдавливаемый метчиком металл защемит инструмент, и он сломается. Чтобы избежать защемления, следует выполнять отверстие под резьбу несколько больше внутреннего диаметра резьбы. Величина разности диаметров зависит от рода обрабатываемого металла.

При сверлении отверстия под резьбу нужно сообразовывать его диаметр с ее диаметром резьбы, рис. 3.569. Если диаметр сверла выбран неправильно, то дефектов не избежать: при диаметре отверстия больше требуемого резьба не будет иметь полного профиля; при меньшем диаметре отверстия будет затруднен вход в него метчика, что приведет либо к срыву резьбы, либо к заклиниванию и поломке метчика.

Диаметр сверла для сверления отверстия под резьбу выбирают обычно по таблицам, табл. 3.69 – 3.71, или вычисляют по формуле:

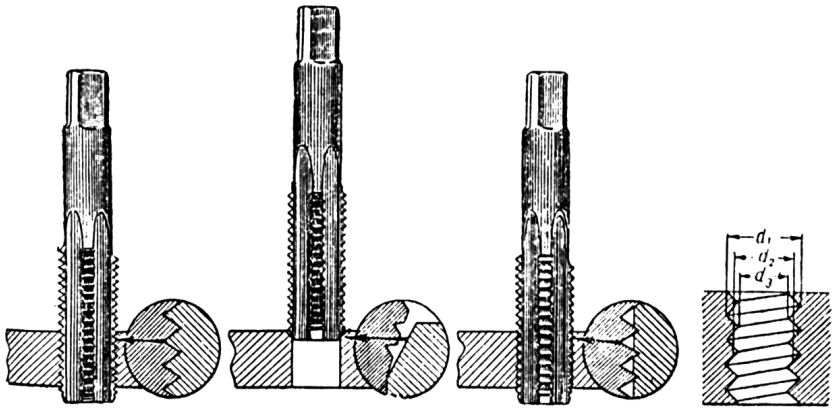
$$d_c = d - k_c P,$$

где: d_c – диаметр сверла, мм; d – номинальный диаметр резьбы, мм; k_c – коэффициент (обычно k_c = 1-1,08); P – шаг резьбы, мм. Размеры воротка для закрепления метчика (общая дли-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

на L, мм, и диаметр рукоятки воротка d, мм) выбирают в зависимости от диаметра метчика D, мм, и определяют по формулам:

$$L = 20D + 100;$$
$$d = 0{,}5D + 5.$$



а *б* *в*

Рис. 3.569. Нарезание резьбы метчиком: *а* – отверстие соответствует правильному размеру под резьбу; *б* – отверстие мало; *в* – отверстие велико; d_1 – наружный диаметр резьбы; d_2 – внутренний диаметр резьбы; d_3 – диаметр нормального отверстия под резьбу

Таблица 3.69 **Диаметры сверл для нарезания метрической резьбы при обработке стали и латуни**

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм		Диаметр сверла под резьбу, мм	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм		Диаметр сверла под резьбу, мм
	Крупный	Мелкий			Крупный	Мелкий	
2	0,4	—	1,60	10	1,5	—	8,5
	—	0,25	1,75		—	0,5	9,5
2,2	0,45	—	1,90		—	0,75	9,25
	—	0,25	2,05		—	1,0	9,0
2,5	0,45	—	2,15		—	1,25	8,8
	—	0,35	2,25	12	1,75	—	10,2
3	0,5	—	2,50		—	0,5	11,5
	—	0,35	2,65		—	0,75	11,25
3,5	0,6	—	2,90		—	1,0	11,0
	—	0,35	3,15		—	1,25	10,8
4	0,7	—	3,30		—	1,5	10,5
	—	0,5	3,5	14	2	—	12,0
5	0,8	—	4,2		—	0,5	13,5
	—	0,5	4,5		—	0,75	13,25
6	1	—	5,0		—	1,0	13,0
	—	0,5	5,5		—	1,25	12,8
	—	0,75	5,25		—	1,5	12,5
8	1,25	—	6,8	16	2	—	14,0
	—	0,5	7,5		—	0,5	15,5
	—	0,75	7,25		—	0,75	15,25
	—	1,0	7,0		—	1,0	15,0
					—	1,5	14,5

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.69

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм		Диаметр сверла под резьбу, мм	Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм		Диаметр сверла под резьбу, мм
	Крупный	Мелкий			Крупный	Мелкий	
18	2,5	—	15,5	33	3,5	—	29,5
	—	0,5	17,5		—	0,75	32,25
	—	0,75	17,25		—	1,0	32,0
	—	1,0	17,0		—	1,5	31,5
	—	1,5	16,5		—	2	31,0
	—	2	16,0		—	3	30,0
20	2,5	—	17,5	36	4	—	32,0
	—	0,5	19,5		—	1,0	35,0
	—	0,75	19,25		—	1,5	34,5
	—	1,0	19,0		—	2	34,0
	—	1,5	18,5		—	3	33,0
	—	2	18,0	39	4	—	35,0
22	2,5	—	19,5		—	1,0	38,0
	—	0,5	21,5		—	1,5	37,5
	—	0,75	21,25		—	2	37,0
	—	1,0	21,0		—	3	36,0
	—	1,5	20,5	42	4,5	—	37,5
	—	2	20,0		—	1,0	41,0
24	3	—	21,0		—	1,5	40,5
	—	0,75	23,25		—	2	40,0
	—	1,0	23,0		—	3	39,0
	—	1,5	22,5		—	4	38,0
	—	2	22,0	45	4,5	—	40,5
27	3	—	24,0		—	1,0	44,0
	—	0,75	26,25		—	1,5	43,5
	—	1,0	26,0		—	2	43,0
	—	1,5	25,5		—	3	42,0
	—	2	25,0		—	4	41,0
30	3,5	—	26,5	48	5	—	43,0
	—	0,75	29,25		—	1,0	47,0
	—	1,0	29,0		—	1,5	46,5
	—	1,5	28,5		—	2	46,0
	—	2	28,0		—	3	45,0
	—	3	27,0		—	4	44,0

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.70 **Диаметры сверл для нарезания дюймовой резьбы при обработке стали и латуни**

Резьба	Машиностроительная (унифицированная) резьба						Резьба Витворта			
	Особо-мелкая, для специального применения (UNEF)		Мелкая (UNF)		Крупная (UNC)		Крупная		Мелкая	
	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм
№0	—	—	80	1,25	—	—	—	—	—	—
1/16	—	—	—	—	—	—	60	1,05	—	—
№1	—	—	72	1,55	64	1,50	—	—	—	—
№2	—	—	64	1,90	56	1,80	—	—	—	—
3/32	—	—	—	—	—	—	48	1,70	—	—
№3	—	—	56	215	48	2,10	—	—	—	—
№4	—	—	48	2,40	40	2,35	—	—	—	—
№5	—	—	44	2,70	40	2,65	—	—	—	—
1/8	—	—	—	—	—	—	40	2,36	—	—
№6	—	—	40	2,95	32	2,85	—	—	—	—
5/32	—	—	—	—	—	—	32	2,95	—	—
№8	—	—	36	3,50	32	3,50	—	—	—	—
3/16	—	—	—	—	—	—	24	3,41	32	3,747
№10	—	—	32	4,10	24	4,00	—	—	—	—
№12	32	4,80	28	4,70	24	4,65	—	—	—	—
7/32	—	—	—	—	—	—	24	420	28	4,394
1/4	32	5,70	28	5,50	20	5,35	20	4,72	26	5,100
9/32	—	—	—	—	—	—	—	—	26	5,893
5/16	32	7,25	24	6,90	18	6,80	18	6,13	22	6,459
3/8	32	8,85	24	8,50	16	8,25	16	7,49	20	7,899
7/16	28	10,35	20	9,90	14	9,65	14	8,79	18	9,304
1/2	28	11,80	20	11,50	13	11,15	12	9,99	16	10,668
9/16	24	13,40	18	12,90	12	12,60	12	11,58	16	12,256
5/8	24	15,0	18	14,50	11	14,05	11	12,92	14	13,549
11/16	24	16,60	—	—	—	—	—	—	14	15,137
3/4	20	18,00	16	17,50	10	17,00	10	15,80	14	16,336
13/16	20	19,60	—	—	—	—	—	—	—	—
7/8	20	21,15	14	20,40	9	20,00	9	18,61	12	19,269
15/16	20	22,70	—	—	—	—	—	—	—	—
1	20	24,30	12	23,25	8	22,85	8	21,34	11	22,148
1 1/16	18	25,80	—	—	—	—	—	—	—	—

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.70

Резьба	Машиностроительная (унифицированная) резьба						Резьба Витворта			
	Особо-мелкая, для специального применения (UNEF)		Мелкая (UNF)		Крупная (UNC)		Крупная		Мелкая	
	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм	Число ниток резьбы на дюйм	Диаметр сверла под резьбу, мм
1 1/8	18	27,35	12	26,50	7	25,65	7	23,93	10	24,969
1 1/4	18	30,55	12	29,50	7	28,85	7	27,11	9	28,138
1 5/16	18	32,10	—	—	—	—	—	—	—	—
1 3/8	18	33,70	12	32,75	6	31,55	6	29,51	9	30,861
1 7/16	18	35,30	—	—	—	—	—	—	—	—
1 1/2	18	36,90	12	36,00	6	34,70	6	32,68	8	34,036
1 9/16	18	38,55	—	—	—	—	—	—	—	—
1 5/8	18	40,10	—	—	—	—	5	34,77	8	37,211
1 11/16	18	41,60	—	—	—	—	—	—	—	—
1 3/4	—	—	—	—	4,5	40,40	5	37,95	8	39,802
1 7/8	—	—	—	—	—	—	4,5	40,40	—	—
2	—	—	—	—	4,5	46,30	4,5	43,58	7	46,152
2 1/4	—	—	—	—	4,5	52,65	4	49,02	6	51,730
2 1/2	—	—	—	—	4	58,50	4	55,37	6	58,080
2 3/4	—	—	—	—	4	64,75	3,5	60,56	6	64,430
3	—	—	—	—	4	71,10	3,5	66,91	5	69,692
3 1/4	—	—	—	—	4	77,45	3,25	72,55	5	76,042
3 1/2	—	—	—	—	4	83,80	3,25	78,90	4,5	81,670
3 3/4	—	—	—	—	4	90,15	3	84,41	4,5	88,020
4	—	—	—	—	4	96,50	3	90,76	4,5	94,370

Таблица 3.71 **Диаметры сверл для нарезания трубной резьбы**

Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр сверла под резьбу, мм		Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр сверла под резьбу, мм	
	Цилиндрическую	Коническую		Цилиндрическую	Коническую
1/16"	—	6,561	7/8"	28,25	—
1/8"	8,80	8,566	1"	30,75	30,291
1/4"	11,80	11,445	1 1/8"	35,30	—
3/8"	15,25	14,950	1 1/4"	39,25	38,952
1/2"	19,00	18,631	1 3/8"	41,70	—
5/8"	21,00	—	1 1/2"	45,25	44,845
3/4"	24,50	24,117	1 3/4"	51,10	—

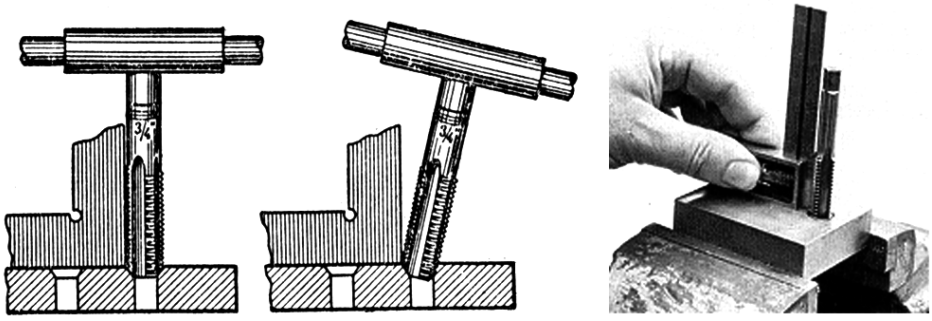
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.71

Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр сверла под резьбу, мм		Диаметр резьбы в дюймах	Диаметр сверла под резьбу, мм	
	Цилиндрическую	Коническую		Цилиндрическую	Коническую
2"	57,00	56,656	3 1/4"	91,50	—
2 1/4"	63,10	—	3 1/2"	97,70	—
2 1/2"	72,60	72,226	3 3/4"	104,00	—
2 3/4"	78,90	—	4"	110,40	110,072
3"	85,30	84,926			

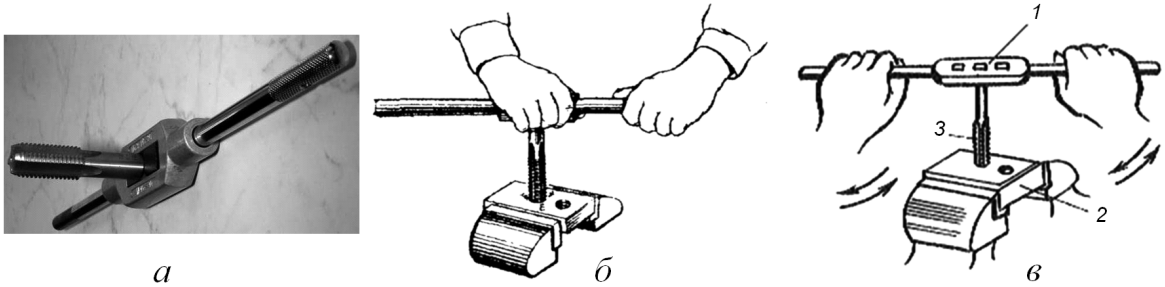
Чтобы получить правильную и чисто нарезанную резьбу, необходимо**,** рис. 2.569:

- Разметить заготовку, установить ее на верстаке, или закрепить в тисках.
- Выбрать диаметр сверла для сверления отверстия под резьбу.
- Просверлить отверстие (сквозное или на нужную глубину) и зенковать его приблизительно на 1 мм зенковкой 90 или 120°.
- Очистить отверстие от стружки.
- Подобрать черновой метчик нужного диаметра, с нужным шагом и видом резьбы, смазать его рабочую часть маслом и установить заборной частью в отверстие так, чтобы его ось совпадала с осью отверстия, иначе резьба получится косой или же сломается метчик. Установку метчика производить по угольнику (рис. 3.570) или на глаз.
- Надеть на квадрат хвостовика вороток (рис. 3.571, *а*), ввести метчик заборной частью в отверстие, правой рукой нажать на вороток вдоль его оси (рис. 3.571, *б*) и медленно, без рывков вращать вороток по часовой стрелке, не ослабляя нажима и не отклоняясь от отвесного направления до врезания его в металл заготовки на несколько ниток.
- Как только метчик прорезал одну-две нитки в отверстии, переходят на вращение воротка двумя руками, рис. 3.571, *в*.



а *б* *в*

Рис. 3.570. Установка метчика по угольнику: *а* – правильно; *б* – неправильно; *в* – прием установки метчика по угольнику



а *б* *в*

Рис. 3.571. Нарезание внутренней резьбы: *а* – метчик закрепленный в воротке; *б* – прием установки метчика в отверстие и начало нарезания резьбы; *в* – прием нарезания резьбы; *1* – вороток; *2* – изделие; *3* – метчик

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Дальнейшее вращение метчика должно быть таким: один-два оборота по часовой стрелке, затем пол-оборота против часовой стрелки (для дробления стружки). При этом по часовой стрелке метчик вращают с нажимом вниз, а против – свободно. На рис. 3.572 и 3.573 приведен пример нарезания резьбы метчиками малого размера.

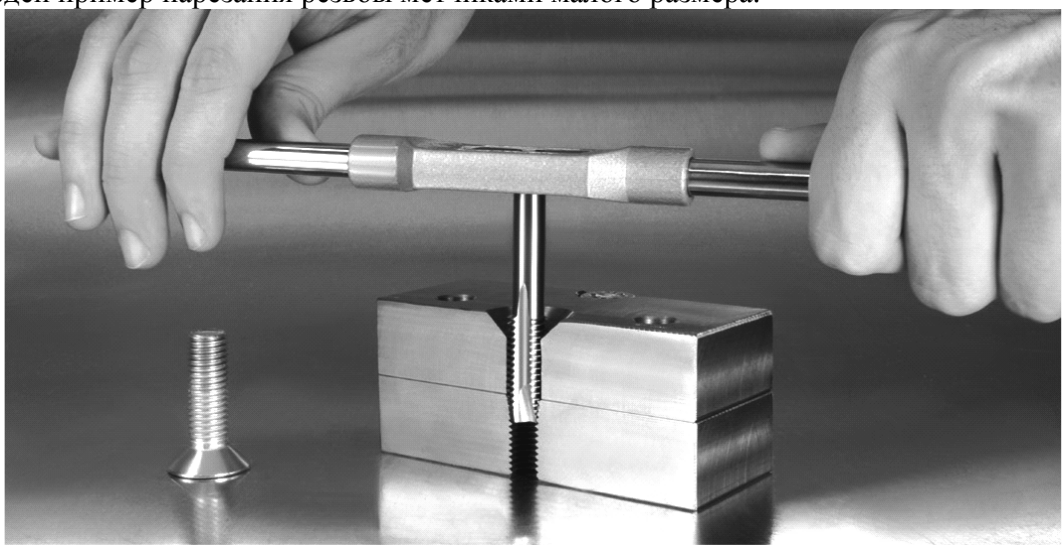
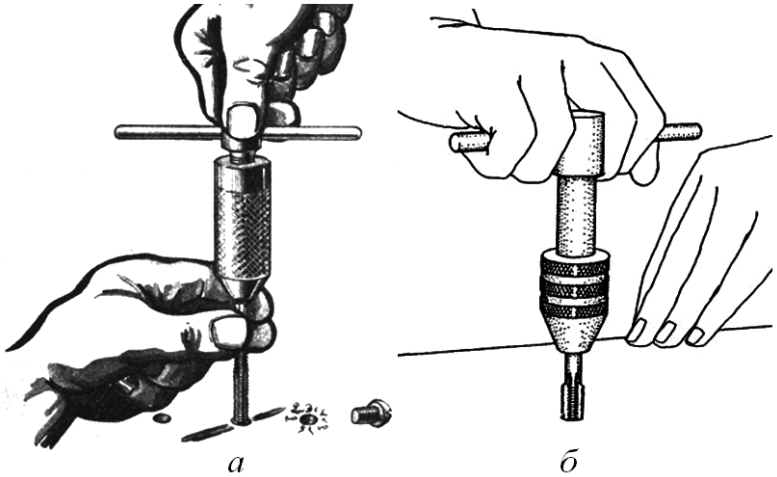


Рис. 3.572. Нарезание резьбы метчиком



а *б*

Рис. 3.573. Нарезания резьбы метчиком малого размера: *а* – установка метчика; *б* – прием работ

- Нарезание резьбы производить до полного входа рабочей части метчика в отверстие.
- Во время нарезания резьбы смазывать метчик смазкой.
- Следить за движением метчика – если метчик вращается туго, не надо увеличивать усилие поворота, метчик может сломаться. В этом случае необходимо вывернуть метчик из отверстия и установить причину, затрудняющую его вращение. Такой причиной может быть слишком малый диаметр отверстия, затупление метчика, засорение отверстия стружками металла.
- При нарезании резьбы в вязких металлах время от времени выворачивают метчик и очищают его и отверстие от стружки.
- Второй и третий метчики также смазывают смазочным материалом и устанавливают в отверстии без воротка. Вороток надевают после того, как станет ясно, что метчик идет по резьбе правильно, и продолжают нарезание резьбы, но уже без нажима. Чтобы облегчить работу при нарезании глубоких отверстий, метчик надо два-три раза вывернуть из отверстия.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

- После окончания нарезания резьбы инструмент протирают чистой ветошью, смывают смазочный материал и кладут на планшетку. Качество резьбы в условиях мастерских можно проверить, вворачивая в отверстие соответствующий болт, рис. 3.574, *в*.

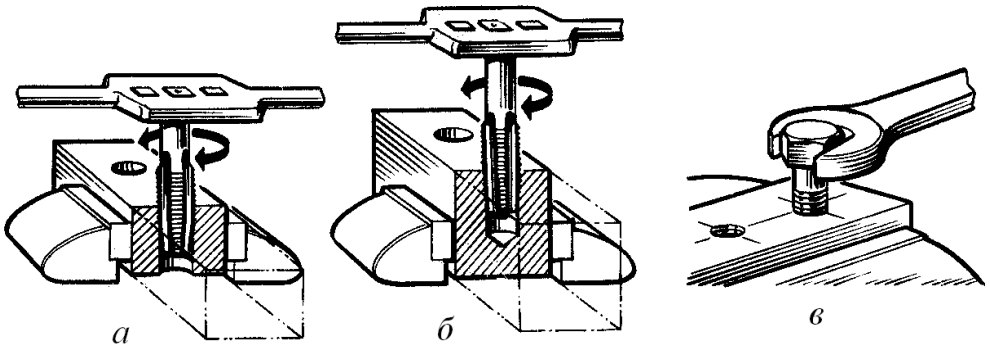


Рис. 3.574. Нарезание резьбы в сквозном (*а*), в глухом (*б*) отверстии и проверка качества резьбы вворачиванием болта (*в*)

Порядок нарезания резьбы в глухих отверстиях имеет некоторые особенности. Во-первых, глубину отверстия под глухую резьбу нужно сверлить на 5-6 ниток резьбы больше, чем это предусмотрено по чертежу, для того чтобы рабочая часть метчика немного вышла за пределы этой длины или применяют метчики с укороченной заборной частью, рис. 3.575, *б*. В отверстии, не имеющем по глубине запаса, соответствующего заборной части метчика, резьба получится неполной. Во-вторых, после серии двух-трех рабочих и обратных оборотов метчик следует выворачивать из отверстия и очищать полость отверстия от стружки.

Большое трение, возникающее при нарезании резьбы, приводит к сильному нагреву инструмента и притуплению режущих кромок.

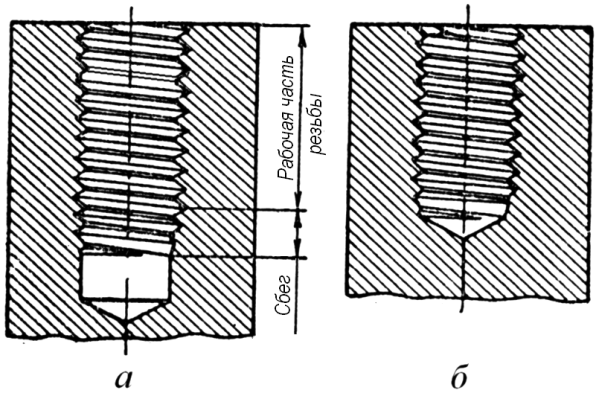


Рис. 3.575. Зависимость между глубиной отверстия и длиной рабочей части метчика: *а* – нарезание резьбы обычным метчиком; *б* – метчиком с укороченной заборной частью

Для уменьшения трения, а также для получения резьбы с низкой шероховатостью применяют следующие смазочные материалы: для стали – вареное масло; для чугуна и алюминия – керосин; для меди – скипидар. Нарезание резьбы в чугунных и бронзовых заготовках можно производить «всухую». Ни в коем случае нельзя применять при нарезании резьбы машинные и минеральные масла, так как они значительно увеличивают сопротивление, которое метчик должен преодолеть во время работы, отрицательно влияют на чистоту отверстия и способствуют быстрому износу метчика.

Примечание. Применение вареного масла при нарезании резьбы имеет один серьезный недостаток – требуется после окончания работы промывка инструмента растворителями, в противном случае (вареное масло это та же самая олифа, только не разбавленная) через некоторое время масло засыхает, и удалить его с поверхности инструмента становится крайне затруднительно. Этого недостатка не имеет сало. Инструмент в любое время можно промыть горячей водой. Еще более удобно в работе – топленое сало (смалец).

Удаление сломанных метчиков. При поломке метчик удаляют из отверстия несколькими способами.

1. Если из отверстия торчит обломок метчика, то выступающую часть захватывают плоскогубцами или ручными тисочками и вывертывают обломок из отверстия.

2. Если деталь из алюминиевого сплава, то можно вытравить сломанный инструмент 20% азотной кислотой. На алюминий она практически не действует, а стальной метчик ми-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

нут через 15 «ослабнет» так, что его без труда можно извлечь. Этот способ очень эффективен при удалении обломков метчика из глухого отверстия.

Из сквозных отверстий осколок метчика после травления выбивают бородком (рис. 3.576), а в глухих отверстиях травят до полного растворения режущих кромок.

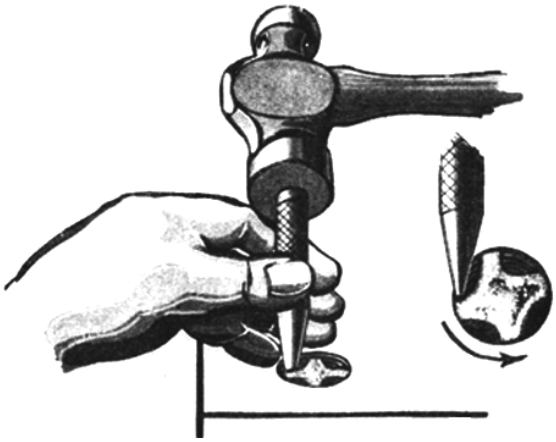


Рис. 3.576. Удаление сломанного метчика

Прием выбивания метчика применим и для стальных деталей. В этом случае необходимо позаботиться о сохранности материала детали вокруг проблемного отверстия, сделав буртик из подходящего, нейтрального к кислоте материала, например воска, пластилина или парафина. В процессе удаления сломанного метчика необходимо следить за химическим процессом более пристально, так как эрозии подвергается и внутренняя часть отверстия. Поэтому травить необходимо только до заметного ослабления «посадки» инструмента, при этом диаметр резьбы после удаления сломанного метчика, удается оставить прежним. Для предотвращения дальнейшей коррозии деталь необходимо промыть в мыльном растворе и высушить.

Сломанные метчики М6 и выше удаляют оправкой, имеющей три-четыре торцевых выступа, которые заводятся в канавки остатков метчика; вращением оправки вывинчивают метчик. Перед извлечением сломанного метчика необходимо закапать в отверстие смесь масла с керосином.

Удаление остатка сломавшегося в отверстии метчика, выше перечисленными способами, является сложной проблемой и часто сопровождается повреждением резьбы или даже самой детали. Наиболее эффективное решение этой проблемы – «выжигание» остатка метчика с помощью электрической эрозии.

Особенностью конструкции метчика является то, что если убрать его среднюю часть, сердцевину (рис. 3.577), то оставшиеся в отверстии режущие кромки легко можно «выковырнуть» не повредив самой резьбы.

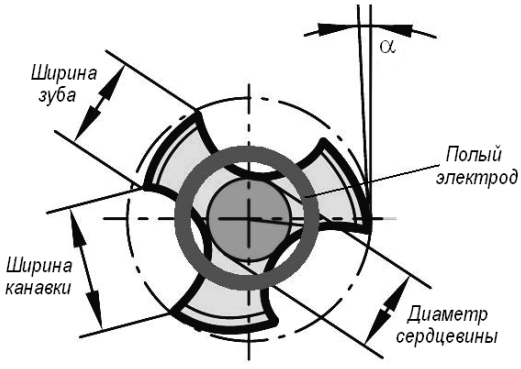


Рис. 3.577. Удаление сломанного метчика электрической эрозией

Устройство для извлечения сломанных частей представляет собой электроэрозионный дезинтегратор, состоящий из генератора, виброголовки с хвостиком (для закрепления в шпинделе сверлильного станка) и насоса для подачи охлаждающей жидкости.

Принцип работы приспособления заключается в том, что в отверстие вводится полый медный или медно-вольфрамовый вибрирующий электрод, диаметр которого меньше диаметра остатка метчика. Амплитуда, частота и направление колебаний вибрирующего электрода специально подбирают. При подаче напряжения вибрация электрода вызывает возникновение искр, которые разрушают остатки удаляемого инструмента, рис. 3.578. Подаваемая под давлением через тело трубчатого электрода водная эмульсия охлаждает деталь и одновременно вымывает частички разрушенного металла. Оставшиеся в отверстии фрагменты разрушенного инструмента легко можно удалить с помощью подручных средств.

На рис. 3.579 приведена портативная установка «Eromobil Er 230s». Питание установки однофазное напряжение – 220 В. Потребляемая мощность – 3,6 кВт. Масса – 22 кг.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

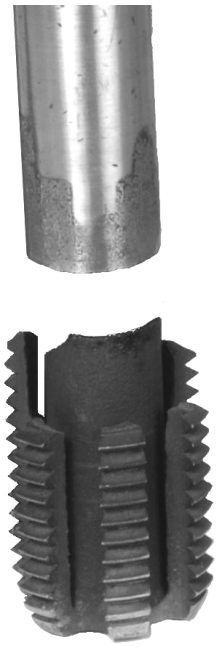


Рис. 3.578. Фрагмент метчика в процессе разрушения, режущие грани остаются целыми, резьба не разрушается

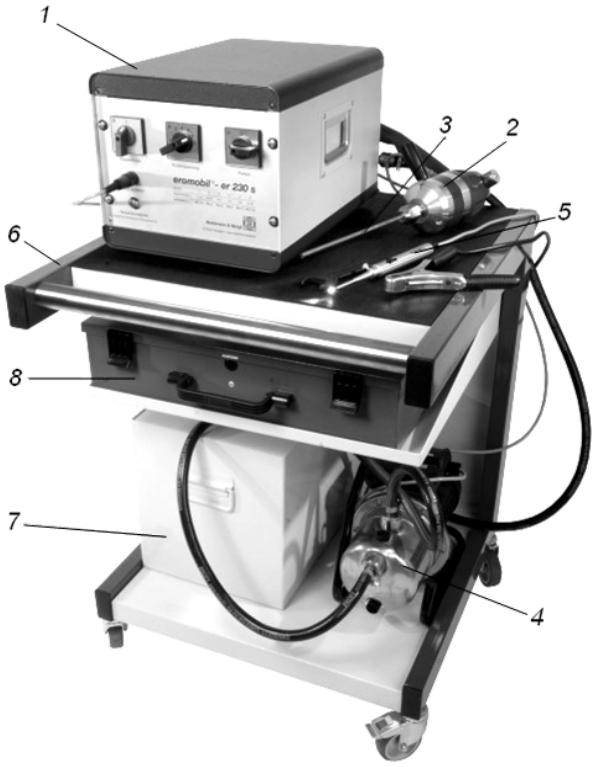


Рис. 3.579. Портативная электроэрозионная установка «Eromobil Er 230s»: *1* – генератор; *2* – вибрирующая головка; *3* – электрод; *4* – насос охлаждения; *5* – осветительная лампа; *6* – тележка; *7* – бак для охлаждающей жидкости; *8* – ящик для контакторов и инструмента

Генератор установки представляет металлический ящик с электронной начинкой, с двумя удобными рукоятками для переноски на боковых стенках. На передней и задней панелях генератора расположены рукоятки управления и присоединительные устройства.

На передней панели генератора расположены три рукоятки управления (включение/выключение, регулировка мощности, рукоятка управления насосом), гнездо подключения осветительного приспособления, индикаторная лампа контроля перегрева.

Задняя панель генератора оборудована всеми необходимыми штуцерами и электрическими разъемами для подключения вибрирующей головки, насоса и провода заземления.

Для удерживания вибрирующей головки при закреплении в патроне сверлильного станка используется специальная рукоятка. Кроме того, резьбовое гнездо от выкрученной рукоятки может использоваться для крепления вибрирующей головки на различные стационарные приспособления для удобства применения.

Нарезание резьбы плашками. При нарезании резьбы плашками (3.580) необходимо правильно подобрать диаметр нарезаемого стержня, табл. 3.72 и 3.73. Если диаметр стержня будет мал, резьба получится неполной, прочность резьбового соединения будет меньшей требуемой. Если диаметр стержня будет больше, чем следует, то работать плашкой будет трудно в связи с тем, что при нарезании диаметр стержня увеличивается за счет деформации металла. Большой диаметр стержня может привести к заеданию плашки и срыву резьбы. Установлено, что лучшего качества резьба получается тогда, когда диаметр стержня на 0,3-0,4 мм меньше наружного диаметра резьбы.

Перед нарезанием резьбы конец стержня на всю длину нарезки обтачивают или опиливают для ликвидации овальности до соответствующего диаметра и на самом конце снимают фаску. Стержни под резьбу должны иметь чистую поверхность. Нельзя нарезать стержни, покрытые окалиной или ржавчиной, так как в этом случае сильно изнашиваются плашки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

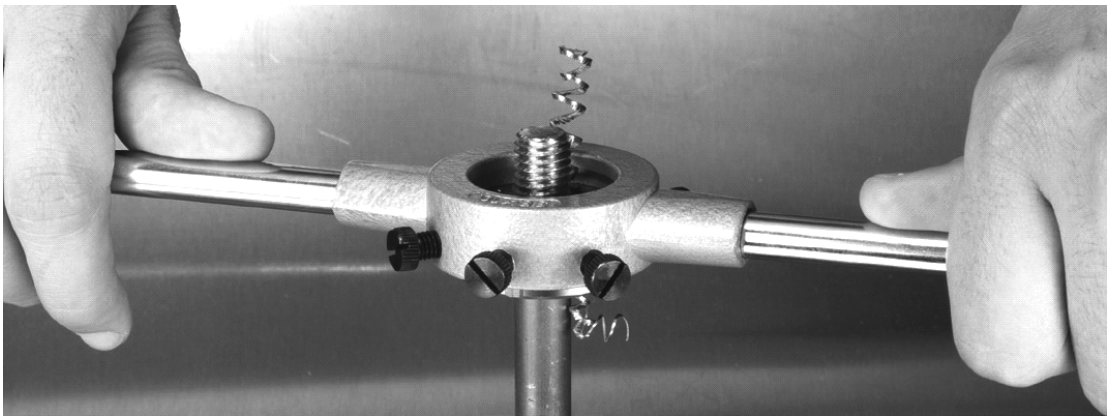


Рис. 3.580. Нарезание резьбы на стержне круглой плашкой

Таблица 3.72 **Диаметры стержней под метрическую резьбу при нарезании плашками**

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы		Диаметр стержней под резьбу, мм		
	Крупный	Мелкий	Номинальный диаметр с полем допуска		Предельное отклонение
			6h	6g	
2	0,4	—	1,93		-0,05
2,2	0,45	—	2,24		
2,5	0,45	—	2,43		-0,06
3	0,5	—	2,92		
3,5	0,6	—	3,42		
4	0,7	—	3,92		-0,08
	—	0,5			-0,06
5	0,8	—	4,94	4,92	-0,10
	—	0,5			-0,06
6	1	—	5,92	5,89	-0,1
	—	0,5	5,94	5,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
8	1,25	—	7,9	7,87	-0,11
	—	0,5	7,94	7,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	7,92	7,89	-0,1
10	1,5	—	9,88	0,85	-0,12
	—	0,5	9,94	9,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	9,92	9,89	-0,1
	—	1,25	9,90	9,87	-0,11
12	1,75	—	11,86	11,83	-0,13
	—	0,5	11,94	11,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	11,92	11,89	-0,1
	—	1,25	11,90	11,87	-0,11
	—	1,5	11,88	11,85	-0,12

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.72

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы		Диаметр стержней под резьбу, мм		
	Крупный	Мелкий	Номинальный диаметр с полем допуска		Предельное отклонение
			6h	6g	
14	2	—	13,84	13,8	-0,13
	—	0,5	13,94	13,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	13,92	13,89	-0,1
	—	1,25	13,90	13,87	-0,11
	—	1,5	13,88	13,85	-0,12
16	2	—	15,84	15,8	-0,13
	—	0,5	15,94	15,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	15,92	15,89	-0,1
	—	1,5	15,88	15,85	-0,12
18	2,5	—	17,84	17,8	-0,18
	—	0,5	17,94	17,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	17,92	17,89	-0,1
	—	1,5	17,88	17,85	-0,12
	—	2	17,84	17,80	-0,13
20	2,5	—	19,84	19,8	-0,18
	—	0,5	19,94	19,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	19,92	19,89	-0,1
	—	1,5	19,88	19,85	-0,12
	—	2	19,84	19,80	-0,13
22	2,5	—	21,84	21,8	-0,18
	—	0,5	21,94	21,92	-0,06
	—	0,75			-0,09
	—	1,0	21,92	21,89	-0,1
	—	1,5	21,88	21,85	-0,12
	—	2	21,84	21,80	-0,13
24	3	—	23,84	23,79	-0,22
	—	0,75	23,94	23,92	-0,09
	—	1,0	23,92	23,89	-0,1
	—	1,5	23,88	23,85	-0,12
	—	2	23,84	23,80	-0,13
27	3	—	26,84	26,79	-0,22
	—	0,75	26,94	26,92	-0,09
	—	1,0	26,92	26,89	-0,1
	—	1,5	26,88	26,85	-0,12
	—	2	26,84	26,80	-0,13

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Окончание таблицы 3.72

Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы		Диаметр стержней под резьбу, мм		
	Крупный	Мелкий	Номинальный диаметр с полем допуска		Предельное отклонение
			6h	6g	
30	3,5	—	29,84	29,79	-0,27
	—	0,75	29,94	29,92	-0,09
	—	1,0	29,92	29,89	-0,1
	—	1,5	29,98	29,85	-0,12
	—	2	29,84	29,80	-0,13
	—	3		29,79	-0,22
33	3,5	—	32,84	32,79	-0,27
	—	0,75	32,94	32,92	-0,09
	—	1,0	32,92	32,89	-0,1
	—	1,5	32,88	32,85	-0,12
	—	2	32,84	32,80	-0,13
	—	3	32,84	32,79	-0,22
36	4	—	35,84	35,78	-0,32
	—	1,0	35,92	35,89	-0,1
	—	1,5	35,88	35,85	-0,12
	—	2	35,84	35,80	-0,13
	—	3		35,79	-0,22
39	4	—	38,84	38,78	-0,32
	—	1,0	38,92	38,89	-0,1
	—	1,5	38,88	38,85	-0,12
	—	2	38,84	38,80	-0,13
	—	3	38,84	38,79	-0,22
42	4,5	—	41,84	41,78	-0,34
	—	1,0	41,92	41,89	-0,1
	—	1,5	41,88	41,85	-0,12
	—	2	41,84	41,80	-0,13
	—	3		41,79	-0,22
	—	4		41,78	-0,32
45	4,5	—	44,84	44,78	-0,34
	—	1,0	44,92	44,89	-0,1
	—	1,5	44,88	44,85	-0,12
	—	2	44,84	44,80	-0,13
	—	3		44,79	-0,22
	—	4		44,78	-0,32
48	5	—	47,84	47,77	-0,37
	—	1,0	47,92	47,89	-0,1
	—	1,5	47,88	47,85	-0,12
	—	2	47,84	47,80	-0,13
	—	3		47,79	-0,22
	—	4		47,78	-0,32

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Таблица 3.73 **Диаметры стержней под дюймовую резьбу при нарезании плашками**

Резьба трубная			Резьба дюймовая		
Диаметр в дюймах	Диаметр стержня, мм		Диаметр в дюймах	Диаметр стержня, мм	
	наименьший	наибольший		наименьший	наибольший
1/4	5,9	6,0	1/8	9,4	9,5
5/16	7,5	7,6	1/4	12,7	13,0
3/8	9,1	9,2	3/8	16,2	16,5
1/2	12,1	12,2	1/2	20,7	20,7
5/8	15,3	15,4	5/8	22,4	22,7
3/4	18,4	18,5	3/4	25,9	26,2
7/8	21,5	21,6	7/8	29,7	30,0
1	24,6	24,8	1	32,7	33,0
1 1/4	30,8	31,0	1 1/8	37,3	37,3
1 1/2	37,1	37,3	1 1/4	41,4	41,7
			1 3/8	43,7	44,1
			1 1/2	47,1	47,5

Нарезания резьбы плашкой производится следующим образом. Стержень зажимают в тисках, сверху на него накладывают плашку и начинают вращать ее по часовой стрелке (если это правая резьба). Если диаметр стержня выбран правильно, то резьба получится полной и чистой, рис. 3.581. Если диаметр стержня больше требуемого или отсутствует фаска, то плашка не будет навинчиваться на стержень. Попытки применения силы при этом могут кончиться только порчей стержня или срывом резьбы.

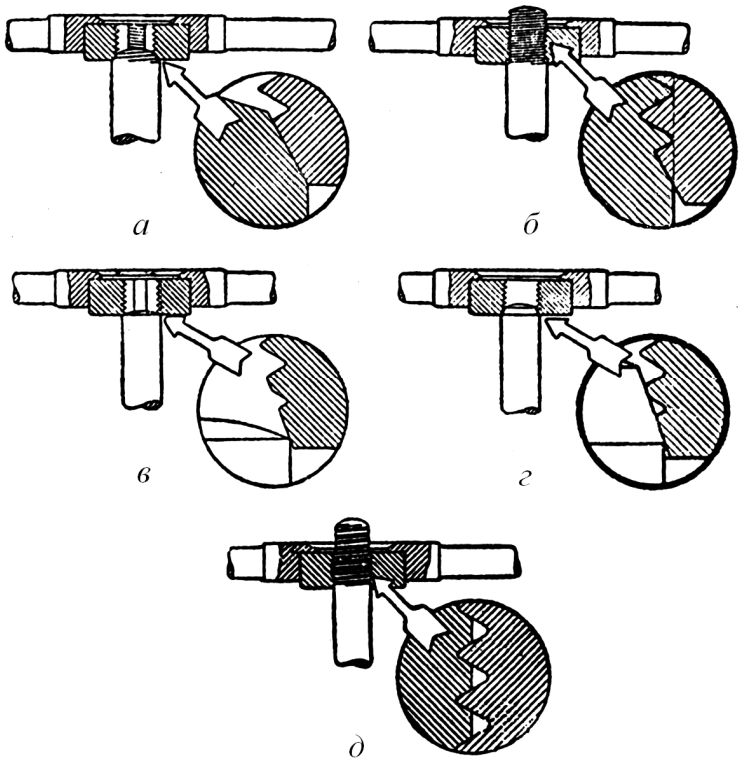


Рис. 3.581. Нарезание наружной резьбы плашками: *а – неправильно*, наружный диаметр стержня слишком велик; *б – правильно*, наружный диаметр стержня должен быть слегка меньше наружного диаметра резьбы, при этом плашка не «заедает, а резьба получается достаточно полной; *в – неправильно*, отсутствует фаска, плашка плохо забирает; *г – правильно*, стержень имеет фаску, плашка берет металл легко; *д – неправильно*, наружный диаметр стержня слишком мал, профиль резьбы неполный

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Порядок нарезания наружной резьбы следующий:

- выбрать заготовку нужного диаметра, закрепить ее в тисках и на конце заготовки, предназначенном для нарезания резьбы, снять фаску шириной 2-3 мм;
- плашку закрепить в воротке – плашкодержателе упорными винтами таким образом, чтобы маркировка на плашке находилась на наружной стороне;
- конец стержня (заготовки) смазать смазочным материалом и под углом 90° наложить на него плашку (маркировка на плашке должна оказаться снизу). Для лучшего врезания стержень вначале не смазывают до достижения правильного положения плашки и врезания на 1-2 нитки. В дальнейшем стержень смазывают, рис.3.582;

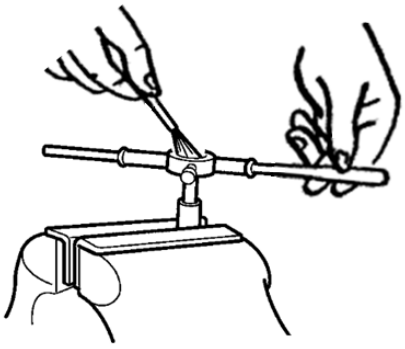


Рис. 3.582. Наложение смазки на плашку и нарезаемый стержень

- с усилием прижимая плашку к заготовке, вращать рукоятку плашкодержателя по часовой стрелке до врезания плашки в стержень на 1-2 нитки; вращательные движения осуществлять в таком порядке: один-два оборота – по часовой стрелке, 1/2 оборота – против;
- во время врезания необходимо строго следить за горизонтальным расположением плоскости плашки, как только плашка врежется в стержень, нажим прекращают и начинают вращать плашкодержатель по часовой стрелке (на 1/2 оборота в одну сторону и 1/4 оборота в другую), плашка сама «пойдет» по направлению резьбы, рис. 3.583;
- после нарезания резьбы на нужной длине стержня плашку снять с заготовки обратными вращательными движениями;
- выполнив задание, плашку вынуть из плашкодержателя, протереть чистой тряпкой или ветошью, смыть смазочный материал и уложить на место хранения.

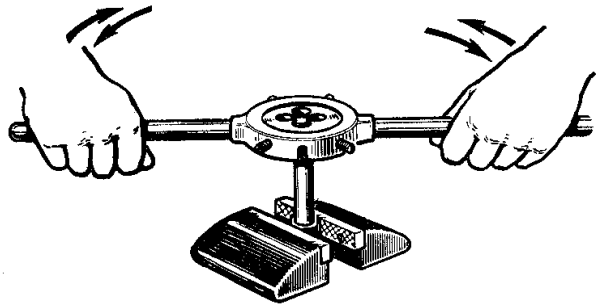


Рис. 3.583. Прием нарезания резьбы плашкой

Нарезанную резьбу проверяют с помощью гайки, которая должна вращаться по резьбе свободно при небольшом усилии. Слишком свободная посадка гайки (с зазором) недопустима.

На рис. 3.584 приведен прием нарезания резьбы на стержнях малого диаметра.

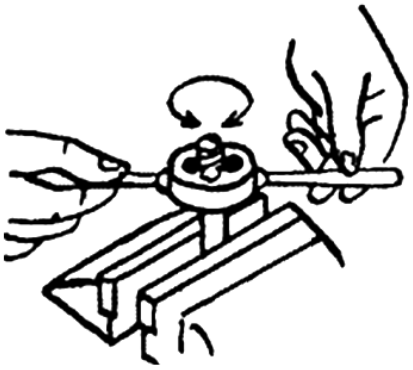


Рис. 3.584. Прием нарезания резьбы на стержнях малого диаметра

При нарезании резьбы на трубах, предназначенных для прокладки трубопроводов, порядок вращательных движений плашкодержателя имеет одну особенность. В начале резьбы, как обычно, один-два оборота вперед (по часовой стрелке) и 1/2 оборота назад (против часовой стрелки), а при прорезании последних нескольких ниток обратное вращение производить не следует. Нарезанная таким образом резьба имеет так называемый сбег, то есть последние нитки резьбы прорезаются на меньшую глубину, что способствует лучшему запиранию трубопровода.

Резьбу определенной, фиксированной длины, можно нарезать двумя способами. Первый – периодически производить замеры нарезаемой резьбы измерительными инструментами. Второй – использовать плашкодержатель с направляющим фланцем и втулкой: плашкодержатель надевают на заготовку до упора плашки, втулку выкручивают

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

на требуемую длину резьбы и закрепляют. При вращательных движениях плашкодержателя фланец будет навинчиваться на втулку, увлекая за собой плашку.

Измерение и проверка резьбы. В большинстве случаев определение типа резьбы заключается в следующем: определяется направление подъема витков (левая или правая резьба), система (метрическая или дюймовая), шаг и диаметр резьбы, рис. 3.585.

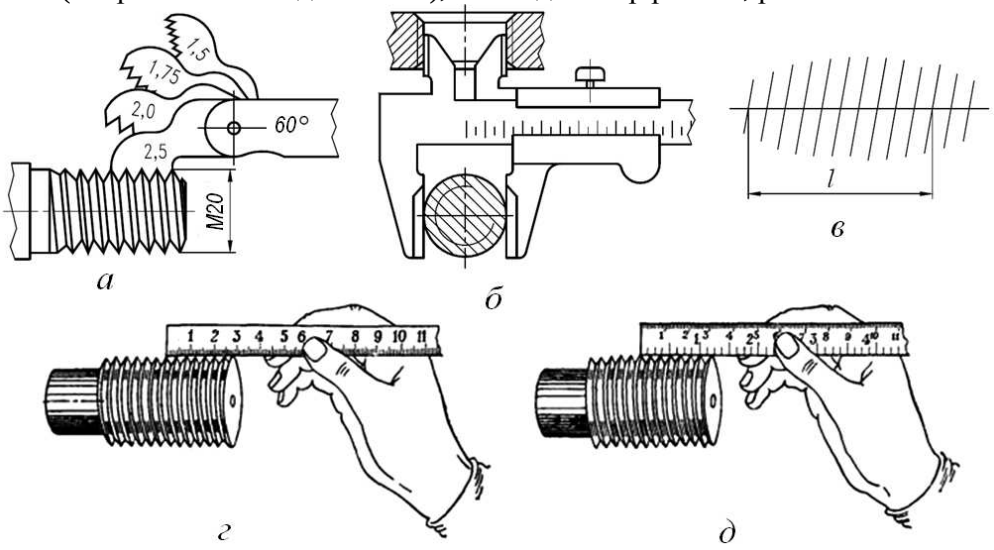


Рис. 3.585. Измерение шага и диаметра резьбы: *а* – резьбомером; *б* – штангенциркулем; *в* – по прокатоному отпечатку на листе бумаги; *г* – линейкой метрической и *д* – дюймовой резьбы

Правую или левую резьбу определяют по расположению ниток резьбы. Если гайка навертывается по часовой стрелке, значит резьба правая, если против часовой стрелки, то резьба левая.

Для определения системы резьбы и шага резьбы или числа ниток на одном дюйме применяется резьбомер. Резьбомер является одномерным инструментом для измерения наружных и внутренних резьб. Он состоит из набора стальных пластинок, на которых выполнен профиль резьбы с надписями размеров. На колодке метрического резьбомера выбито клеймо «*М60°*», а на каждой пластине шаг (*мм*), рис. 3.586, *а*. На колодке дюймового резбомера стоит клеймо «*Д55°*», а на каждой пластине – число витков на длине одного дюйма, рис. 3.586, *б*.

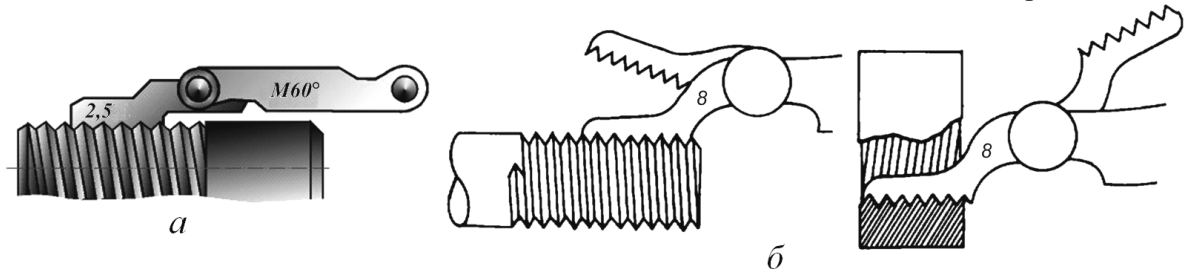
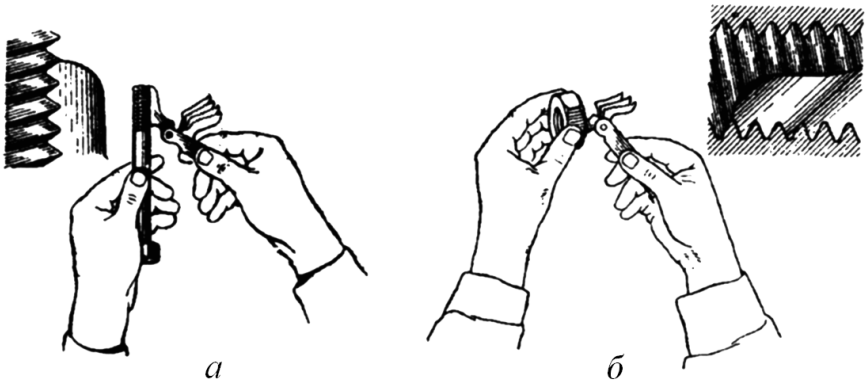


Рис. 3.586. Резьбомер: *а* – метрический; *б* – дюймовый

Для определения резьбы резбомером берут в руки болт или гайку, последовательно накладывают пластинки резьбомера для метрической или дюймовой резьбы на проверяемую резьбу так, чтобы шаблон (гребенка) был размещен вдоль оси болта или гайки, а зубья шаблона вошли в резьбовые нитки болта или гайки, рис. 3.587. После того как профиль резьбы шаблона точно совпадет с резьбой болта (гайки), по надписи на шаблоне устанавливают шаг метрической или число ниток на дюйм для дюймовой резьбы.

Для проверки диаметра резьбы штангенциркулем, болт помещают между измерительными поверхностями длинных губок штангенциркуля так, чтобы они были расположены вдоль оси болта, а рабочие поверхности были наложены на вершины резьбовых ниток, рис. 3.588, *а*.

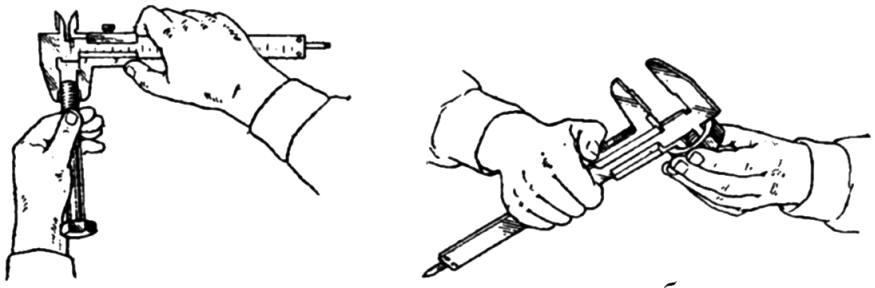
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б*

Рис. 3.587. Прием измерения наружной (*а*) и внутренней (*б*) резьбы резьбомером

Небольшим усилием большого пальца правой руки подвижную губку перемещают до соприкосновения с наружной поверхностью резьбы. Затем проверяют диаметральное положение губок штангенциркуля и закрепляют их стопорным винтом (при перемещении губок штангенциркуля перпендикулярно оси болта должно ощущаться незначительное трение между губками и болтом). Штангенциркуль осторожно снимают с болта и считывают размер по нониусу.



а *б*

Рис. 3.588. Прием измерения диаметра резьбы штангенциркулем: *а* – наружной; *б* – внутренней

Для проверки внутреннего диаметра резьбы штангенциркулем, его короткие губки вставляют в резьбовое отверстие (гайку), рис. 3.588, *б*. Губки должны легко соприкасаться с вершинами ниток резьбы. Положение рамки фиксируют стопорным винтом. Закончив измерение, штангенциркуль осторожно вынимают из отверстия и результат измерения определяют по нониусу.

«Прогонка» неполной или забитой резьбы на болтах и гайках. Последовательность выполнения работы заключается в следующем.

Штангенциркулем измеряют наружный диаметр резьбы и определяют систему и шаг резьбы резьбомером.

При подборе метчиков и плашек обращают внимание на остроту и исправность режущих кромок. Нельзя применять метчики и плашки с выкрашиваниями или забоинами на резьбовых нитках.

Вороток должен соответствовать по размеру резьбонарезному инструменту. Плашку устанавливают в плашкодержателе клеймением вверх, закрепляют специальными винтами *1-3* и *5*, рис. 3.589, *б*. Винт *4* служит для регулирования зазора в разрезной плашке. После того как болт вертикально закреплен в тисках, на болт и плашку кисточкой наносят соответствующий смазочный материал.

Метчик вставляют в отверстие гайки и слегка повертывают его, рис. 3.589, *а*. После того как метчик вошел в нитку болта, «прогонку» (нарезку) резьбы производят обычным методом.

Плашку с плашкодержателем накладывают на конец болта так, чтобы имеющаяся на плашке маркировка находилась наверху, а плоскость плашки была перпендикулярна оси

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

болта, затем стараются ввести плашку в нитку болта, слегка повертывают ее, рис. 3.589, *б*. После того как плашка вошла в нитку болта, «прогонку» (нарезку) резьбы производят обычным методом.

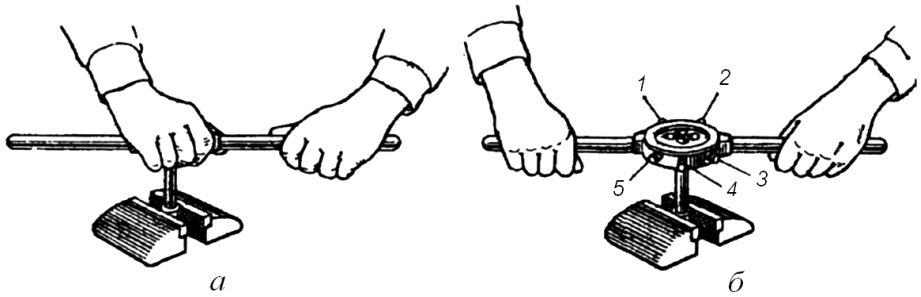


Рис. 3.589. Прием прогонки резьбы: *а* – установка и начало прогонки резьбы в гайке; *б* – прогонка резьбы плашкой

2.12.5 Контроль качества изготовленной резьбы

Различают два вида контроля резьбы – комплексный и дифференциальный. Комплексный контроль, являющийся наиболее распространенным, осуществляют с помощью резьбовых калибров, рис. 3.590.

Рабочими калибрами для контроля внутренней резьбы являются резьбовые пробки: проходная ПР и непроходная НЕ. Если пробка ПР ввинчивается в гайку, то средний диаметр резьбы не превышает установленный предельный размер, 3.591. Если непроходная пробка НЕ не ввинчивается в гайку, то средний диаметр резьбы превышает установленный предельный размер.

Наружную резьбу проверяют резьбовыми проходными и непроходными кольцами, а также резьбовыми скобами.

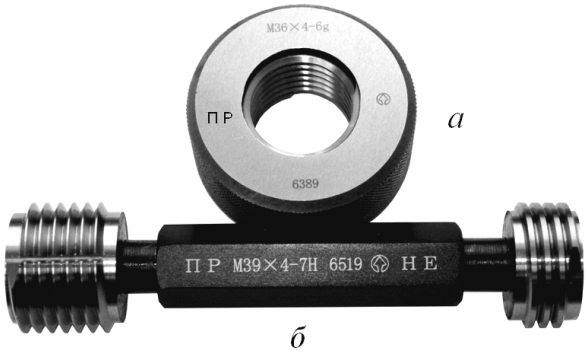


Рис. 3.590. Резьбовое проходное кольцо (*а*) и резьбовая пробка (*б*)

С помощью проходного и непроходного резьбового кольца контролируется средний диаметр наружной резьбы обрабатываемого предмета. Проходное резьбовое кольцо должно легко навинчиваться рукой по всей длине резьбы. Если это невозможно, то резьба не соответствует технической спецификации.

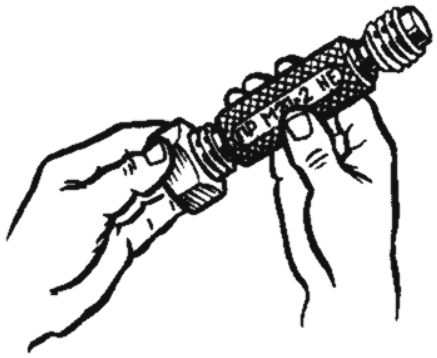


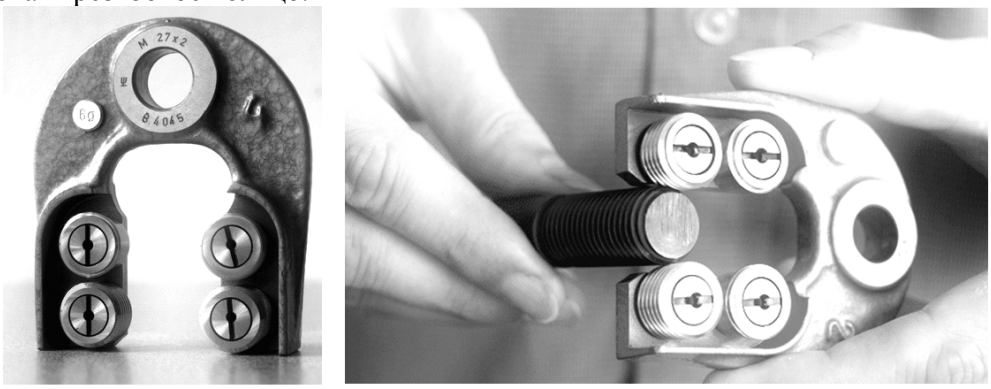
Рис. 3.591. Прием проверки калибром внутренней резьбы

Непроходное резьбовое кольцо допускается легко навинтить рукой с обеих сторон, однако, не более чем на два оборота обрабатываемого предмета. Если возможное навинчивание превышает два шага резьбы, резьба не соответствует техническим требованиям. Непроходное резьбовое кольцо не должно быть навинчено на весь обрабатываемый предмет, у которого только три или менее шагов резьбы.

С помощью резьбового калибра-скобы (рис. 3.592) контролируется средний диаметр наружной резьбы обрабатываемого предмета. Для установки резьбового калибра-скобы используется сравнительная установочная пробка. Резьбовой калибр-скоба

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

прежде всего применяется при длинной резьбе или при больших производственных сериях, где продолжительное завинчивание резьбового кольца требует намного больше времени, или при приемке уже смонтированной конструкции, где из-за недоступности резьбы нельзя использовать резьбовое кольцо.



а *б*

Рис. 3.592. Резьбовой калибр-скоба (*а*) и прием проверки резьбы (*б*)

Дифференциальный контроль, т.е. раздельный контроль каждого параметра резьбы, осуществляют при проверке резьбовых калибров, резьбонарезных инструментов, ходовых и микрометрических винтов, а также при установлении точности какого-либо параметра резьбы. Для дифференциального контроля используют как универсальные, так и специальные средства измерения.

Измерение параметров наружных резьб. Средний диаметр наружной резьбы измеряют двумя способами. Первый способ основан на использовании микрометра с резьбовыми вставками, рис. 3.593, *а*. Установка микрометра осуществляется по образцу *3*. Резьбовые вставки устанавливают в специальные гнезда: призматическую вставку *2* – в пятку, а конусную *1* – в микрометрический винт. Для контроля метрических резьб всех размеров используют набор, состоящий из семи пар вставок. Точность измерения в этом случае достигает 0,1 мм.

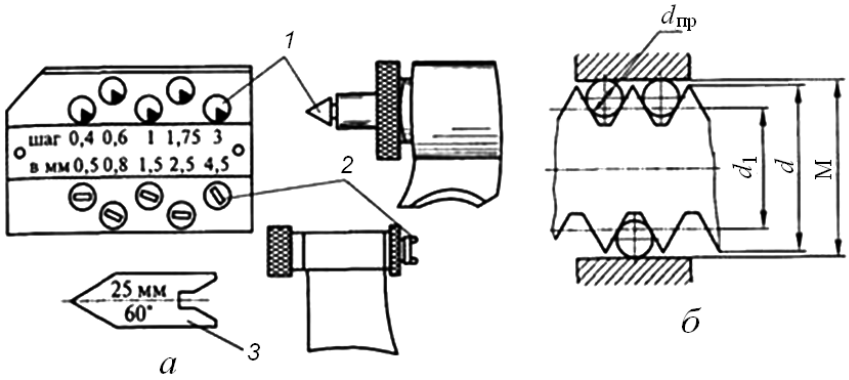


Рис. 3.593. Способы поэлементного контроля наружных резьб: *а* – микрометром с резьбовыми вставками; *б* – калиброванными проволочками; *1-2*– конусная и призматическая резьбовые вставки соответственно; *3* – образец для настройки на размер; *d* – наружный диаметр резьбы; d_1 – средний диаметр резьбы; *M* – измеряемый размер; $d_{пр}$ – диаметр проволочек

Второй способ – измерение среднего диаметра наружной резьбы с помощью калиброванных проволочек (рис. 3.593, *б*) обеспечивает большую точность, чем первый. Этот способ является косвенным, так как с помощью микрометра измеряют размер *M*, который связан со средним диаметром d_1 следующей зависимостью:

$$d_1 = M - d_{пр} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha / 2}\right) + \frac{P/2 \cdot ctg\alpha}{2},$$

где: α – угол профиля; *P* – шаг резьбы.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для метрической резьбы эта зависимость принимает более простую форму:

$$d_1 = M - 3d_{пр} + 0{,}866P\,,$$

где: $d_{пр}$ – диаметр калибровочных проволочек, который выбирают по справочникам в зависимости от шага измеряемой резьбы.

Измерение параметров внутренних резьб. Средний диаметр измеряют с помощью микрометрических нутромеров с резьбовыми вставками (рис. 3.594, *а*) и индикаторных нутромеров со сферическими или раздвижным пробковыми вставками (рис. 3.594, *б*). На рис. 3.594, *в* показана направляющая резьбовая пробка *2*, которая ввинчивается с зазором в контролируемую резьбу *5*. В пробку вмонтированы сферические вставки *4*, перемещение которых осуществляется конической иглой *3*, а показания фиксируется индикатором *1*.

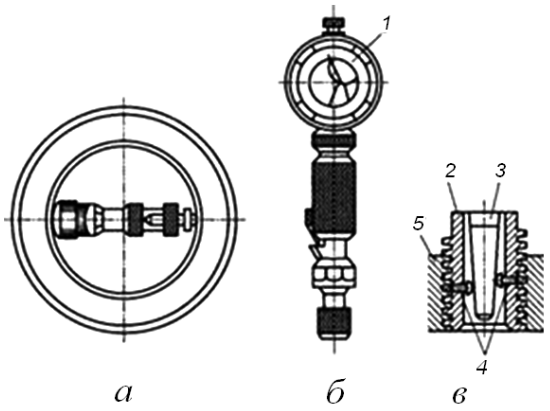


Рис. 3.594. Схемы измерения среднего диаметра внутренних резьб микрометрическим нутромером с резьбовыми вставками (*а*), индикаторным нутромером с пробковой вставкой (*б*) и резьбовая пробка (*в*): *1* – индикатор; *2* – резьбовая пробка; *3* – коническая игла; *4* – сферические вставки; *5* – контролируемая резьба

Измерение параметров внутренней резьбы сферическим наконечником, аналогично измерению среднего диаметра наружной резьбы с помощью калибровочных проволочек, которые используют для резьбовых отверстий диаметром более 18 мм.

В табл. 2.105 приведены типичные дефекты при нарезании резьбы, причины их появления и способы предупреждения.

Табл. 3.74 **Дефекты при нарезании резьбы и способы их предупреждения**

Дефект	Причина	Способ предупреждения
Рваная резьба	Изношенный метчик или плашка	Заменить метчик
	Неудовлетворительное охлаждение метчика	Увеличить охлаждение
	Перекос метчика или плашки относительно отверстия при неправильной установке	Правильно установить инструмент, не допускать перекоса
Неполный профиль резьбы (тупая резьба)	Диаметр просверленного отверстия под резьбу больше требуемого или диаметр стержня меньше требуемого	Правильно подбирать диаметры сверла и метчика (плашки)
	Малая величина переднего и заднего углов сверла	Заменить инструмент Выбирать инструмент с учетом обрабатываемого материала
	Высокая вязкость материала заготовки	
Неточный профиль резьбы	Малая величина переднего угла метчика или плашки	Заменить инструмент
	Недостаточная длина заборного конуса	
	Инструмент изношен или неправильно заточен	
	Смазочно-охлаждающая жидкость не соответствует материалу обрабатываемой заготовки	Применять соответствующую смазочно-охлаждающую жидкость
	Чрезмерно высокая скорость резания	Выбирать рациональную скорость резания(по таблице)
Ослабленная резьба	Разбивание резьбы метчиком при неправильной его установке	Устанавливать метчик без перекоса

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.74

Дефект	Причина	Способ предупреждения
Ослабленная резьба	Биение инструмента	Устранить биение инструмента
	Применение повышенных скоростей резания	Выбирать нормальные скорости резания (по таблице)
Тугая резьба	Диаметр инструмента не соответствует заданному диаметру резьбы	Применять инструменты необходимого диаметра
Конусность резьбы	Неправильное вращение метчика (разбита верхняя часть отверстия)	Правильно устанавливать метчик, правильно работать метчиком
Поломка метчика	Защемление стружки при вывертывании метчика	Периодически выводить метчик из отверстия для удаления стружки
	Заниженный диаметр отверстия под резьбу	Применять сверла требуемого диаметра
Срыв резьбы	Диаметр просверленного отверстия под резьбу меньше требуемого	
	Затупившийся метчик	Заменить метчик
	Стружка забивается в канавках метчика	Периодически выводить метчик из отверстия для удаления стружки

Контрольные вопросы

1. Какие существуют системы резьб и чем они отличаются друг от друга?
2. С помощью чего можно определить систему и шаг резьбы?
3. Как определить диаметр отверстия под резьбу?
4. Как определить диаметр стержня под резьбу?
5. Какие правила необходимо соблюдать при нарезании внутренней резьбы?
6. Какие правила необходимо соблюдать при нарезании наружной резьбы?

3.9 Клепка соединений

3.9.1 Безопасность труда при клепке

Приступая к выполнению заклепочных соединений слесарь обязан внимательно осмотреть весь инструмент и приспособления.

В процессе клепки, следует соблюдать общие правила безопасности (на рабочем месте должны находиться только те инструменты и приспособления, которые необходимы в данное время; работать можно только исправным инструментом).

Молотки должны быть прочно насажены на рукоятки и закреплены клиньями. Рукоятка молотка должна иметь овальное сечение с равномерным утолщением к концу. Поверхность рукоятки должна быть чистой и гладкой, без сучков, трещин и сколов. Длина рукоятки для молотков массой до 300 г должна составлять 250-300 мм, а массой 300-500 г – 350 мм. Рабочие поверхности молотка должны иметь гладкую ровную поверхность без трещин и сколов.

Натяжки и обжимки не должны иметь трещин и сколов. Поверхность ударной части должна быть гладкой и слегка выпуклой, не должна быть сбитой или скошенной.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.9.2 Инструмент для клепки

Для ручной клепки применяются следующие инструменты: слесарный молоток (как правило, используется молоток с квадратным бойком), поддержка под закладную головку, натяжка и обжимка.

Молоток для выполнения клепки выбирается по массе ударной части, в зависимости от диаметра заклепки:

Диаметр заклепки, мм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0	8,0
Масса молотка, г	100	150	150-200	200-300	300-350	350-400	400-450	450-500

Поддержка служит опорой при расклепывании стержня заклепки; ее масса должна быть в 4-5 раз больше массы молотка. Поддержка, на которую опирается полукруглая закладная головка заклепки, должна иметь лунку с формой, соответствующей форме закладной головки заклепки.

Натяжка (рис. 3.595, *а*) служит для осаживания листов, подлежащих клепке, вдоль стержня заклепки. По оси натяжки выполняется глухое отверстие, в которое входит стержень заклепки при осаживании листов, подлежащих соединению. Диаметр отверстия натяжки не должен превышать диаметра заклепки более чем на 1,0-1,5 мм.

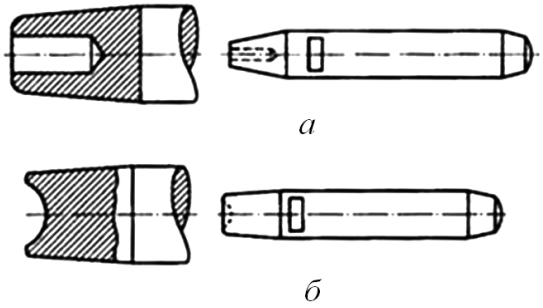


Рис. 3.595. Натяжка (*а*) и обжимка (*б*)

Обжимка (рис. 3.595, *б*) представляет собой стержень, на конце которого выполнено углубление для формирования после осаживания бойком молотка замыкающей полукруглой головки заклепочного соединения. Форма этого углубления должна соответствовать форме замыкающей головки. Потайные замыкающие головки оформляются бойком молотка без обжимки.

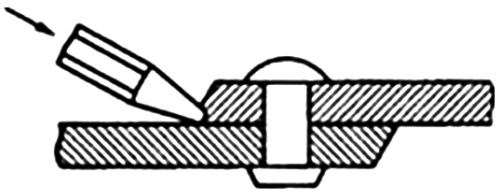


Рис. 3.596. Чекан

Чеканы (рис. 3.596) представляют собой зубило с плоской или закругленной частью. Они применяются для создания герметичности заклепочного шва, которая достигается за счет подчеканивания краев листов в заклепочном шве.

При выполнении клепки крупногабаритных деталей широко применяются ручные механизированные инструменты и стационарное клепальное оборудование.

Наиболее распространенным механизированным инструментом для клепки являются пневматические клепальные молотки (рис. 3.597), имеющие различные конструкции.

Клепальные молотки могут снабжаться гасителями вибраций, а могут и не иметь таких гасителей.

Пневматические молотки по принципу распределения сжатого воздуха делятся на золотниковые и поршневые. У первых золотники автоматически открывают и закрывают впускные каналы, во вторых – каналы перекрываются самим поршнем –

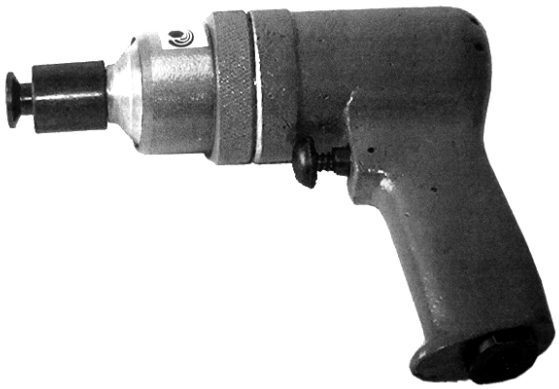


Рис. 3.597. Пневматический клепальный молоток КМП-16

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

бойком молотка. Большее распространение имеют молотки с золотниковым распределением.

Устройство и работа пневматических молотков. Клепальный молоток 57КМП-4 (рис. 3.598) состоит из корпуса *1* с рукояткой *11*, в которую вмонтировано пусковое устройство и ниппель *15*. На ниппель надевается шланг, при помощи которого молоток соединяется с централизованной сетью раздачи сжатого воздуха. В корпусе устанавливается стакан *6*, цилиндр *5* с поршнем и золотник *7* с крышкой *8*. Воздух из централизованной сети поступает через пусковой клапан *14* и золотник *7* в рабочую камеру, которая расположена над поршнем.

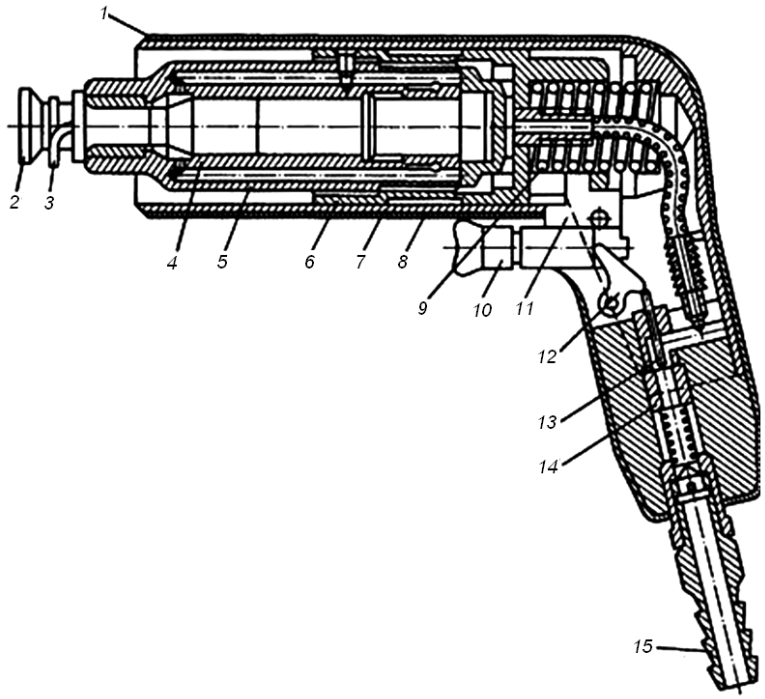


Рис. 3.598. Клепальный молоток 57КМП-4: *1* – корпус; *2* – ударник; *3* – пружина; *4* – молоток; *5* – цилиндр; *6* – стакан; *7* – золотник; *8* – крышка; *9* – пружина; *10* – курок; *11* – рукоятка; *12* – рычаг; *13* – толкатель; *14* – пусковой клапан; *15* – ниппель

Доступ воздуха в пусковой клапан обеспечивается при нажатии на курок *10*, который рычагом *12* воздействует на толкатель *13*. При пуске сжатого воздуха молоток *4* с ударником *2*, соединенный с поршнем, движется вперед и производит осадку заклепки. Золотник открывает отверстие для прохода воздуха в нижнюю часть цилиндра под поршень, заставляя его перемещаться вверх. Пружина *3* предохраняет от выпадения ударник *2*, который одновременно является обжимкой, обеспечивающей формирование замыкающей головки. Гашение возникающих при клепке вредных вибраций осуществляется при помощи пружины *9*.

Клепатор К-ХБЧ челюстного типа с применением гидроцилиндра с гидравлическим возвратом штока показан на рис. 3.599.

Клепка производится в следующем порядке. Клепатор в разжатом состоянии подводится одной из опор *3* или *4* к головке установленной клепки. Нажатием кнопки «рабочий ход» на кнопочном посту *7* под действием давления создаваемого насосной станцией, происходит выдвижение штока цилиндра *1* и зажатие заклепки оправками *3* и *4*, происходит формирование головки.

При нажатии кнопки «возврат» на кнопочном посту *7*, под действием давления, создаваемым насосной станцией, происходит втягивание штока цилиндра *1* и разжатие щек *5* и *6*, происходит освобождение установленной заклепки. После чего клепатор подводится к следующей заклепке и цикл повторяется.

Клепку производят заклепками нагретыми до 1050-1100° С. При выполнении работ клепатор можно крепить на консоли посредством пружинного балансира.

Максимальный диаметр заклепками – 22 мм, усилие, развиваемое клепатором, 250 кН.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

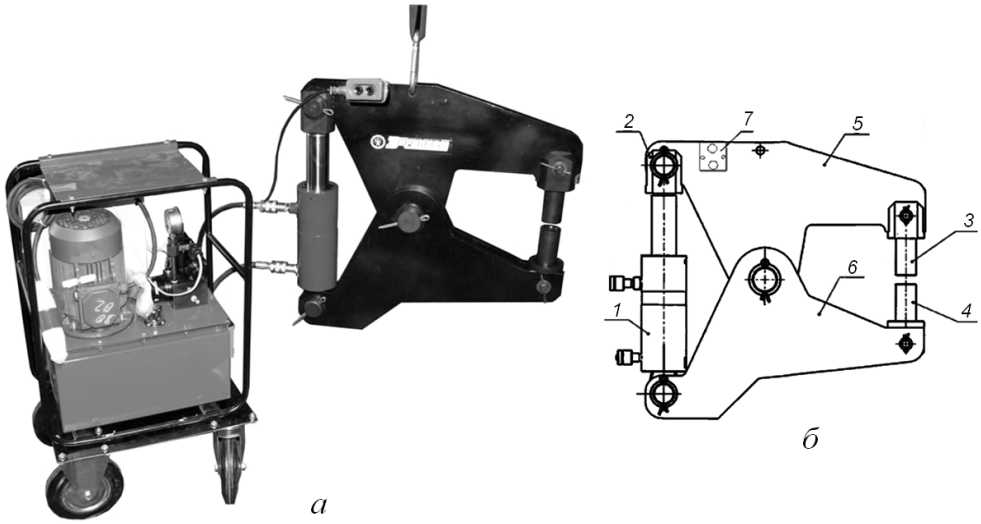


Рис. 3.599. Клепатор К-ХБЧ: *а* – общий вид комплекта с насосной станцией; *б* – устройство клепатора; *1* – цилиндр; *2* – вилка, *3* – оправка верхняя; *4* – оправка нижняя; *5* – щека верхняя; *6* – щека нижняя; *7* – кнопочный пост

Заклепочник (рис. 3.600) позволяет быстро выполнить заклепочное соединение даже при одностороннем доступе к месту клепки, никаких поддержек это устройство не требует. Для выполнения клепки необходимо только просверлить отверстие под заклепку. Особенно удобно и быстро получается таким образом клепка тонкого листового металла.

Для такой клепки используются специальные тяговые (вытяжные) заклепки.

Рис. 3.600. Заклепочник для тяговых заклепок

3.9.3 Приемы и способы клепки

Клепкой называется процесс соединения двух или нескольких деталей с помощью заклепок. Этот вид соединения относится к группе не разъемных, так как разъединение склепанных деталей возможно только путем разрушения заклепки.

Заклепочное соединение осуществляется посредством деформирования (расклепывания стержней) заклепок, вставленных в просверленные отверстия соединяемых деталей. Заклепочные соединения применяются главным образом для скрепления листового и профильного проката. Заклепочное соединение выполняют внахлестку, встык с одной накладкой, встык с двумя накладками, рис. 3.601.

Клепаные соединения применяются в конструкциях, подверженных действию высоких температур, коррозии, вибрации, а также в соединениях из плохо сваривающихся и разнородных металлов или в соединениях металлов с неметаллическими частями. Такие соединения имеют широкое применение в котлах, железнодорожных мостах, некоторых авиационных конструкциях, в отраслях легкой промышленности, машиностроении. В то же время в ряде отраслей промышленности с усовершенствованием технологии сварного производства объем применения заклепочных соединений постепенно сокращается, хотя в конструкциях сельскохозяйственных машин и в ремонтном производстве он продолжает сохранятся, например, в конструкциях режущих рабочих органов уборочных и кормозаготовительных машин.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

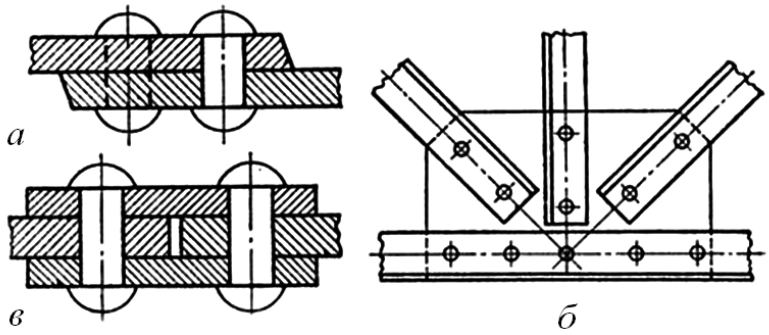


Рис. 3.601. Заклепочные соединения: *а* – внахлестку двухрядным швом; *б* – встык с одной накладкой; *в* – встык с двумя накладками однорядными швами

Основным скрепляющим элементом заклепочных соединений является заклепка. Заклепка – это цилиндрический металлический стержень с головкой определенной формы, рис. 3.602. Головки заклепок могут иметь сферическую, коническую или коническо-сферическую форму. В зависимости от этого различают головки полукруглые, потайные, полупотайные, плоские.

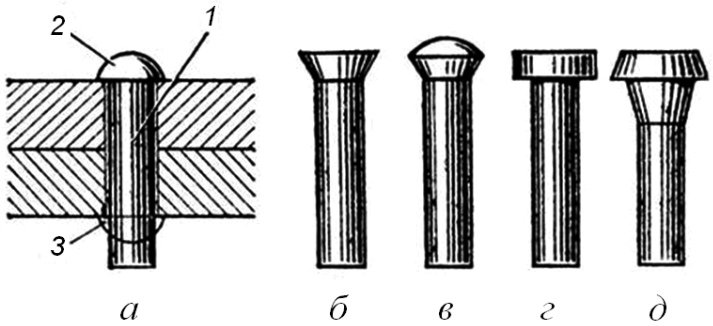


Рис. 3.602. Заклепки: *а* – с полукруглой головкой; *б* – с потайной головкой; *в* – с полупотайной головкой; *г* – с плоской головкой; *д* – коническая с подголовком; *1* – стержень заклепки; *2* – закладная головка; *3* – замыкающая головка.

Заклепка (рис. 3.601) состоит из цилиндрического стержня *1*, закладной *2* и замыкающей *3* головки. Закладная головка заклепки определенной формы (полукруглой, плоской и т.д.) изготавливается заранее; замыкающая головка образуется в процессе расклепывания стержня, выступающего над пакетом (набором) соединяемых деталей.

Головка заклепки изготовленная вместе со стержнем, называется закладной, а образующаяся во время клепки из части стержня, выступающего над поверхностью склепываемых деталей – замыкающей.

Заклепки изготовляют из материалов с хорошей пластичностью – сталей (Ст2, Ст3, стали 10 и 15), меди (М3, МТ), латуни (Л63), алюминиевых сплавов (АМг5П, Д18, АД1), нержавеющей стали (Х18Н9Т), легированной стали(09Г2). Заклепки выполняются из того же материала, что и соединяемые детали.

Стальные заклепки, предназначенные для соединения частей конструкции из цветных металлов, должны иметь антикоррозионное покрытие из цинка или кадмия. Заклепки из алюминиевых сплавов для предохранения от коррозии анодируют, то есть путем электролитической обработки создают на металле тончайшие искусственно полученные пленки окислов. Формы выступающих закладных головок стержневых заклепок бывают полукруглые, плосковыпуклые, плоские, полупотайные. В случае необходимости получения гладкой поверхности склепываемых листов применяются потайные заклепки, имеющие конусные закладные головки, с углом 90 и 120°.

Отверстия под заклепку могут быть изготовлены двумя способами – сверлением или пробивкой. В настоящее время отверстия сверлят но кондукторам, шаблонам и направляющим отверстиям.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Специальные кондукторы, применяемые для сверления, накладываются на деталь перед началом сверления. Кондуктор (рис. 3.603, *а*) представляет собой стальную плиту *1*, в которой запрессованы закаленные втулки *2*, предохраняющие кондуктор от износа. После сборки и закрепления детали *3* в сборочном приспособлении на нее накладывают кондуктор, закрепляют его и затем производят сверление.

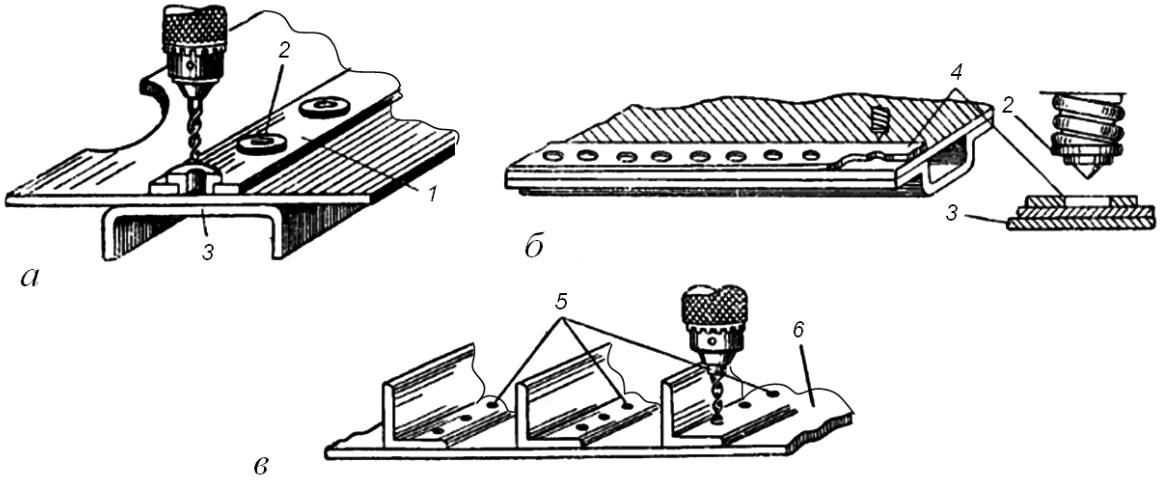


Рис. 3.603. Сверление отверстий по кондуктору (*а*), через шаблон (*б*) и по направляющим отверстиям (*в*): *1* – стальная плита; *2* – втулки; *3* – деталь; *4* – шаблон; *5* – направляющие отверстия; *6* – одна из деталей

Сверлить отверстия через шаблоны (рис. 3.603, *б*) можно на верстаках и в приспособлениях, позволяющих установить шаблон на обрабатываемой детали. Шаблоны изготовляются из стали, дюралюминия, пластмассы и других материалов. Шаблон *1* накладывают на деталь *3* и через втулку *2* производят сверление детали.

При сверлении по направляющим отверстиям (рис. 3.603, *в*)трудоемкость процесса уменьшается на 1/8 по сравнению со сверлением по разметке. В этом случае по направляющим отверстиям *5* одной из деталей *6* сверлят отверстия в остальных деталях.

Отверстия под заклепки сверлят пневматическими или электрическими дрелями и на сверлильных станках. Получить отверстия можно также способом прокалывания на прессе при помощи штампа, состоящего из верхнего подвижного пуансона и нижней неподвижной матрицы.

При прокалывании отверстий происходит скалывание, смятие металла и нередко вокруг отверстия образуются радиальные трещины. Поэтому отверстия надо прокалывать меньшего диаметра с тем, чтобы потом их рассверлить. Таким образом радиальные трещины будут удалены. Все же в большинстве случаев отверстия не прокалывают, а сверлят.

Технология выполнения заклепочного соединения следующая. В соединяемых деталях выполняют отверстия сверлением или другим способом. Производят зенкование или штамповку гнезда под закладную головку заклепки при потайной клепке. В сквозное отверстие соединяемых деталей вставляют до упора головной стержень заклепки. Причем заклепка может быть в горячем или холодном виде. Свободный конец заклепки выходит за пределы детали примерно на 1,5*d*. Его заклепывают ударами или сильным давлением и создают вторую головку, рис. 3.604.

Клепка трубчатыми заклепками заключается в установке заклепки с полым стержнем в отверстие, затем заклепку осаживают пистонницей, тем самым, подтягивая детали друг к другу и расклепывают.

Рис. 3.604. Заклепочное соединение

Заклепки с сердечниками имеют полый стержень (пистон), в который помещен сердечник с утолщенной частью на конце. Процесс клепки выполняется с помощью клещей или ручного пресса путем протягивания сердечника

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сквозь пистон и впрессовывания его в стенки отверстия, а при дальнейшем протягивании замыкающая головка входит в пистон и развальцовывает его.

Диаметр стержней заклепок выбирают по специальным таблицам. Ориентировочно он принимается равным толщине соединяемых деталей. Длину стержня заклепки принимают также с учетом толщины соединяемых деталей и припуска. Ориентировочно она составляет 1,5*d*.

Место соединения деталей заклепками называется заклепочным швом, которые делятся на три вида.

- Прочный шов имеет несколько рядов заклепок и применяется при клепке балок, колонн, мостов и т.д.
- Плотный шов применяют для герметических конструкций (резервуаров, не подвергающихся высоким давлениям) при небольших нагрузках. Для герметичности шва используют прокладки из пропитанной олифой бумаги или ткани. Выполняют клепку холодным способом.
- Прочноплотный шов выполняют горячей клепкой с помощью клепальных машин с последующей подчеканкой головок заклепок и кромок листов.

Заклепочные швы делятся на однорядные, двухрядные и многорядные, а в зависимости от расположения заклепок – на параллельные и шахматные. Соединяемые детали в заклепочных соединениях могут быть выполнены внахлестку или встык с накладками.

Клепка делится на холодную, выполняемую без нагрева заклепок, и горячую, при которой стержень заклепки перед постановкой нагревают до 1000-1100 °С. Холодная или горячая клепка производится в зависимости от диаметра заклепок:

- при диаметре до 8 мм – только холодная;
- при диаметре 8-12 мм – как горячая так и холодная;
- при диаметре свыше 12 мм – только горячая.

В зависимости от инструмента и оборудования, а также нанесения ударов или давления на заклепку различают три вида клепки – ударную ручными инструментами; ударную с помощью клепальных пневмомолотков; прессовую с помощью клепальных прессов или скоб.

По степени механизации клепочных работ различают клепку: ручную, механизированную (пневматическими молотками или переносными прессами); машинную (клепка на стационарном прессовом оборудовании); автоматическую, выполняемую на специальных клепочных автоматах.

Недостатки заклепочных соединений – низкая производительность; высокая трудоемкость и материалоемкость; отсутствие постоянства показателей прочности; неравномерность распределения нагрузки по отдельным заклепкам в направлении действия усилия; трудность контроля.

При клепке выделяют два основных метода клепки: прямой и обратный. Прямой метод клепки обычно применяется в открытых конструкциях и заключается в том, что удары, наносимые молотком через обжимку, производятся со стороны стержня при образовании замыкающей головки; головка закладная находится на поддержке.

Ручная клепка по прямому методу производится в следующей последовательности, рис. 3.605, *а*:

- после подгонки склепываемых деталей производят сверление заклепочных отверстий; отверстия сверлят строго под прямым углом к плоскости деталей;
- в изготовленное отверстие подручный, то есть помощник клепальщика, вставляет заклепку; при этом закладная головка должна опираться на плоскую или фигурную поддержку *4*, закрепленную в тисках или находящуюся в руках подручного;
- со стороны выступающей части стержня клепальщик устанавливает натяжку *5* и наносит по ней два-три удара молотком; натяжка своими буртиками плотно осаживает (поджимает) склепываемые детали друг к другу;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- сняв натяжку, клепальщик расклепывает стержень заклепки с помощью слесарного молотка, осадив стержень заклепки примерно на половину, при этом поверхность бойка молотка должна быть перпендикулярна оси заклепки;
- для придания замыкающей головке *3* полукруглой формы устанавливают на нее обжимку, окончательно формуют замыкающую головку, поворачивая обжимку после каждого удара.

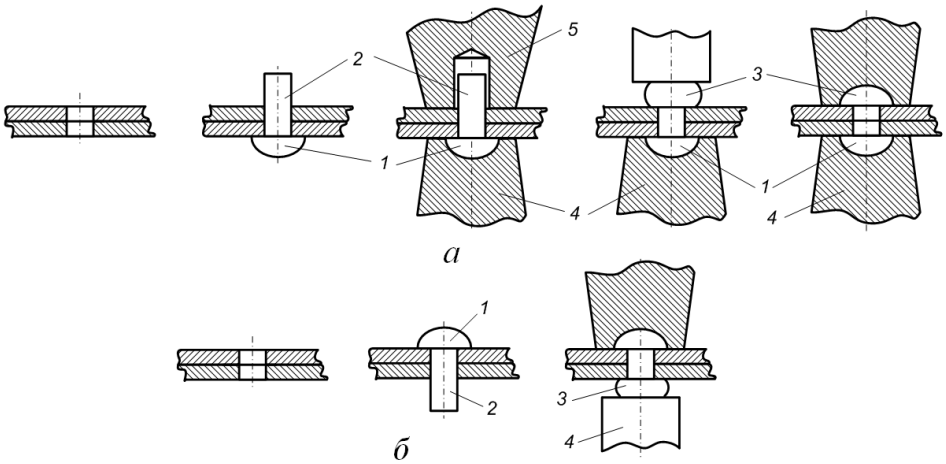


Рис. 3.605. Последовательность операций при прямом методе клепки (*а*) и обратном (*б*): *1* – закладная головка; *2* – стержень заклепки; *3* – замыкающая головка; *4* – поддержка; *5* – натяжка

Обратный метод клепки (рис. 3.605, *б*) применяется главным образом при клепке в труднодоступных местах и заключается в том, что удары наносятся по закладной головке *1*, а замыкающая головка *3* образуется в результате ударов стержня заклепки о поддержку. При нанесении ударов по обжимке со стороны закладной головки выступающий стержень заклепки, ударяясь о поддержку *4*, постепенно осаживается и образует головку.

Соединение деталей заклепками с потайной головкой. При соединении деталей диаметр стержня заклепки *d* выбирают в зависимости от толщины склепываемых деталей: $d = 2в$, где: *в* – наименьшая толщина склепываемого листа.

В этом соединении существует несколько различных видов швов, рис. 3.606:

- однорядный шов внахлестку (рис. 3.606, *а*), где длина части одной детали *l*, накладываемой на другую, должна составлять не менее пяти диаметров заклепки;
- однорядный шов встык с одной (рис. 3.606, *б*) и двумя (рис. 3.606, *в*) накладками, где толщина *в* накладки должна быть равна 2/3 толщины листов.

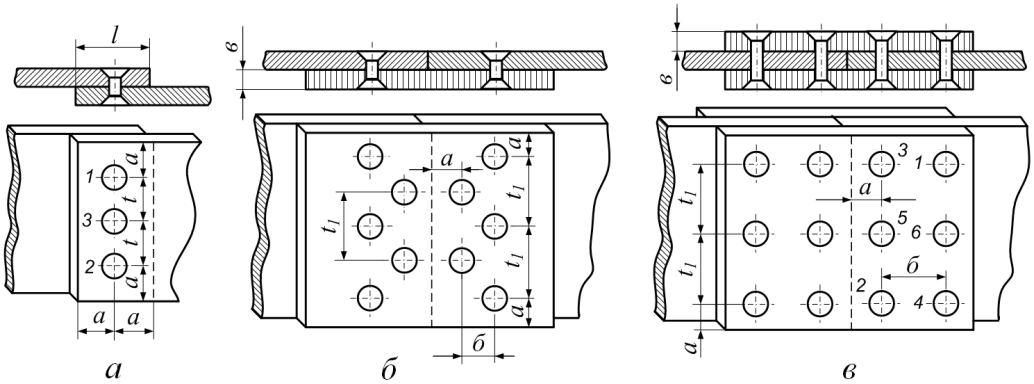


Рис. 3.606. Основные размеры заклепочных соединений: *а* – шов внахлеску; *б* – шов встык с одной накладкой; *в* – шов встык с двумя накладками

В зависимости от необходимой прочности в каждом из видов заклепочного соединения заклепки могут располагаться в один, два и, реже, в три ряда, то есть швы бывают однорядные, двухрядные и трехрядные. Практически обеспечение прочности, приближающей-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ся к прочности основного материала склепываемых деталей, достигается в двухрядных швах. Очень немного прибавляет третий ряд. Поэтому делать многорядные заклепочные швы нецелесообразно.

Многорядные швы могут быть с рядовым (параллельным) или шахматным расположением заклепок с соблюдением следующих размеров:

- при их шахматном расположении расстояние между рядами заклепок $б = 2d$;
- шаг между центрами заклепок в рядах: для однорядного шва $t = 3d$ (рис. 3.606, *а*); для двухрядного шва $t_1 = 4d$ (рис. 3.606, *б*);
- расстояние от центра заклепки до края детали $a = 1{,}5d$.

Подготовка изделия к клепке выполняется в следующем порядке.

1. Поверхности склепываемых деталей подгоняют правкой и опиливанием с тем, чтобы соединяемые поверхности плотно прилегали друг к другу.

2. Выбирают базу для разметки (за базу принимают обработанные кромки деталей или осевые линии). При шве внахлестку разметка производится на одной из деталей, при шве с накладкой – на накладке.

3. Размечают и наносят осевые риски каждого ряда заклепок.

4. Размечают и наносят центровые линии, соответствующие шагу между заклепками, соблюдая необходимое расстояние от центра заклепки до края детали. Эти линии – риски должны быть расположены перпендикулярно осевым линиям рядов.

5. В месте пересечения центровой и осевой линии каждого отверстия накернивают его центр. Сверлят и зенкуют отверстия на сверлильном станке. Для свободной посадки заклепки в отверстие диаметр сверла должен быть больше диаметра заклепки на 0,1-0,2 мм. Отверстия сверлят в два приема: сначала производят пробное сверление, а затем окончательное сверление.

После того как на одной детали или накладке засверлены все отверстия, их используют как шаблон для сверления отверстий в других деталях, входящих в соединение. При изготовлении партии одинаковых заклепочных соединений для сверления отверстий под заклепки применяют накладные шаблоны.

Угловую зенковку выбирают по вершине угла конусности головки заклепки. Зенкование отверстий под заклепки с потайными закладными, замыкающими головками выполняют поочередно на плоскостях деталей (с обеих сторон) на размер высоты головки. После окончания сверления и зенкования заусенцы на отверстиях опиливают личным напильником.

При выборе заклепки учитывают следующее:

- диаметр стержня заклепки должен иметь свободную посадку в отверстие детали по установленному допуску;
- длина стержня для образования головки впотай должна составлять 1-1,2 диаметра стержня заклепки, рис. 3.607; этот размер обеспечивает формирование замыкающей головки и заполнение пространства между стержнем заклепки и стенкой отверстия.

При определении длины стержня заклепки необходимо учитывать толщину склепываемых деталей:

$$l = в + 1{,}2d\ ,$$

где: *в* – общая толщина склепываемых деталей, мм.

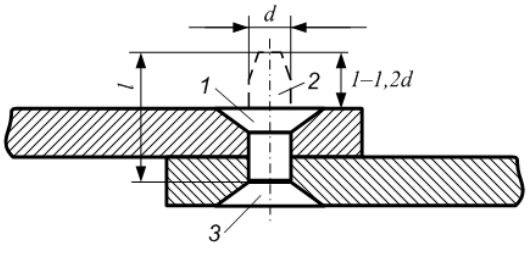


Рис. 3.607. Длина стержня заклепки для образования потайной головки: *1* – замыкающая головка; *2* – стержень заклепки; *3* – закладная головка

В длину стержня заклепки входит и припуск, который необходим для образования замыкающей головки той или иной формы. При излишней длине заклепки замыкающая головка получится неправильной формы, она отклонится в сторону и будет иметь недостаточную прочность. При недостаточной длине заклепки замыкающая головка будет укороченной, неполноценной и недостаточно прочной.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Пример. Определить длину стержня заклепки с потайной головкой диаметром 4 мм при общей толщине склепываемых деталей 4 мм.

Для формирования замыкающей головки выбираем 1,2d.

Определяем общую длину стержня заклепки:

$$l = в + 1{,}2d = 4 + 1{,}2 \cdot 4 = 8{,}8 мм .$$

Последовательность выполнения заклепочного соединения состоит в следующем.

1. Разметить места установки заклепок. В размеченных местах установки заклепок произвести кернение. Керны (углубления) при сверлении отверстий предохраняют сверло от соскальзывания с намеченного центра. При наличии длинных и многорядных заклепочных швов вместо разметки рекомендуется вести накернивание по заранее изготовленному шаблону.

2. Просверлить заклепочные отверстия. При сверлении заклепочных отверстий необходимо тщательно следить за тем, чтобы в процессе сверления не происходило смещения склепываемых деталей. Для предотвращения этого:

- по краям и в двух-трех местах в середине склепываемых листов предварительно засверливают несколько отверстий, в которые временно ставят болты, специальные фиксаторы или контрольные заклепки; благодаря этому сверление всех остальных отверстий под заклепки будет происходить без смещения листов;
- склепываемые листы перед сверлением плотно прижимают друг к другу двумя-тремя ручными тисками, после чего производят сверление отверстий по всему шву; тиски снимают после постановки нескольких фиксаторов или контрольных заклепок;
- при потайной клепке, помимо отверстия для стержня заклепки, требуется подготовить гнездо для закладной головки. Подготовка гнезд при потайной клепке производится различными способами в зависимости от толщины склепываемых листов и деталей. Так, при малой толщине отдельных листов до 0,8-1,0 мм производится штамповка гнезда, а при толщине свыше 1 мм – раззенковка отверстия.

3. В отверстие вставляют одну заклепку, укладывают склепываемые детали на плиту закладной головкой вниз.

4. Устанавливают натяжку для осаживания склепываемых деталей на стержень заклепки и наносят удары молотком по ударной части натяжки до плотного соприкосновения плоскостей. При плотной установке головки заклепки в конусное углубление (рис. 3.608, *а*) глубиномером штангенциркуля проверяют длину выступающего стержня.

5. Несколькими равномерными ударами бойка молотка осаживают выступающий стержень, создавая грубую форму головки, рис. 3.608, *б*.

6. Повторяют операции, указанные в пункте 3-5, соблюдая правильную очередность расклепывания.

У однорядных швов сначала расклепывают последние заклепки в ряду, затем в последовательности цифр указанных на рис. 3.608, *а*. У многорядных швов заклепки расклепывают крест накрест также в определенной последовательности, рис. 3.608, *в*.

7. Носком молотка предварительно раздают конец стержня в конусном углублении, периодически меняя положение бойка, рис. 3.608, *в*.

8. Молотком окончательно выравнивают и формируют замыкающую головку заклепки, рис. 3.608, *г*.

9. Окончательно отделывают заклепку, опиливая плоским напильником.

При клепке очень важно перед началом разметки, сверления, клепки и т.д. соединяемые изделия (детали) следует плотно подгонять друг к другу. Они должны быть соединены так, чтобы между ними не оставались зазоры или не могли возникнуть напряжения после клепки в результате плохой подгонки.

Особенно важно следить за плотной подгонкой деталей при работе в различных приспособлениях. Категорически запрещается стягивать плохо подогнанные детали зажимными устройствами, установленными на приспособлениях. Деталь должна без напряжений ложиться или устанавливаться на свое место, в противном случае это приводит либо к возникновению напряжений, либо к образованию зазоров.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

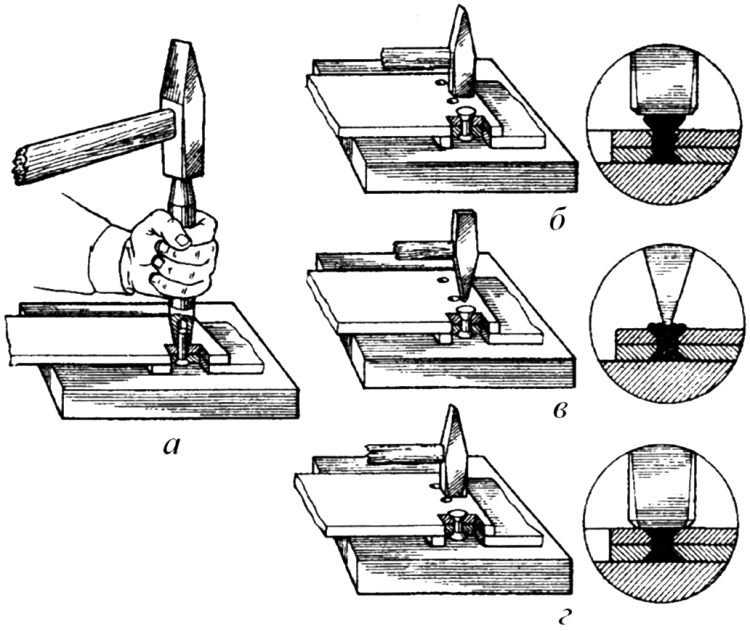


Рис. 3.608. Приемы клепки заклепками с потайной головкой: *а* – осадка склепываемых листов; *б* – осадка стержня; *в* – формирование замыкающей головки; *г* – отделка замыкающей головки

На рис. 3.609 показаны два случая плохой подгонки деталей.

В первом случае, в месте заклепки удалось стянуть соединяемые детали, но при этом вокруг заклепки в местах образовалась вмятина. Кроме того в деталях возникло внутреннее напряжение, так как они были стянуты под давлением. Под влиянием этого напряжении головки заклепок могли бы оторваться.

Во втором случае не удалось плотно стянуть детали. Если детали неплотно прилегают друг к другу, то между ними не создается необходимого трения. Следовательно, прочность такого соединения невелика. Кроме того, заранее подготовленная заклепка оказалась короткой и частично расклепалась между деталями, в результате чего замыкающая головка получилась неполноценной.

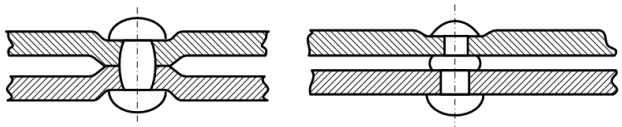


Рис. 3.609 Клепка при плохой подгонке деталей

Кроме глухих неподвижных соединений, склепыванием приходится выполнять шарнирные соединения (плоскогубцы, кусачки, пассатижи и т.п.). При этом стремятся достичь такого соприкосновения трущихся частей, которое допускало бы угловые перемещения склепанных деталей без особых усилий. При окончательном деформировании замыкающей головки шарнирного соединения необходимо осуществлять постоянный контроль за достаточной плотностью и равномерным скольжением склепанных деталей.

Качество склепывания проверяют на плотный натяг склепываемых деталей (зазор проверяют щупом), отсутствие засечек на головках заклепок и поверхности деталей (окружность головки должна быть концентрична с отверстием).

Соединение деталей заклепками с полукруглой головкой. Кроме склепывания деталей заклепками с потайной головкой, широкое применение находят соединения заклепками с полукруглой головкой. Для указанных заклепок применяют такие же виды швов, как и для заклепок с потайной головкой.

Отверстие раззенковывают на глубину 1 мм с тех сторон, где должны быть расположены закладная и замыкающая головки заклепок, рис. 3.610. Это делается для того, чтобы переходная поверхность на стержне заклепки под головкой не мешала плотному прилеганию головки заклепки к склепываемой плоскости и чтобы лучше формировалась замыкающая головка.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Заклепки подбирают с учетом следующих требований.

1. Диаметр стержня заклепки должен иметь свободную посадку в отверстие с допуском 0,1-0,2 мм (в зависимости от диаметра заклепки).

2. Длина стержня для образования полукруглой головки должна составлять 1,25-1,5 диаметра стержня заклепки. Необходимо учитывать толщину склепываемых деталей.

Общая длина стержня заклепки определяется по формуле:

$$l = b + 1{,}5d\ ,$$

где: b – общая толщина склепываемых деталей.

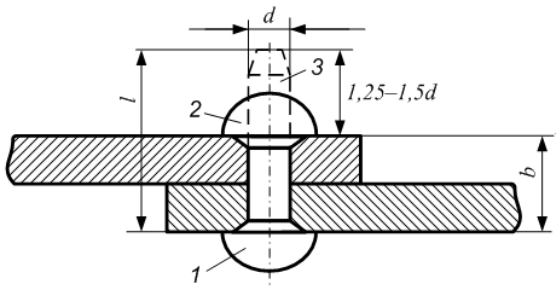


Рис. 3.610. Схема для определения длины стержня заклепки для образования полукруглой головки: *1* – закладная головка; *2* – замыкающая головка; *3* – стержень заклепки

Если длина стержней заклепок будет больше установленной, стержни укорачивают, опиливая их напильником или в редких случаях отрезая ножовкой.

Перед установкой в отверстие склепываемых деталей заклепку осматривают и проверяют, есть ли на ней вмятины и трещины. Проверяют также перпендикулярность основания головки заклепки по отношению к оси стержня.

Склепывание деталей заклепками с полукруглой головкой производится в следующей последовательности.

1. Заклепку вставляют в отверстие детали и вкладывают закладную головку в лунку поддержки, установленную на правильной плите.

2. Для осаживания склепываемых деталей выступающий стержень заклепки вводят в отверстие натяжки и наносят несколько ударов молотком по ее ударной части до плотного соприкосновения плоскостей деталей друг к другу и головки заклепки, рис. 3.611, *а*.

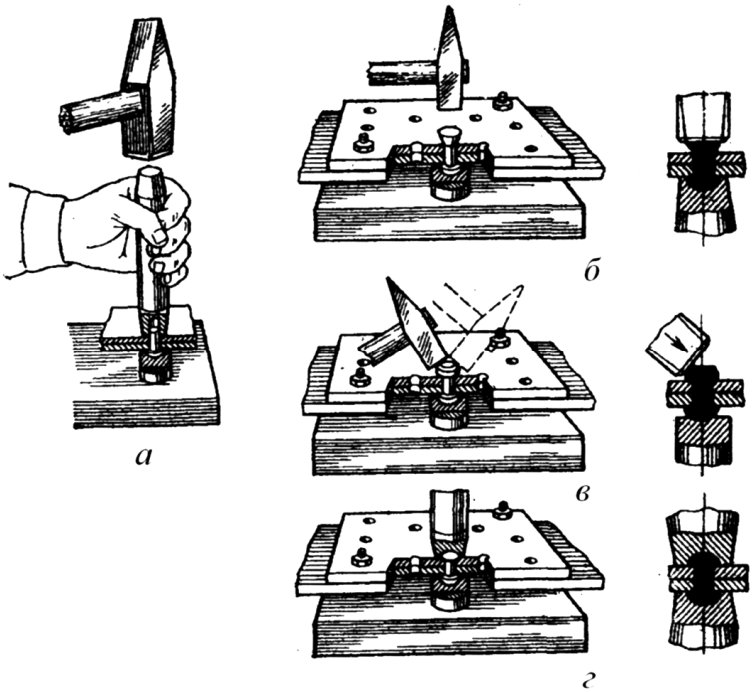


Рис. 3.611. Приемы клепки заклепками с полукруглой головкой: *а* – осадка склепываемых листов; *б* – осадка стержня заклепки; *в* – формирование замыкающей головки; *г* – отделка замыкающей головки

3. Предварительно расклепывают одну заклепку, осаживая ее несколькими равномерными ударами молотка по выступающему концу стержня, вследствие чего заклепка утолщается, рис. 3.611, *б*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4. При расклепывании последующих заклепок в определенной последовательности повторяют приемы, изображенные на рис. 3.611, *а-б*.

5. Далее равномерными ударами молотка, направленными под углом к торцевой части стержня, формируют замыкающую головку, придавая ей предварительную форму, рис. 3.611, *в*. Удары молотком следует наносить только по определенным местам головки так, чтобы она была концентрично расположена относительно отверстия.

6. На предварительно сформированную замыкающую головку устанавливают конец обжимки с лункой и равномерными ударами молотка по ударной части обжимки отделывают замыкающую головку до образования гладкой сферической формы, рис. 3.611, *г*.

При работе с обжимкой необходимо следить за тем, чтобы ее края не затрагтвали детали и контура головки заклепки. Этот прием проделывают над всеми заклепками, расположенными на детали.

7. Качество склепывания проверяют по плотности посадки заклепок. Для этого большой палец левой руки накладывают на головку заклепки, а затем по другой головке наносят молотком легкие удары. При слабой посадке заклепки ощущается сотрясение и дребезжащий звук.

Заклепочные соединения как уже отмечалось выполняют *прямым методом* склепывания, рассмотренным ранее (удары молотком наносят по заклепке со стороны замыкающей головки) и *обратным методом*, применяемым, когда доступ к замыкающей головке затруднен (удары наносят по заклепке со стороны закладной головки). Обычно эти работы выполняют вдвоем. Особенность склепывания обратным методом заключается в следующем.

После предварительной натяжки листов заклепку устанавливают в подготовленное отверстие. Один из работающих удерживает плоскую поддержку в соприкосновении с концом стержня заклепки, а другой наносит удары молотком по обжимке, осаживая конец заклепки, рис. 3.612, *а*. После посадки первый работающий удерживает поддержку с полукруглым углублением у конца осаженного стержня, а второй наносит удары молотком по обжимке до формирования замыкающей головки, рис. 3.612, *б*.

Наносить удары по заклепке нужно согласованно, так как при ударе поддержка отскакивает от конца заклепки и первый работающий должен своевременно поставить поддержку на место к концу стержня заклепки для нанесения очередного удара. Поддержку не сжимают в руках, а лишь направляют под головку заклепки. Осадка головки заклепки зависит в основном от массы поддержки, а не от силы прижима ее к головке, поэтому поддержка должна быть массивной.

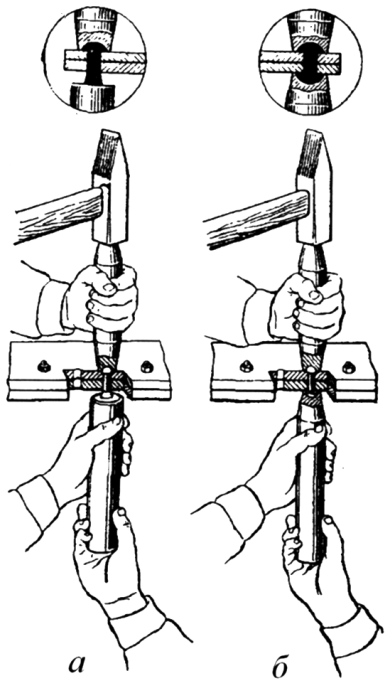


Рис. 3.612. Прием клепки обратным методом: *а* – осадка стержня заклепки плоской поддержкой; *б* – клепка на поддержке

Соединение деталей пустотелыми заклепками. В слесарных работах встречаются различные соединения деталей из металла, фибры, картона, кожи, пластмасс, выполненные путем склепывания пустотелыми заклепками (пистонами).

Трубчатые (пустотелые) заклепки изготавливаются из мягкой углеродистой стали или из медных и алюминиевых сплавов. Они представляют собой трубочки, имеющие следующие размеры: диаметр от 4 до 10 мм толщина стенок от 0,5 до 1,5 мм и длина до 30 мм. Один конец трубочки развальцован наружу, представляя собой закладную головку. Пистонные заклепки или пистоны – это те же трубчатые заклепки, но более короткие, они имеют длину до 5 мм и толщину стенок 0,2-0,3 мм.

В процессе соединения деталей трубчатые заклепки и пистоны плотно вставляются в изготовленные заклепочные отверстия. Под развальцованный буртик трубочки устанавливают специальную под-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

держку, а другую ее сторону развальцовывают кернером, слесарным молотком или специальной обжимкой. При соединении трубчатыми заклепками хрупкого или мягкого материала, под головки заклепок рекомендуется подкладывать шайбы.

Длину выступающей части трубчатой заклепки для образования развальцованной головки рекомендуется брать равной около 3 мм. Шаг трубчатых заклепок или пистонов устанавливается от 5 до 25 мм, а расстояние от края детали до центра пистона – 1,5 диаметра. В случае необходимости герметизации отверстий при трубчатой и пистонной клепке их заливают мягким припоем, употребляя в качестве флюса канифоль. Чтобы припой не протекал внутрь детали, отверстия предварительно забиваются асбестовыми или деревянными пробками.

Трубчатые заклепочные соединения выполняют двумя способами: развальцовыванием замыкающей головки на сверлильном станке; формированием замыкающей головки ударами молотка с помощью специальной обжимки. Способ развальцовки головки на сверлильном станке более производителен и находит широкое применение для медных, латунных и алюминиевых заклепок.

Заклепочное соединение с развальцовкой головки заклепки выполняют в следующей последовательности.

1. Размечают и накернивают центры отверстий под заклепки.

2. Сверлят все отверстия, входящие в соединение, или пробивают их на прессах дыропробивными приспособлениями.

3. Собирают соединение, проверяют правильное расположение деталей и всех отверстий, а затем закрепляют их винтами.

4. Заклепку закладывают снизу и размещают ее на поддержке.

5. В патрон сверлильного станка устанавливают развальцовку, а деталь на столе станка размещают таким образом, чтобы ось развальцовки точно совпадала с центром отверстия заклепки.

6. Включают электродвигатель станка и развальцовывают замыкающую головку пустотелой заклепки.

В процессе развальцовывания головки заклепки шпиндель станка надо опускать плавно без большого нажима на рычаг, контролируя формирование головки до тех пор, пока не образуется выпуклое кольцо правильной формы, рис. 3.613. Развальцовку периодически смазывают консистентной смазкой.

Второй способ соединения деталей пустотелыми заклепками с применением специальных обжимок осуществляется в два приема:

- первый прием – заложенную в отверстие заклепку размещают на поддержке и предварительно раздают конец заклепки ударами молотка по керну, рис. 3.614, *а*;
- второй прием – обжимку устанавливают на обсаженный конец заклепки и ударами молотка по обжимке формируют замыкающую головку пустотелой заклепки, рис. 3.614, *б*.

Для того чтобы не повредить поверхность детали головкой заклепки при соединении нескольких деталей пустотелыми заклепками, под них подкладывают металлические шайбы, рис. 3.614, *в*.

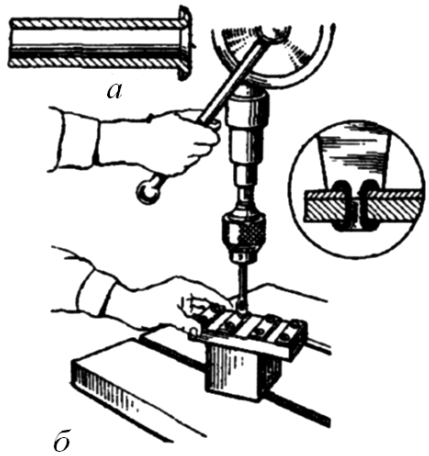


Рис. 3.613. Развальцовка головки пустотелой заклепки на сверлильном станке: *а* – пустотелая заклепка; *б* – прием работы

Работа пневматическим клепальным молотком. Клепальный молоток – ручная машина ударного действия, применяемая для выполнения клепки. Клепальные молотки имеют небольшие размеры, весят 1,5-4 кг и позволяют производить клепку в труднодоступных местах конструкций и внутри собираемых изделий. Для привода поршня, заключенного в корпусе, клепальные молотки используют энергию сжатого воздуха. Поршень наносит удары по обжимке, устанавливаемой на заклепке.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

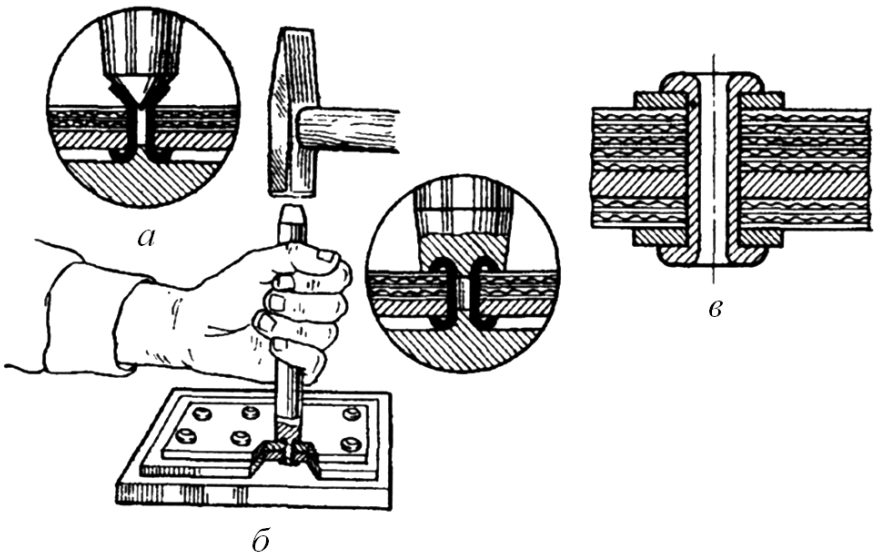


Рис. 3.614. Прием склепывания деталей пустотелыми заклепками: *а* – предварительная расклепка керном; *б* – окончательная расклепка оправкой; *в* – клепочное соединение с закладными шайбами

Клепку пневматическим клепальным молотком (рис. 3.615) выполняемую на крупногабаритных деталях выполняют вдвоем. При работе клепальщику, который держит молоток и управляет им, помогает подручный, удерживающий установленную на головке заклепки поддержку. Качество соединения во многом зависит от квалификации исполнителей.

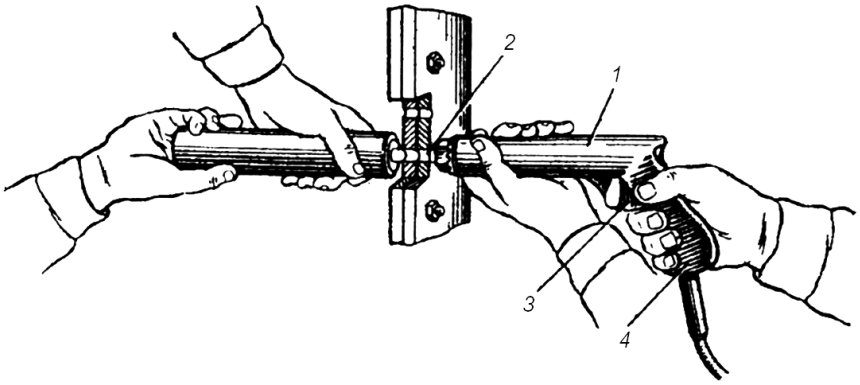


Рис. 3.615. Пневматический клепальный молоток: *1* – корпус; *2* – ударник; *3* – курок; *4* – рукоятка

Клепка клепальным молотком производится в следующем порядке.

1. В готовое отверстие вставляют заклепку с потайной закладной головкой и прижимают поддержку к закладной головке.

2. Устанавливают натяжку на ударник молотка, закрепляя ее пружиной.

3. Левой рукой обхватывают натяжку, удерживая ее на конце стержня заклепки, а правой рукой охватывают рукоятку молотка, нажимают большим пальцем на курок и пускают молоток.

4. Наносят удары молотком по натяжке до плотного соприкосновения склепываемых поверхностей.

5. Несколькими ударами молотка осаживают выступающий стержень, формируя замыкающую головку заклепки.

6. В такой же последовательности выполняют клепку остальными заклепками.

Для выполнения заклепочных швов заклепками с полукруглой головкой необходимо подготовить специальную поддержку и оправку по размеру применяемой заклепки с полукруглой головкой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Вытяжные заклепки. Данный вид заклепки используется для соединения различных материалов, в том числе и хрупких. Вытяжные заклепки имеют гильзу и стержень, который используется при сжатии заклепки и формирования соединения. Для установки заклепки данного вида используется специальный заклепочный инструмент (клепочник).

В процессе установки заклепки ее стержень при помощи установочного инструмента протягивается через гильзу заклепки. В процессе установки головка стержня деформирует гильзу, обеспечивая фиксацию соединяемых деталей, (до момента деформации гильзы головкой стержня и разрыва стержня в зоне отрыва) стержень, после фиксации разрушается в зоне отрыва.

Вытяжные заклепки изготавливаются диаметром от 2,4 до 6,4 мм при длине от 6,0 до 50,0 мм. При выборе оптимальной заклепки диаметр подбирается в зависимости от предполагаемых нагрузок на получаемое соединение, длина зависит от толщины пакета скрепляемых деталей.

Вытяжная заклепка, как отмечалось выше, состоит из двух основных деталей – тела заклепки и вытяжного стержня, который нужен для односторонней установки данного крепежного элемента. Тело заклепки может быть выполнено из оцинкованной или нержавеющей стали, алюминия и других сплавов. Вытяжной стержень – из оцинкованной стали, за исключением некоторых видов специальных заклепок.

Сверление отверстий для установки заклепок необходимо производить перпендикулярно плоскости соединяемых элементов с помощью дрели.

Диаметр отверстия под заклепку должен соответствовать требованиям приведенным в табл. 3.75.

Табл. 3.75 **Диаметр отверстия под вытяжную заклепку**

Диаметр заклепки	Диаметр отверстия	
	минимальный	максимальный
3	3,1	3,2
3,2	3,3	3,4
4	4,1	4,2
4,8	4,9	5
5	5,1	5,2
6	6,1	6,2
6,4	6,5	6,6

Установка вытяжной заклепки происходит при помощи специального заклепочного инструмента. Насадка инструмента, подобранная в зависимости от диаметра заклепки упирается в закладную головку заклепки, а его вытягивающий механизм зажимными губками (цангами) захватывает технологический стержень и протягивает сердечник через заклепку. При этом головка стержня деформирует тело заклепки, тем самым осуществляется поджатие скрепляемых деталей. При достижении требуемого усилия стяжки пакета сердечник обрывается, одна его часть остается в заклепке, формируя замыкающую головку и увеличивая прочность соединения (рис. 3.616), другая часть стержня перемещается в специальный контейнер – стержнесборник, предусмотренный в каждой модели инструмента для установки вытяжных заклепок, для дальнейшей утилизации.

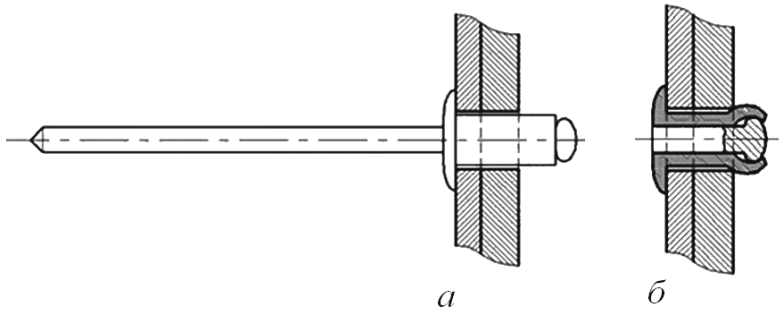


Рис. 3.616. Вытяжная заклепка, установленная в просверленное отверстие (*а*) и заклепка с замыкающей головкой (*б*)

В случае неправильной установки заклепки возможен ее демонтаж. Для этого сверлом того же диаметра, которым производилось сверление отверстия, производиться высверливание заклепки и удаление ее остатков из отверстия, рис. 3.617.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

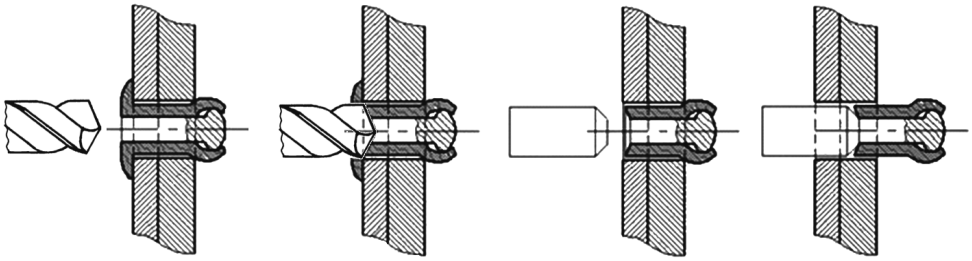


Рис. 3.617. Удаление вытяжной заклепки

Заклепка установлена правильно, если бортик гильзы плотно прилегает к соединяемым элементам, соединяемые элементы плотно прилегают друг к другу, не происходит вращения заклепки в соединяемых элементах.

При выборе места установки заклепок необходимо учитывать минимальное расстояние от края соединяемых элементов, до оси заклепки, равное 2*d*, и минимальное расстояние между заклепками равное 3*d*.

Гаечные заклепки. Резьбовая (гаечная) заклепка – крепежный элемент, позволяющий создать надежное резьбовое соединение на тонкостенных (0,3-6 мм) деталях. Представляет собой цилиндрическую деталь с широким наружным или потайным фланцем. На внутренней поверхности заклепки нарезана резьба М3-М12. Корпус изготавливают из стали с покрытием (покрытие CrZn), алюминия или нержавеющей стали. На наружной поверхности резьбовой (гаечной) заклепки может наносится рифление (насечка). Рифление существенно увеличивает прочность посадки заклепки в отверстии.

Заклепка с резьбой используется для организации резьбового соединения в тонких деталях, где создание резьбы непосредственно в детали невозможно из-за его малой толщины, например, в листе металла.

Для установки заклепки применяется специальный заклепочный инструмент, рабочий элемент которого также имеет резьбу. Процесс крепления состоит из несколько этапов, рис. 3.618:

- в материале сверлится отверстие, рис. 3.618, *а*;
- заклепка накручивается на рабочий элемент заклепочного инструмента, рис. 3.618, *б*;
- размещается в просверленном отверстии, рис. 3.618, *б*;
- при помощи рычага заклепочника его рабочий элемент втягивается и сжимает заклепку по длине, плотно прижимая ее к материалу с двух сторон, рис. 3.618, *б*;
- заклепочный инструмент выворачивается и место для резьбового соединения готово, рис. 3.618, *в*.

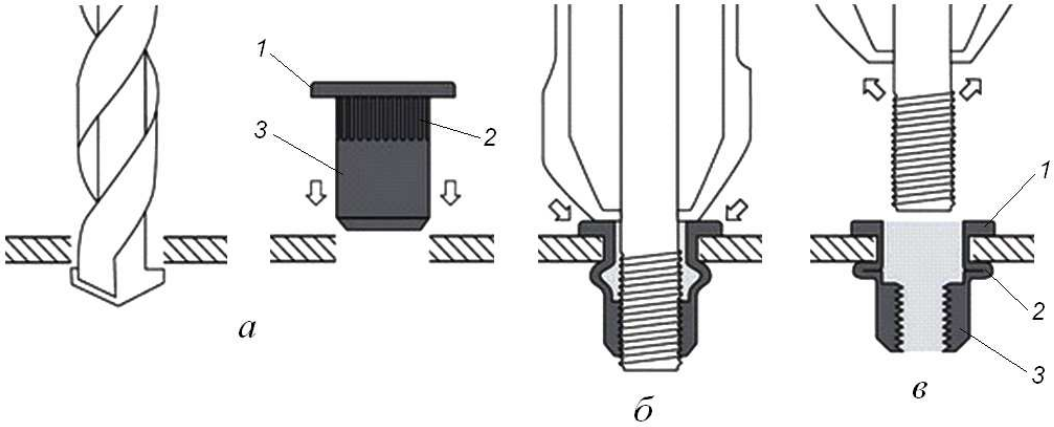


Рис. 3.618. Гаечная заклепка: *1* – головка гайки; *2* – деформационная часть; *3* – резьбовая часть

Резьбовые (гаечные) заклепки бывают различных типов: цилиндрические и шестигранные, открытые и закрытые; и с различными видами бортиков: цилиндрический (стандартный), уменьшенный и потайной.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Исполнение с шестигранным корпусом представляет высокую степень защиты от проворачивания.

Заклепочная гайка, обрабатываемая с одной стороны, является простым соединительным элементом. Состоит, независимо от различных вариантов заклепочных гаек, из трех функциональных частей – головки гайки *1* (рис. 3.618, *а*), деформационной часть *2* и резьбовой части *3*. Деформационная и резьбовые части вместе образуют корпус. Головка гайки служит в качестве ограничителя соединительной детали, которая к ней прилегает, а также в качестве опорной точки инструмента для обработки.

В отличие от резьбовой тонкостенная деформационная часть обеспечивает сжатие частей конструкции. Деформация, необходимая для этого, достигается тем, что гайка заклепки в процессе посадки навинчивается на стержень с резьбой посадочного инструмента и в результате этого садится по оси. Тем самым высаживается деформационная зона между резьбовой частью гайки заклепки и нижней частью конструкции и остается, таким образом, в новой форме. Созданный валик действует как замыкающая головка заклепки, расклепывается с одной стороны, который держит части конструкции в предварительном напряжении.

Формой стержня с резьбой выбирается так, что резьба гайки заклепки не подвергается изменениям. После окончания монтажа гайки заклепки можно посредством винтов присоединить, с возможностью отсоединения, одну или несколько дополнительных деталей конструкции. Дополнительная деталь конструкции сожмет при завинчивании головку гайки, и будет препятствовать тому, чтобы посаженная гайка при завинчивании винта или его вывинчивании не проворачивалась.

Винтовые заклепки. Заклепочные винты, обрабатываемые с одной стороны, имеют – в отличие от заклепочных гаек – внешнюю резьбу и состоят из двух частей, винтовой резьбы и деформационной гильзы, рис. 3.619. Обе составные части изготовлены посредством холодной штамповки. Эти части при производстве соединяющего элемента соединены между собой точечной сваркой таким образом, что образуют одно неразборное целое. Как и заклепочная гайка, заклепочный винт имеет три рабочие части – головку винта, деформационную часть и винтовую резьбу. Винтовые заклепки изготавливаются с резьбой от М4 до М8. Материал – оцинкованная сталь.

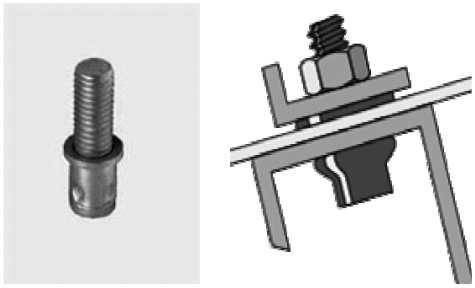


Рис. 3.619. Винтовые заклепки

3.9.4 Контроль качества клепки

Контроль качества клепки производится наружным осмотром, при котором устанавливается правильность формы заклепок и отсутствие внешних видимых повреждений, в частности:

- неплотное прилегание головки к детали является следствием плохого поджатия и слабо наносимых ударов при клепке;
- сдвинутая на сторону головка получается при неперпендикулярном торце стержня заклепки или перекосе собираемого изделия;
- недостаточная высота замыкающей головки получается из-за неисправного или несоответствующего инструмента (обжимка потеряла форму по сфере), или из-за укороченного стержня;
- недообжатая замыкающая головка объясняется слабыми ударами, укороченной длиной заклепки или малой массой поддержки;
- трещины или радиальные разрывы являются обычно следствием холодной клепки и повышенной твердости материала заклепки;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- насечки или нарубы на головке появляются от неопытности клепальщика;
- грибовидная и неплотно прилегающая головка получаются в результате неплотной подтяжки заклепки, вследствие чего появляется зазор между листами;
- косо посаженная головка является следствием неправильно обработанных отверстий в соединяемых деталях или чрезмерного увеличения их диаметра.

При внешнем осмотре также определяют размеры головки и венчика, отсутствие перекоса головки, ее смещение от оси отверстия, а также наличие трещин. Плотность заполнения отверстия стержнем заклепки проверяют, обстукивая головку заклепки молотком массой 0,3-0,4 кг.

Удары молотком наносят по боковой поверхности головки с тем, чтобы выяснить, имеет ли заклепка смещение в направлении, перпендикулярном ее оси. Для этого либо на закладную (казенную), либо на замыкающую головку прикладывают пальцы левой руки. Слабая заклепка передает удар от молотка, воспринимаемый левой рукой.

Головка слабой заклепки накернивается острым концом испытательного молотка, намечается мелом и подлежит обязательной замене.

В случае замены закладную головку заклепки срубают ручным или пневматическим зубилом либо срезают специальным резаком без повреждения металла конструкций; стержень заклепки с замыкающей головкой выбивают выколоткой при помощи пневматического молотка. Чтобы облегчить извлечение заклепки, рекомендуется после удаления закладной головки залить отверстие керосином.

Подчеканка головок с целью ликвидации вибрации заклепок категорически запрещается. Слабая заклепка опасна: не заполняя отверстия полностью, она не включается в работу, что приводит к перенапряжению других заклепок.

Встречаются и другие дефекты клепки, например, выпучивание металла между заклепками, подсечка материала и др. Так как любой из дефектов снижает прочность заклепочного соединения, то при их обнаружении необходимо все дефектные заклепки заменить новыми.

Часто ослабление соединения происходит вследствие надрыва заклепок. Этот дефект трудно обнаружить внешним осмотром. Поэтому он выявляется методом простукивания. При правильно посаженной и исправной заклепке легкое обстукивание заклепочного соединения стальным молотком по головке должно сопровождаться «густым» звоном металла без вибраций другого конца заклепки при ощупывании рукой. Дребезжащий звук свидетельствует о плохом заполнении отверстия и неплотном обжатии деталей. Такие заклепки также бракуются и подлежат замене, головки их удаляют, выколачивают стержни, исправляют отверстия и ставят новые заклепки.

Проверка прочно-плотных швов при изготовлении различных резервуаров, работающих под высоким давлением, производится путем гидравлических испытаний, а в особо ответственных сооружениях, дополнительно применяется контроль заклепок методом рентгеноскопии или ультразвуком. На участках шва, не выдержавших испытания, производится подчеканка.

Прочно-плотный шов предназначен для получения прочного и вместе с тем непроницаемого для пара, газа, воды и других жидкостей соединения. Прочно-плотный шов должен не только выдерживать действующие на него усилия, но и обеспечивать герметичность соединения.

Прочно-плотный шов применяется при изготовлении клепкой сосудов, работающих под давлением, например паровых котлов, резервуаров для сжатого воздуха, а также емкостей для хранения жидкости.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Контрольные вопросы

1. Как готовят отверстие для соединения деталей заклепками с потайными и полукруглыми головками?
2. Как выбрать длину заклепок с потайной и полукруглой головками?
3. В какой последовательности выполняют клепку заклепками с потайной головкой?
4. В какой последовательности выполняют клепку заклепками с полукруглой головкой?
5. Какие существуют способы клепки пустотелыми заклепками?
6. Как производится клепка вытяжными и гаечными заклепками?
7. Какие требования безопасности труда надо соблюдать при клепке вручную?

3.10 Шабрение, притирка, доводка

3.10.1 Безопасность труда при шабрении, притирке и доводке

Приступая к выполнению работ по шабрению поверхностей, слесарь обязан внимательно осмотреть инструмент. Шаберы не должны иметь трещин и отколов, деревянные ручки должны быть из дерева твердых пород, поверхность ручки должна быть чистой и гладкой. Чтобы предохранить рукоятку от раскалывания, на нее насаживают металлическое кольцо. Рукоятка должна быть плотно и надежно насажена на хвостовую часть шабера на $^{2}/_{3}$ своей длины.

При работе двухсторонним шабером для предохранения рук от пореза режущей кромкой его второй конец двухсторонних шаберов необходимо закрывать специальным футляром. Заготовки и детали, подлежащие шабрению, не должны иметь заусенцев, их кромки должны быть притуплены. Рабочее место у заточного станка должно быть хорошо освещено. Экраны на заточном станке не должны затруднять подачу шабера к поверхности шлифовального круга.

Во время шабрения запрещается вручную удалять металлическую пыль или стружку с обрабатываемой поверхности и сдувать частицы металла, так как это может привести к засорению глаз (для этой цели применять только щетки).

Уход за рабочим инструментом заключается в следующем.

1. При проверке качества шабрения поверхности поверочных плит, плоских и трехгранных линеек должны быть всегда чистыми. Их следует оберегать от механических повреждений (забоин, вмятин), попадания на их контрольные плоскости грязи, стружек, а также влаги, что может вызвать коррозию.

2. Обрабатываемую плоскость следует накладывать на контрольную плиту (или, наоборот) с большой осторожностью, не допуская ударов.

3. Для увеличения срока службы контрольной плиты следует использовать всю ее поверхность.

После окончания работы поверочную плиту и линейки следует вытереть сухой чистой тряпкой, промыть керосином, смазать машинным маслом и положить в футляр.

При выполнении притирочных и доводочных работ необходимо: обрабатываемую поверхность очищать не рукой, а ветошью. Осторожно обращаться с пастами, так как они содержат кислоты.

Во время работы при установке в тисках различных притиров их следует надежно закреплять (круглые и тяжелые притиры при слабом закреплении могут упасть и вызвать ушибы ног работающего). Запрещается применять приставные бруски и призмы с острыми кромками, так как при перемещении их по притиру можно поранить руку.

В процессе выполнения притирочных работ необходимо пользоваться защитными устройствами для отсасывания абразивной пыли; соблюдать технику безопасности при работе механизированным инструментом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.10.2 Инструмент, применяемый при шабрении, притирке и доводке

Для шабрения плоскостей применяют односторонние и двухсторонние шаберы с прямолинейной и криволинейной режущей кромкой, рис. 3.620. Режущую часть шабера для обдирочных работ делают наклонной, а для чистовых работ – под прямым углом. Режущими кромками плоских шаберов являются торцевые ребра.

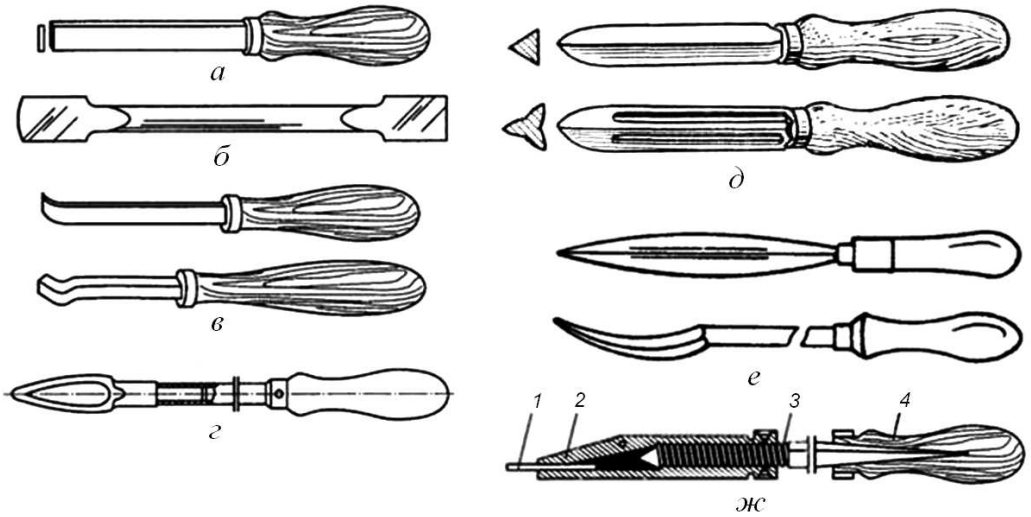


Рис. 3.620. Шаберы: *а* –односторонний с плоской режущей кромкой; *б* –двухсторонний; *в* – изогнутый; *г* – трехсторонний; *д* – трехгранные шаберы; *е* – трехгранные; *ж* – составной; *1* – сменная пластина; *2* – держатель; *3* – зажимной винт; *4* – рукоятка

Шаберы изготавливают из углеродистой инструментальной стали марок У10-У12 с закалкой рабочей части. Часто делают шаберы из старых плоских напильников, стачивая насечки на их концах для образования режущей части. Длина плоских шаберов: односторонних – 200-300 мм, двухсторонних – 200-400 мм. Ширина шаберов: для грубого шабрения 20-30 мм, точного – 15-20 мм, самого точного (мелкого) 5-12 мм. Толщина конца режущей части колеблется от 2 до 4 мм. Угол заострения плоских шаберов равен 90°.

Для шабрения внутренних поверхностей втулок и вкладышей подшипников применяют трехгранные шаберы (с тремя режущими кромками) – прямые и изогнутые. У них угол заострения равен 60°. Эти шаберы имеют на гранях продольные канавки (желобки), что делает более удобной заточку и заправку инструмента. Рабочее движение шаберами для обработки внутренних поверхностей боковое – вправо, влево.

Кроме режущего инструмента, при шабрении применяют проверочные инструменты. К ним относятся поверочная плита, применяемая при шабрении изделий с широкими плоскостями, проверочная плоская линейка (рис. 3.621) – при шабрении длинных и сравнительно узких плоскостей, трехгранные (угловые) линейки – при шабрении внутренних двухгранных острых углов, угловая призма – при шабрении прямых углов и проверочный валик – при обработке шабрением цилиндрических поверхностей и выемок.

Все эти инструменты служат для проверки качества шабруемой поверхности, обнаружения неровностей. Неровности становятся видимыми на шабруемой поверхности после ее наложения на окрашенный проверочный инструмент или, наоборот, после наложения окрашенного проверочного инструмента на шабруемую поверхность.

Проверочный инструмент необходимо оберегать от ржавчины и попадания на него грязи и стружек, охранять от ударов. При работе нужно пользоваться всей поверхностью поверочной плиты, а не только одной ее частью. После работы поверочную плиту очищают, смазывают и закрывают футляром или деревянной крышкой. В случае длительного перерыва в работе, рабочие части плиты после очистки смазывают смазкой ЦИАТИМ, плотно накрывают полиэтиленом и лишь после этого накрывают плиту футляром или крышкой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

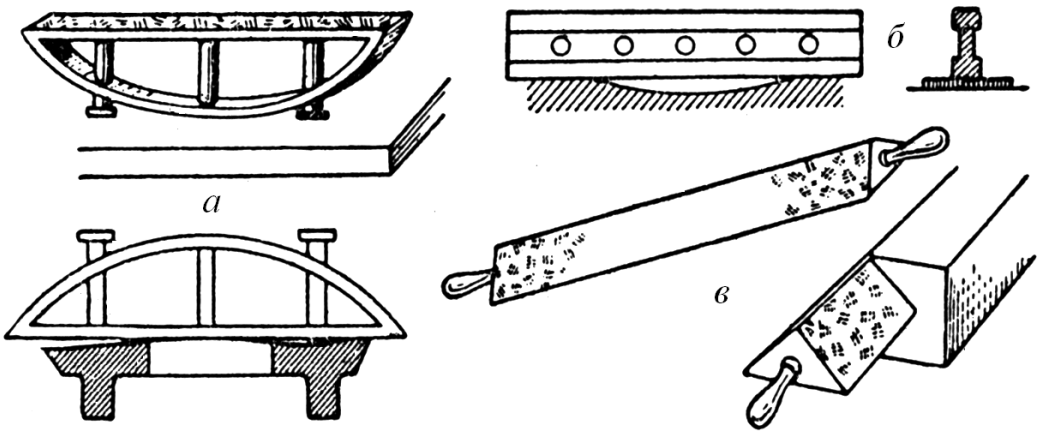


Рис. 3.621. Проверочный инструмент применяемый при шабрении: *а* и *б* плоские проверочные линейки; *в* – трехгранные проверочные линейки

Заточка и заправка шаберов. Предварительная заточка шаберов производится на заточных станках, после этого шаберы заправляют на абразивных брусках или оселках.

Заточка и заправка плоских шаберов. Заточку плоских шаберов производят на заточных станках с мелкозернистыми кругами с двух установок при заточке режущей кромки с торца, а затем по плоскости. Заточку торцевой поверхности шабера производят на шлифовальном круге небольшого диаметра. Торцевая поверхность получается вогнутой, что ускоряет и облегчает доводку на бруске.

Заточку выполняют в следующем порядке:

- шабер берут правой рукой за рукоятку, а левой рукой обхватывают его как можно ближе к рабочему концу. Опираясь плоской гранью шабера на подручник, плавно подводят к шлифовальному кругу торцовый конец инструмента. Положение шабера должно быть горизонтальным, а его ось должна находиться в горизонтальной плоскости, проходящей через центр шлифовального круга, рис. 3.622, *а*;
- плавным движением правой руки за один прием, не отнимая конец шабера от шлифовального круга, делают небольшие горизонтальные движения для образования криволинейной режущей кромки на торцевой части. Большую кривизну придают для точного шабрения, а меньшую – для предварительного.

Заточку шабера по плоскости производят на заточном станке. Шабер удерживают обеими руками, конец шабера плавно накладывают и слегка поджимают к вращающемуся шлифовальному кругу, рис. 3.622, *б*.

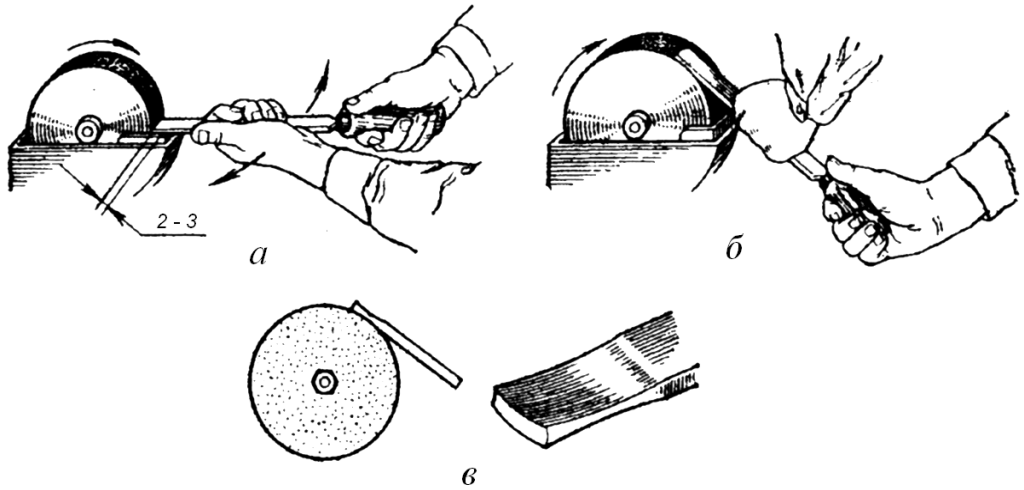


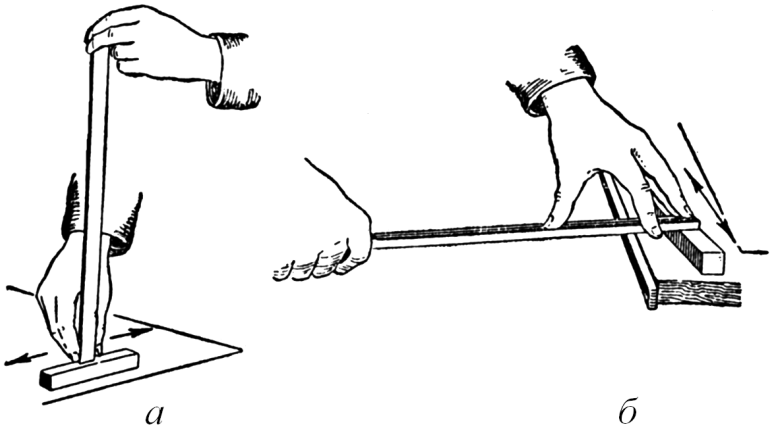
Рис. 3.622. Приемы заточки плоского шабера на заточном станке: *а* – по торцу; *б* – по плоскости; *в* – режущие кромки после заточки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В результате заточки на конце плоской части шабера образуется небольшой участок поверхности сложной формы (рис. 3.622, *в*), которая значительно облегчает доводку режущей кромки на бруске. В процессе заточки шабер необходимо охлаждать водой.

Заправку или доводку шабера производят вручную на мелкозернистых брусках. Для шабреров повышенной точности окончательную доводку выполняют пастой ГОИ, наносимой на чугунную плиту. Режущие грани доводят очень тщательно, иначе шабер при работе будет делать штрихи и царапины. Во время заправки оселок должен быть устойчивым. Обычно его врезают в деревянный брусок с широким основанием.

Поверхность оселка смазывают машинным маслом или смачивают водой. Для заправки торцевой грани шабер устанавливают в вертикальное положение так, чтобы его торцевая грань находилась на поверхности оселка. Двумя пальцами левой руки шабер удерживают за рукоятку, слегка прижимая его к оселку, а правой рукой сообщают колебательные движения по длине криволинейной торцовой поверхности шабера (рис. 3.623, *а*), выполняя доводку. Для заправки по плоскости шабер удерживают двумя руками в горизонтальном положении, накладывают его на оселок и выполняют движения вдоль режущих кромок, рис. 2.623, *б*.



а *б*

Рис. 3.623. Прием заправки плоского шабера на бруске: *а* – торцевой грани; *б* – по плоскости

Заточка и заправка трехгранных шаберов. Шабрение криволинейных поверхностей выполняют трехгранными шаберами с углом заострения 60° и с остро-заточенными режущими кромками на длину криволинейной части шабера от острого конца. Для ускорения и облегчения заточки и заправки на боковых гранях шабера делают продольные канавки (желобки).

Трехгранный шабер затачивают в следующей последовательности.

- Правой рукой берут шабер за рукоятку. Пальцами левой руки удерживают его за канавки (желобки), расположенные на боковых гранях. Нижнюю плоскость шабера плавно с легким нажимом подводят к абразивному кругу, рис. 3.624, *а*.
- При движении шабера вперед правая рука должна плавно опускаться вниз, а острый конец шабера подниматься вверх.
- При движении назад правая рука поднимается вверх, а острый конец шабера опускается вниз, соприкасаясь с поверхностью шлифовального круга. Такие движения шабера при заточке повторяют несколько раз, создавая плавно закругленную поверхность с острыми гранями.
- Поворачивая шабер второй, а затем третьей гранью, производят заточку в такой же последовательности, как и при заточке первой грани. В процессе заточки шабер охлаждают водой.

Заправка трехгранного шабера производится вручную на мелкозернистых оселках. Положение оселка при заправке должно быть устойчивым и неподвижным. Поверхность оселка смазывают слоем машинного масла. Правой рукой обхватывают рукоятку шабера, а левой захватывают его за два желобка и одну грань шабера накладывают вдоль плоскости оселка.

Не отнимая грани шабера от оселка, левой рукой осуществляют небольшой нажим на шабер, а правой – сообщают ему поступательно-качательные движения вдоль криволиней-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ной части боковой грани, рис. 3.624, *б*. В такой же последовательности производится заправка остальных граней шабера.

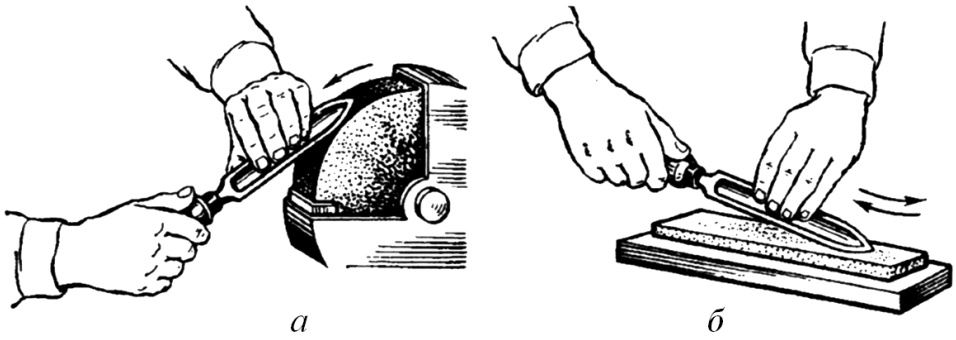


Рис. 3.624. Заточка трехгранного шабера: *а* – на заточном станке; *б* – на бруске

Заправленный шабер должен иметь гладкую поверхность режущих кромок. Шабер для шабрения поверхностей с повышенной точности его доводят на чугунной плите с применением мелкого абразивного порошка, разведенного в машинном масле или пасты ГОИ. Угол заточки шабера проверяют по шаблону или угломеру. Заправленные режущие кромки должны быть острыми, иметь чистую и гладкую поверхность.

Заправлять шабер, как трехгранный, так и плоский, нужно не менее четырех-пяти раз за 8 часов работы.

Притиры. Для обработки деталей различной формы применяют различные притиры. Небольшие притиры в виде угольника, бруска, призмы или валика укрепляют в тисках. В процессе притирки для придания детали устойчивого и перпендикулярного положения применяют точные приспособления в форме куба, бруска или призмы, рис. 3.625.

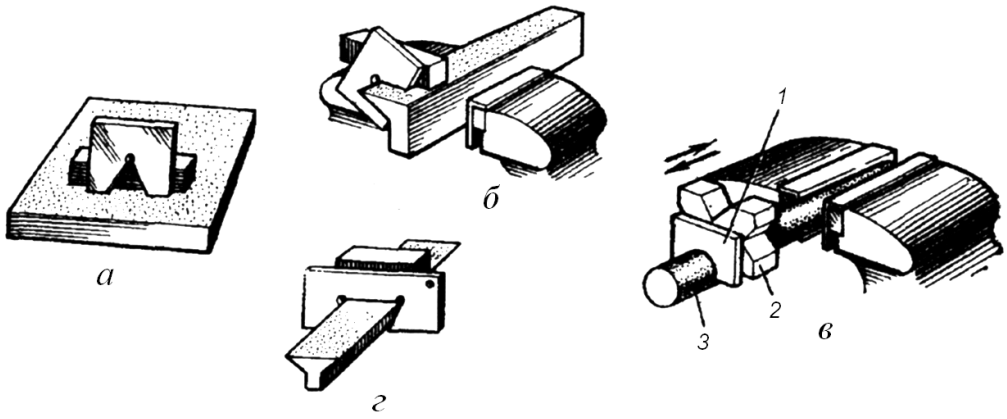


Рис. 3.625. Притиры для притирки узких плоскостей: *а* притирочные плиты; *б* – притиры в форме угольника; *в* – притиры в виде валика; *г* – притир сложной формы; *1* – деталь; *2* – призма; *3* – притир

3.10.3 Приемы и способы шабрения, притирки и доводки

Шабрение. Шабрением называется обработка поверхности изделия путем соскабливания тонкого слоя металла режущим инструментом – шабером.

Шабрение применяется в тех случаях, когда после предварительной обработки резцом, напильником или другим режущим инструментом необходимо получить гладкие трущиеся поверхности, обеспечить плотное прилегание сопрягаемых поверхностей и герметичность (непроницаемость) соединения деталей.

Шабрению подвергают как широкие, так и узкие прямолинейные и криволинейные поверхности различных деталей, например поверхности станин металлорежущих станков и

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

подшипников скольжения, а также различных приспособлений и инструментов (поверочные плиты, линейки, угольники и т.п.). Шабрение обычно производят с подгонкой обрабатываемых поверхностей по плитам, эталонам или сопрягаемым деталям.

Чтобы понять, какие места необходимо пришабрить, изделие кладут обрабатываемой поверхностью на поверочную плиту, покрытую тонким слоем краски, рис. 3.626. Легко нажимая на изделие, перемещают его по плите в разных направлениях. В результате, выступающие места на поверхности изделия покроются пятнами краски. Эти места и обрабатывают шабером. По мере шабрения количество пятен и их размеры постепенно увеличиваются и, наконец, доходят до пределов, допускаемых техническими условиями.

Шабрение – трудоемкая операция, требующая больших затрат времени, так как приходится постепенно снимать с обрабатываемой поверхности очень тонкие слои металла. При тонкой шабровке за один ход шабера снимается слой стружки толщиной до 0,01 мм. Качество шабрения определяется по числу точек соприкосновения сопрягаемых поверхностей на одной квадратной единице площади (25х25 мм). Прилегание сопрягаемых поверхностей считается плотным, если количество точек соприкосновения на участке 25х25 мм будет не менее трех (для герметичных соединений не менее пяти). Для проверки количества точек на шабруемой поверхности пользуются специальной проверочной рамкой.

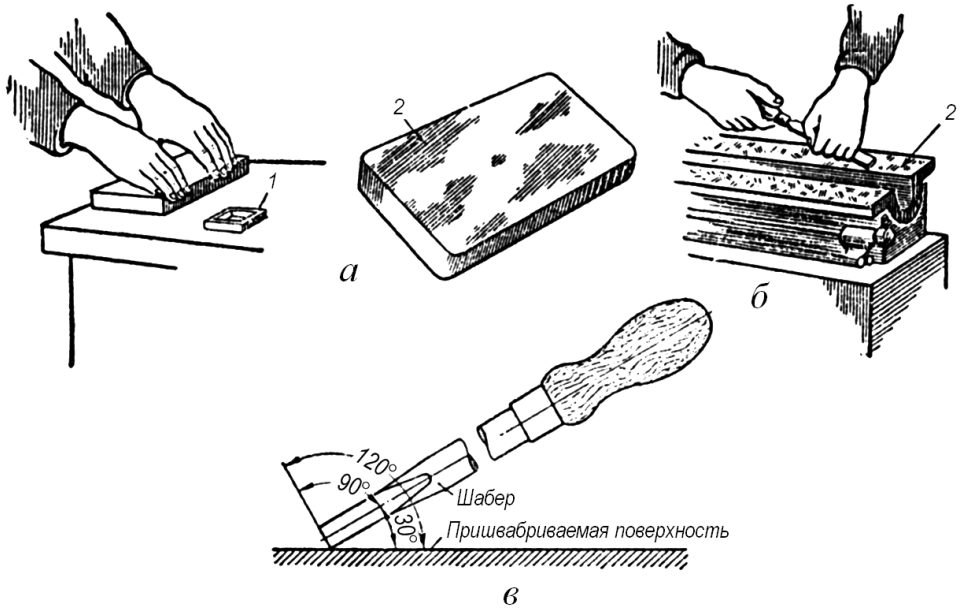


Рис. 3.626. Процесс шабрения: *а* – перенос краски на шабруемую поверхность с поверочной плиты; *б* – прием шабрения направляющих плоскостей станка; *в* – положение шабера при работе; *1* – проверочная рамка; *2* – пятна краски на шабруемой поверхности

Припуск на шабрение устанавливают в зависимости от длины обрабатываемых плоскостей или диаметра обрабатываемых отверстий. Эти припуски должны быть небольшими и не превышать величин, указанных в табл. 3.76 и 3.77.

Таблица 3.76 **Припуски изделий под шабрение обработанных плоскостей**

Ширина плоскости, мм	Длина плоскости, мм				
	100-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-6000
До 100	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
100-500	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40

Окрашивание проверочного инструмента. При шабрении качество работ определяется по краске, наносимой на проверочную плиту. Для этого готовят краситель (в качестве красителя применяют берлинскую лазурь или голландскую сажу):

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- сухую краску насыпают на чистую и ровную поверхность чугунной плиты и металлическим бруском или валиком растирают ее в порошок;
- порошок собирают с плиты в сосуд и, тщательно перемешивая, разводят в машинном масле до густоты жидкой сметаны;
- разведенную краску накладывают на кусок материи и завязывают в тампон, который укладывают в чистую посуду (погружать тампон в разведенную краску или набирать им сухую и обмакивать в масло не рекомендуется).

Таблица 3.77 **Припуски изделий под шабрение обработанных отверстий**

Диаметр отверстия, мм	Длина отверстия, мм		
	До 100	100-200	200-300
До 80	0,05	0,08	0,12
80-180	0,10	0,15	0,25
180-360	0,15	0,25	0,35

Поверочную плиту очищают от пыли и грязи, промывают керосином и вытирают насухо.

Существует два способа нанесения краски на поверочные плиты.

1. Непосредственно тампоном натирают всю поверхность поверочной плиты. Процесс натирания плиты краской осуществляется движением тампона по поверхности плиты без отрыва его от нее. При растирании следует периодически смещать тампон за край плиты, где при обратном движении острая грань плиты очищает поверхность тампона от комочков краски.

2. На небольшую площадь, начиная от угла поверочной плиты, тампоном наносят краску и круговым движением кубика по окрашенной площади поверочной плиты переносят краску на его грань, затем накладывают кубик окрашенной плоскостью на поверочную плиту и круговыми движениями наносят на нее краску.

Подготовка шабруемой поверхности. В зависимости от состояния поверхности, подлежащей шабрению (степень ее изношенности, наличие или отсутствие царапин или забоин), выбирают тот или иной способ предварительной обработки под шабрение. Если износ (выработка) поверхности достигает 0,5-1,0 мм на длине 1000 мм, то предварительную обработку производят на строгальных, фрезерных или шлифовальных станках.

Иногда, при небольших поверхностях, предварительная обработка выполняется опиливанием напильником (драчевым или личным) «под краску», т.е. с проверкой обрабатываемой поверхности окрашенным проверочным инструментом. При опиливании под краску громоздких деталей проверочную линейку или плиту после нанесения на них равномерного слоя краски накладывают на обрабатываемую поверхность, по которой их передвигают без нажима. При обработке легких деталей их накладывают на плиту и передвигают по ней.

Накладывать и снимать линейку (плиту) нужно строго в вертикальном направлении. Поверхность считается подготовленной к шабрению, если при наложении на нее лекальной линейки образуется ровный просвет не более 0,05 мм.

После опиливания снимают личным напильником небольшие фаски на острых ребрах детали и приступают к шабрению. Легкие детали для шабрения зажимают в тисках или ставят на верстак. Более тяжелые детали устанавливают на козлах. Очень тяжелые детали (например, станины) шабрят на месте.

Шабрение плоских поверхностей. Шабрение поверхности производят следующим образом. Сначала тщательно, насухо вытирают тряпками или ветошью рабочую поверхность проверочной плиты, затем наносят на нее тонкий и ровный слой краски. После этого, поверхность детали подлежащей шабрению, тщательно и насухо вытирают тряпкой, накладывают деталь на поверхность проверочной плиты и с легким нажимом передвигают ее в круговую два-три раза. Окрашенную таким образом деталь зажимают в тисках и шабером соскабливают окрашенные места.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Шабрение плоских поверхностей производится плоскими шаберами с криволинейными режущими кромками. Шабрение поверхности, расположенной по краям (у кромок), выполняется шаберами с прямолинейными режущими кромками. Такой шабер можно выводить немного (не более ¼ его ширины) за край шабруемой поверхности, не опасаясь, что шабер соскочит с детали и завалит ее край.

Шабер при работе держат в правой руке. Головка рукоятки должна упираться в ладонь, большой палец наложен вдоль оси рукоятки, остальные пальцы обхватывают рукоятку снизу, рис. 3.627, *а*. Ладонь левой руки накладывают на инструмент посредине, поджав книзу четыре пальца. Шабер устанавливают на обрабатываемую поверхность под углом 30-40°. Шабрить нужно, не сгибаясь, при свободном положении корпуса.

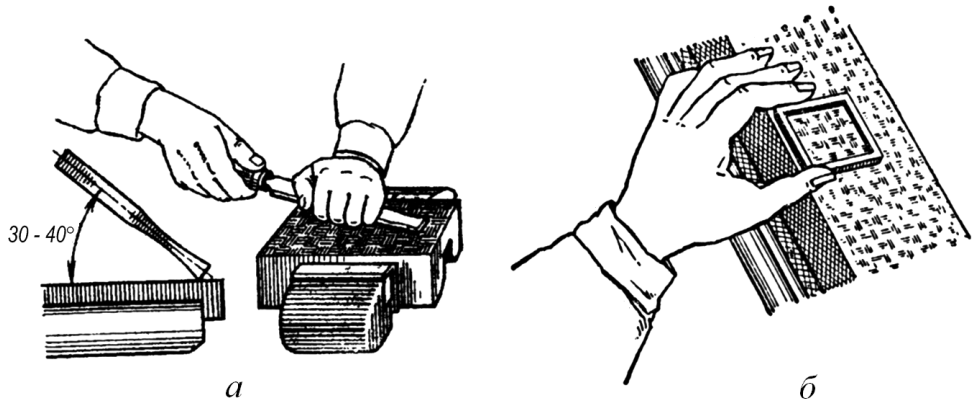


Рис. 3.627. Шабрение плоских поверхностей: *а* – прием работы; *б* – проверка качества шабрения с помощью рамки

При шабрении движениями вперед-назад снимают с окрашенных мест слой металла толщиной 0,01-0,02 мм. Движение вперед является рабочим ходом, при котором необходимо делать нажим левой рукой. В конце рабочего хода нажим ослабляют, чтобы избежать появления заусенцев. Заусенцы мешают детали плотно прилегать к плоскости проверочной плиты, что затрудняет дальнейшую обработку из-за неправильного окрашивания.

Шабер двигают вперед каждый раз на расстояние 12-15 мм в различных направлениях, перекрещивая штрих под углом примерно 45-60°. Площадки, образуемые штрихами, должны иметь вид квадратиков или ромбиков. Продолговатые пятна удаляются в поперечном направлении. После соскабливания окрашенных мест поверхность очищают щеткой и тщательно вытирают сухой чистой тряпкой.

Попеременное шабрение в разных направлениях чередуют с проверкой на контрольной плите (рис. 3.627, *б*) до тех пор, пока количество пятен на обрабатываемой поверхности при проверке ее краской не достигнет установленной нормы.

Шабрение изделия выполняют за три перехода. За первый (черновой) переход производят грубую обработку шаберами шириной от 20 до 30 мм при длине рабочего хода 12-15 мм. Это предварительное шабрение заканчивают, когда вся шабруемая поверхность при нанесении на нее краски покроется крупными пятнами краски – до 4-6 пятен на участке 25х25 мм.

За второй (первый чистовой) переход поверхность обрабатывают шаберами шириной не более 12-15 мм при длине рабочего хода от 5 до 10 мм. После этого перехода число пятен на шабруемой поверхности должно быть от 8 до 16 на площади 25х25 мм.

Третий переход применяется при обработке очень точных плоскостей, которые шабруются шаберами шириной от 5 до 12 мм при мелком штрихе. После третьего перехода шабруемая поверхность должна иметь на участке размером 25х25 мм от 20 до 25 пятен. При окончательном (чистовом) шабрении отделяют шабер в конце рабочего хода от обрабатываемой поверхности, так что его холостой ход совершается по воздуху. Такой прием способствует получению более чистой поверхности.

Шабрение параллельных плоскостей является сложной операцией, так как в этом случае следует выдержать прямолинейность, параллельность и определенное положение плоскостей.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При шабрении параллельных плоскостей, например призмы, за базу принимается ее основание. Весь процесс шабрения параллельных плоскостей выполняется в следующем порядке.

Все плоскости, подлежащие шабрению, проверяют на:

- соответствие всех размеров чертежу (припуски для шабрения не должны превышать 0,1 мм, при большем припуске на шабрение, плоскости предварительно опиливают по краске);
- прямолинейность – с помощью проверочной линейки;
- перпендикулярность к базовой плоскости – угольником;
- параллельность плоскостей – штангенциркулем.

На окрашенную поверхность проверочной плиты накладывают призму; поверхностью подлежащей шабрению двумя-тремя круговыми движениями передвигают призму по плите. Затем призму снимают с плиты и зажимают ее в тисках, имеющих алюминиевые или медные нагубники.

В два перехода пришабривают места, покрытые краской, рис. 3.628, *а* (предварительное шабрение – 4-6 пятен на участке 25х25 мм, за первый чистовой – 12-16 пятен). Во всех переходах процесс шабрения чередуют с проверкой на краску. Направление движения шабера изменяют после каждого окрашивания.

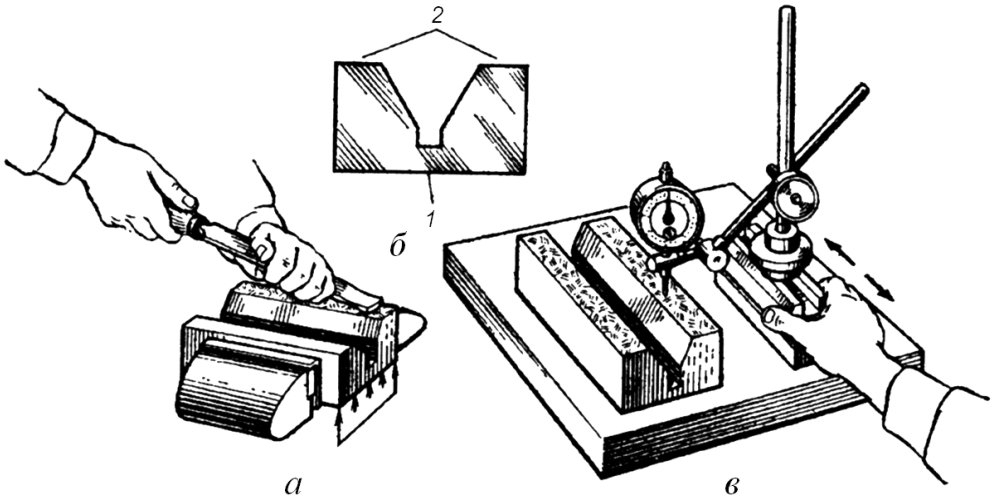


Рис. 3.628. Шабрение параллельной плоскости: *а* – прием работы; *б* – плоскости обрабатываемые шабрением; *в* – проверка параллельности плоскостей индикатором

В конце каждого перехода индикатором проверяют параллельность плоскостей *1* и *2*, рис. 3.628, *в*. Для этого:

- базу обрабатываемой призмы накладывают на проверочную плиту;
- на установленной призме размещают индикатор, при этом конец измерительного стержня должен находиться на высоте проверяемой призмы;
- конец измерительного стержня доводят до соприкосновения с краем одной части плоскости *2*, при этом поворотом наружного кольца индикатора шкалу устанавливают на нулевое положение по стрелке прибора;
- передвигая призму с индикатором вдоль оси обрабатываемой призмы до конца плоскости (рис. 3.628, *в*), по показаниям прибора определяют величину отклонения от параллельности (при отсчете необходимо помнить, что у индикаторов часового типа цена одного деления на большой шкале равна 0,01 мм, а на малой шкале – 1 мм);
- аналогично проверяют параллельность второй части плоскости *2*, разделенной угловой выемкой; индикатор следует перемещать осторожно, чтобы не изменить его первоначального положения на установочной призме;

Заканчивают шабрение всей плоскости *2*, добившись получения 12-16 пятен на участке размером 25х25 мм с контролем прямолинейности линейкой со щупом, параллельно-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сти плоскостей индикатором и проверкой размера между параллельными плоскостями микрометром.

Шабрение плоских поверхностей расположенных под углом. Для выполнения этой работы применяют шаберы большой длины со вставными пластинками из твердого сплава. На противоположном конце они имеют деревянную рукоятку. Режущая кромка шаберов прямолинейна, ее затачивают под углом 50°. Вставные пластинки должны иметь широкую кромку для предварительного шабрения и узкую – для окончательного.

Этот метод широко применяют при получистовом и чистовом шабрении, где прямолинейной режущей кромкой при движении на себя и равномерном усилии рук соскабливают слой металла.

Шабрение сопряженных плоскостей под внешним углом 90°, например, на призме, выполняется по контрольному угольнику с углом 90° в следующей последовательности.

Положение боковых плоскостей по отношению к основанию проверяют угольником, а параллельность – штангенциркулем или микрометром. После проверки на вертикальную сторону угольника тампоном наносят слой краски и устанавливают угольник на плоскость проверочной плиты. Окрашенная плоскость угольника примет вертикальное положение, образуя угол 90° с плоскостью плиты.

Призму базовой плоскостью кладут на проверочную плиту и прижимают боковой плоскостью *3* к вертикальной плоскости контрольного угольника, рис. 3.629, *б*. Левой рукой удерживают контрольный угольник, а правой передвигают призму по угольнику вперед и назад, перенося на поверхность боковой плоскости *3* краску.

Рис. 3.629. Шабрение методом на себя: *а* – прием работы; *б* – проверка по контрольному угольнику; *1* – основание; *2* и *3* боковые поверхности, подлежащие шабрению

Затем призму снимают с проверочной плиты и устанавливают в тиски. Режущую кромку шабера подводят к обрабатываемой поверхности, устанавливая шабер под углом 75-80° к шабруемой поверхности. Второй конец шабера должен упираться деревянной ручкой в плечо работающего несколько выше ключицы, рис. 3.629, *а*.

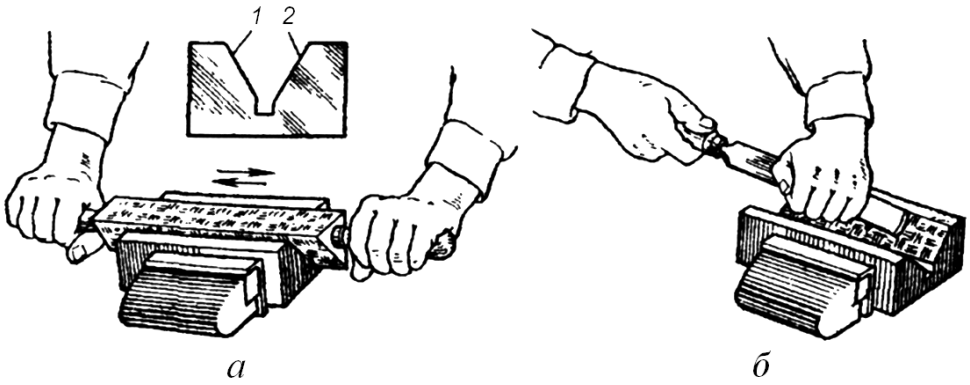
Режущую кромку шабера устанавливают у границы пятна краски и движением на себя соскабливают слой металла с поверхности. При шабрении обращают внимание на то, чтобы шабер работал всей режущей кромкой, иначе на обрабатываемой поверхности возможно образование глубоких царапин.

Плоскость пришабривают в два перехода (предварительным и окончательным шабрением), при этом чередуют шабрение с проверкой по краске. Шабрение плоскости заканчивают, если выдержана прямолинейность, сопряжение указанных плоскостей – под углом 90° и количество пятен на участке площади 25х25 мм равно 12-16.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В такой же последовательности пришабривают противоположную плоскость. При этом должны быть выдержаны сопряжение обеих плоскостей к основанию под углом 90° и параллельность боковых плоскостей (проверяют индикатором).

Шабрение плоскостей, расположенных под углом 60°. Рассмотрим в качестве примера шабрение призмы, рис. 3.630. Работа выполняется в следующем порядке.



а *б*

Рис. 3.630. Шабрение плоскостей, расположенных под углом: *а* – прием нанесения краски трехгранной линейкой; *б* – прием шабрения

Призму зажимают в тисках угловой выемкой вверх. На плоскости трехгранной проверочной линейки тампоном наносят тонкий слой краски. Затем, в угловую выемку призмы помещают смазанную краской трехгранную линейку и, передвигая линейку несколько раз вперед и назад, переносят краску на обрабатываемые плоскости, рис. 3.630, *а*. Линейка должна быть длиннее детали.

Пришабривают первую наклонную плоскость *1*, чередуя шабрение с проверкой плоскостности до появления 15-20 пятен на участке площадью 25х25 мм. Аналогично пришабривают вторую наклонную плоскость *2*. Шабрение заканчивают при наличии 15-20 пятен на участке площадью 25х25 мм на обеих плоскостях и правильном положении внутреннего угла относительно боковых плоскостей.

После шабрения обработанные плоскости тщательно очищают и протирают чистой тряпкой. Затем проверяют правильность расположения наклонных плоскостей по отношению к базе (основанию), для этого:

- устанавливают призму основанием на контрольную плиту;
- в угловую выемку накладывают трехгранную контрольную линейку;
- индикатором проверяют параллельность верхней плоскости трехгранной линейки по отношению к плоскости плиты, как по длине, так и по ширине линейки.

Шабрение плоскостей расположенных под острыми углами, рис. 3.631, *а*. Одной из разновидностей шабрения плоскостей, расположенных под различными углами, является шабрение пазов типа ласточкин хвост. Эта работа относится к числу сложных, при ее выполнении необходимо выдержать: прямолинейность всех плоскостей, точность сопряжения углов, одинаковое расстояние между скосами на всей длине «ласточкина хвоста». Шабрение выполняют специальными шаберами с изогнутыми концами (рис. 3.631, *б*), с прямолинейной или имеющей малую кривизну режущей кромкой.

Рассмотрим последовательность шабрения на примере направляющих продольного суппорта токарного станка.

1. Суппорт, с пазами типа ласточкин хвост, вставляют в угловые пазы поперечной плиты и прямолинейными движениями переносят краску с плиты на плоскости *1* и *2*, подлежащие шабрению, рис. 3.631, *в*.

2. Суппорт зажимают в тисках (плоскости *1* и *2* должны быть расположены горизонтально) и производят предварительное шабрение, рис. 3.632, *а*.

3. Чередуя шабрение с проверкой по краске и изменяя направление движения шабера, выполняют окончательное шабрение плоскостей *1* и *2*. Шабрение заканчивают при получении 12-15 пятен на участке площадью 25х25 мм.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4. На наклонную поверхность паза проверочной плиты наносят краску.

5. Суппорт вставляют в пазы плиты, прижимая обрабатываемую поверхность *3* к окрашенной стороне плиты, продольным движением переносят краску на плоскость *3* суппорта.

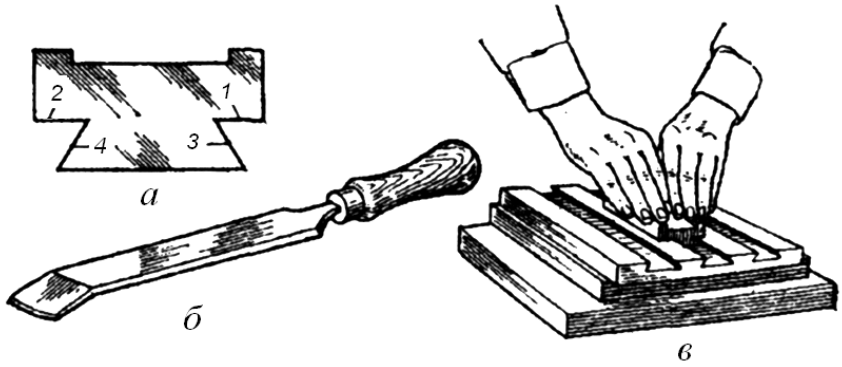


Рис. 3.631. Шабрение плоскостей расположенных под острыми углами: *а* – поверхности обрабатываемые шабером; *б* – шабер; *в* – нанесение краски на поверхность паза типа ласточкин хвост специальной плиткой

6. Суппорт зажимают в тисках так, чтобы поверхность *3* была расположена горизонтально и производят шабрение, рис. 3.632, *б*. Шабрение в углах паза производят трехгранным шабером.

7. Наклонную плоскость *3* окончательно пришабривают по краске с проверкой угла сопряжения плоскостей *1* и *3* угловой контрольной линейкой. Шабрение заканчивают при получении 12-15 пятен на участке площадью 25х25 мм.

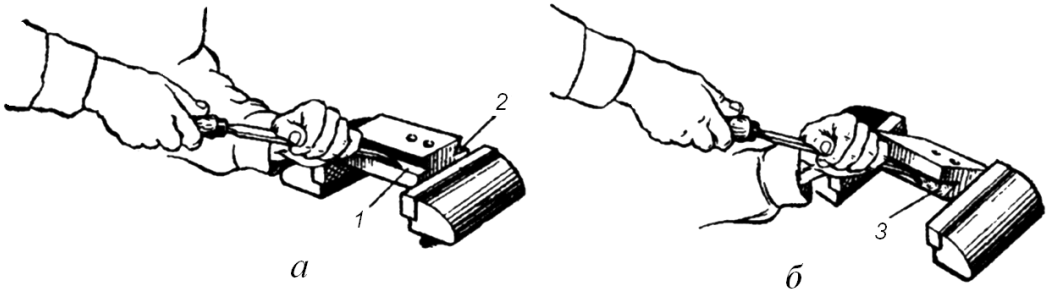


Рис. 3.632. Шабрение плоскостей паза типа ласточкина хвоста: *а* – прием шабрения плоскостей *1* и *2*; *б* – прием шабрения плоскостей *3* и *4*

Повторяя приемы, указанные пунктах 4-7, пришабривают вторую наклонную плоскость *4*. При шабрении второй наклонной плоскости необходимо периодически проверять положение наклонных плоскостей (на одномерный размер ширины «ласточкина хвоста») микрометром с помощью двух контрольных валиков, рис. 3.633.

Проверка точности шабрения производится по числу пятен на участке площади 25х25 мм, равномерно распределенных по всей обрабатываемой поверхности. Точность угла сопрягаемых поверхностей проверяют угловой контрольной линейкой.

Ширину «ласточкина хвоста» контролируют микрометром:

- в углы сопрягаемых плоскостей *1* и *3*, *2* и *4* закладывают два контрольных валика;
- по наружным образующим валиков с помощью микрометра определяют размер в начале и конце «ласточкина хвоста», рис. 3.33. Разность показаний будет соответствовать отклонению в размере по ширине.

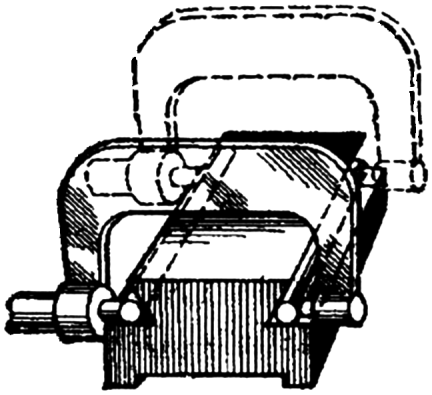


Рис. 3.633. Проверка параллельности сторон паза типа ласточкин хвост с помощью контрольных валиков

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Шабрение криволинейных поверхностей. Кроме шабрения прямолинейных плоскостей, слесарю часто приходится выполнять работы по шабрению криволинейных поверхностей, в большинстве случаев на вкладышах подшипников.

При изготовлении новых вкладышей, их внутренние цилиндрические отверстия растачивают на токарном или расточном станке с припуском на шабрение 0,1-0,2 мм.

Рассмотрим, в качестве примера, подгонку вкладыша подшипника скольжения насоса.

Для удаления рисок, а также высококачественной подгонки внутренней цилиндрической поверхности по шейке вала вкладыши обрабатывают трехгранным шабером. Работа по шабрению вкладыша производится в следующей последовательности.

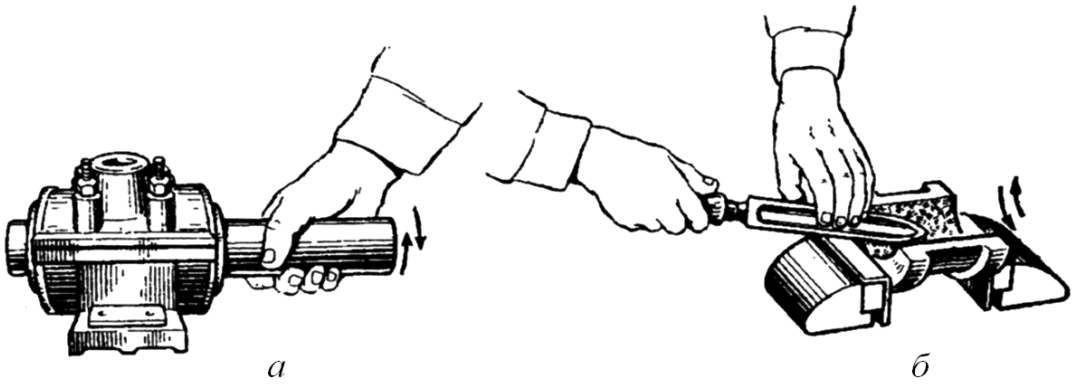
1. Шейку вала и вкладыш подшипника (подшипник должен быть разобран) тщательно вытирают сухой чистой тряпкой.

2. На шейку вала с помощью тампона наносят тонкий равномерный слой краски.

3.Окрашенную шейку вала укладывают на нижний вкладыш подшипника, а сверху накладывают верхний вкладыш с крышкой.

4. Равномерно и поочередно крест-накрест подшипник затягивают гайками так, чтобы вал можно было провернуть с небольшим усилием.

5.Для окрашивания выступающих мест на поверхности вкладыша вал в подшипнике вручную поворачивают вправо и влево на два три оборота, рис. 3.634, *а*.



а *б*

Рис. 3.634. Шабрение вкладыша подшипника скольжения: *а* – нанесение краски на поверхность вкладыша; *б* – прием работы

7. Нижний вкладыш зажимают в тисках с алюминиевыми или медными нагубниками и располагают его окрашенной поверхностью вверх.

8. Перемещая режущую кромку шабера по поверхности вкладыша вправо и влево (рис. 3.633, *б*), средней частью режущей кромки шабера шабрят места покрытые краской, с косым направлением штрихов.

9. Верхний вкладыш пришабривают так же, как и нижний, до тех пор, пока большая часть поверхности вкладыша не окрасится.

10. Шабрение чередуют с нанесением краски до равномерного покрытия поверхности вкладышей пятнами на площади не менее $^{2}/_{3}$ поверхности вкладыша.

11. Шейку вала и обработанную поверхность вкладышей протирают тряпкой, смоченной в керосине.

12. Шейку вала и вкладыши смазывают машинным маслом и производят окончательную сборку подшипника. Вращают вал, проверяя работу подшипника (вал должен вращаться с небольшим трением).

Шабрение подшипников с двойной опорой (рис. 3.635), выполняют в той же последовательности, но с некоторыми дополнениями.

Окрашивают обе шейки вала, помещают его во вкладыши, переносят красу на нижние вкладыши подшипников. Шабрят нижние, а затем верхние поверхности вкладышей до равномерного расположения пятен на большей поверхности вкладышей. Далее собирают подшипники и регулируют их прокладками, чтобы вращение вала от руки осуществлялось с небольшим трением.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

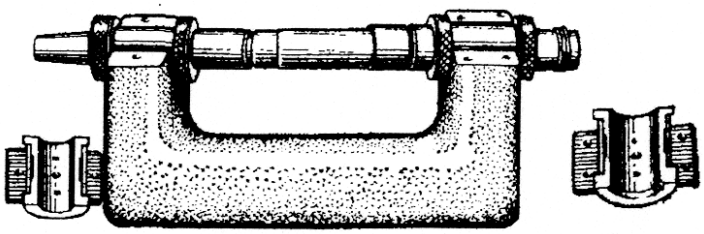


Рис. 3.635. Вал с двойной опорой подшипников

Проверка качества шабрения производится: по равномерному покрытию поверхности вкладышей пятнами краски на площади не менее $^2/_3$ их поверхности; на отсутствие царапин, вмятин и глубоких следов шабера на обработанной поверхности; на равномерное трение при вращении вала в подшипниках при надежной затяжке подшипников гайками.

Притирка. Притиркой называется обработка деталей, работающих в сопряжении, для обеспечения наилучшего контакта их рабочих поверхностей.

Притирка является точной слесарной операцией по обработке поверхностей абразивными порошками или пастами для получения плотного взаимного их прилегания. Притирку осуществляют специальными инструментами – притирами, на поверхность которых наносят шлифующие материалы или притирочные пасты.

Притирке подвергают гидравлические пары топливных и гидравлических насосов, клапаны и седла в механизме газораспределения двигателей внутреннего сгорания, рабочие поверхности измерительных инструментов.

Доводка – это чистовая обработка деталей с целью получения точных размеров и малой шероховатости поверхностей.

Доводка выполняется после притирки поверхностей по заданным размерам с получением точной формы обрабатываемых поверхностей. При обработке поверхностей доводкой получают размеры с точностью до 0,001 мм и зеркальную поверхность. Эта операция является сложной и трудоемкой.

Притирка и доводка осуществляются абразивными порошками или пастами, наносимыми на обрабатываемые поверхности, или специальным инструментом – притиром. Припуск на притирку составляет 0,01-0,02 мм, на доводку – 0,001-0,0025 мм. Точность притирки – 0,001-0,002 мм. Доводка обеспечивает точность по 5-6 квалитетам и шероховатость до Rz 0,05 мкм.

В качестве притирочных материалов используют твердые абразивные материалы в виде шлифпорошков зернистостью от 4 до 12 и микропорошков (мягкие абразивы) зернистостью от М5 до М40. Кроме порошков для притирки и доводки применяются пасты ГОИ и алмазные пасты.

Пасты ГОИ подразделяются по своему назначению на три вида:

- грубая – применяется для предварительной притирки, придает поверхности матовый вид, имеет темно-зеленый цвет;
- средняя – применяется для окончательной притирки, создает чистую матовую поверхность, имеет зеленый цвет;
- тонкая – применяется главным образом для доводки и придания поверхности зеркального блеска, имеет светло-зеленый цвет.

Алмазные пасты, природные и синтетические, имеют двенадцать зернистостей делящихся на четыре группы, имеющих каждая свой цвет:

- крупной зернистости (АП100, АП80, АП60) красного цвета;
- средней зернистости (АП40, АП28, АП20) зеленого цвета;
- мелкой зернистости (АП14, АП10, АП7) голубого цвета;
- тонкой зернистости (АП5, АП3 и АП1) желтого цвета.

Алмазные пасты применяют доля притирки и доводки изделий из твердых сплавов, сталей, стекла, рубина, керамики и т.п. По консистенции алмазные пасты делятся на твердые, мазеобразные и жидкие.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для различных абразивных порошков применяют различные смазывающие материалы: для грубых и средних – керосин, а для мелких – машинное масло. Смазывающие материалы способствуют ускорению притирки и доводки, уменьшают шероховатость, а также охлаждают поверхность детали. Наилучший смазывающий материал для притирки (доводки) стали и чугуна, значительно повышающий производительность процесса – керосин с добавкой 2,5% олеиновой кислоты и 7% канифоли.

Притирку и доводку выполняют специальным инструментом – притиром, форма которого должна соответствовать форме обрабатываемой поверхности. Обычно для изготовления притиров применяют мягкий мелкозернистый чугун, для тонких и длинных притиров используют стали Ст2 и Ст3. Стальные притиры изнашиваются быстрее, чем чугунные.

Притирка широких плоскостей обычно выполняется на двух притирочных плитах. Для предварительной притирки применяют плиты с канавками глубиной и шириной до 1 мм, расположенными друг от друга на расстоянии 10-15 мм. В канавках собираются остатки абразивного материала. Для окончательной притирки применяют плиты с гладкой поверхностью. Цилиндрические притиры применяют для доводки цилиндрических отверстий. Такие притиры бывают как нерегулируемыми, так и регулируемыми.

Подготовка притира к работе заключается в шаржировании притиров, т.е. в поверхностном насыщении притиров частицами абразивных материалов (порошка или пасты). Различают прямой и косвенный способы шаржирования. При прямом способе, частички абразива вдавливаются в притир до начала работы, при косвенном – в процессе работы.

Плоский притир шаржируют (при прямом способе) катанием стального закаленного валика по плоскости притира (рис. 3.636), на которую насыпан тонким, ровным слоем абразивный порошок. После шаржирования с притира удаляют остаток абразивного порошка волосяной щеткой, притир слегка смазывают и применяют для работы. Круглый притир диаметром более 10 мм шаржируют на твердой стальной плите.

Косвенный способ шаржирования заключается в покрытии притира слоем смазки, на которую затем насыпают абразивный порошок. Прибавлять новый абразивный порошок во время работы не следует, так как это ведет к снижению точности обработки.

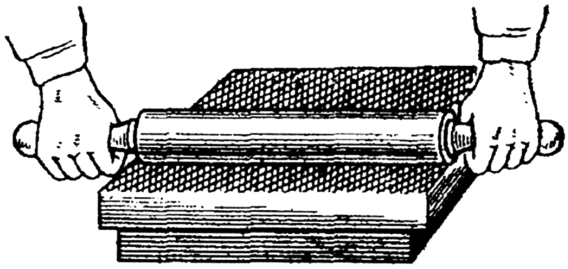


Рис. 3.636. Прием шаржирования плоского притира стальным валиком

Для производительной и точной притирки необходимо правильно выбирать и строго дозировать количество абразивных материалов, а также смазки. При притирке необходимо учитывать давление на притираемые детали. Обычно давление при притирке составляет 150-400 кПа (1,5-4 кгс/см^2). При окончательной притирке давление нужно уменьшать.

Притирка широких и плоских поверхностей. Рассмотрим, в качестве примера, притирку широкой плоскости чугунной плитки с применением абразивных порошков. Работа выполняется в следующем порядке.

1. Рабочие поверхности притиров для предварительной и окончательной притирки смачивают керосином и начисто протирают тряпкой.

2. Для предварительной притирки берут абразивный порошок зернистостью 4, насыпают его в сосуд и хорошо перемешивают с керосином или жидким минеральным маслом до получения полужидкой массы.

3. На поверхность притира с канавками тампоном наносят тонкий и равномерный слой приготовленной притирочной массы.

4. Притир шаржируют катанием стального закаленного валика по плоскости притира 3-5 раз вперед и назад.

5. После окончания шаржирования мягкой тряпкой, смоченной в керосине, следует удалить избыток притирочной массы с поверхности притира.

6. На притир наносят небольшой слой смазочного материала (керосина).

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

7. Деталь кладут притираемой поверхностью на притир с канавками и с легким нажимом на деталь делают не более восьми-девяти круговых движений по всей плоскости притира, рис. 3.637, *а*.

При притирке нужно правильно распределять нагрузку на деталь, иначе может произойти завал поверхности и изменение формы притира. Вертикальная нагрузка *В* (рис. 3.637, *б*) должна быть перпендикулярна поверхности притира. Горизонтальную нагрузку (рабочий ход) *Г* следует прилагать как можно ближе к притиру.

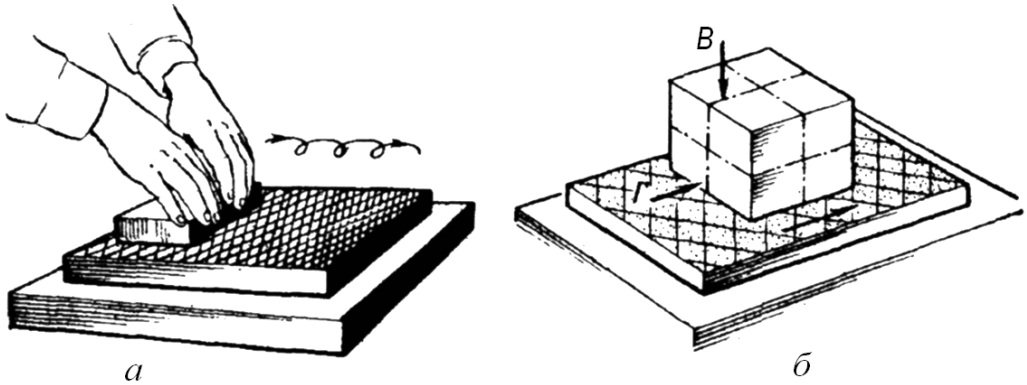


Рис. 3.637. Притирка широких плоскостей: *а* – прием работы; *б* – распределение нагрузки на деталь

8. После выполнения указанного числа движений с притира удаляют сработанную притирочную массу.

9. Шаржирование, нанесение смазочного материала и процесс притирки чередуют до получения на всей притираемой плоскости матового оттенка без пропусков.

10. Плоский притир (без канавок) шаржируют, применяя микропорошок М28-М40 для окончательной притирки. Удаляют с притира избыток притирочной массы.

11. Притираемую плоскость накладывают на гладкий притир и круговыми движениями перемещают деталь по поверхности притира, периодически добавляя керосин.

12. Окончательную притирку заканчивают, когда вся обрабатываемая плоскость будет иметь чистую ровную матовую поверхность. Оставшуюся массу смывают керосином и тщательно вытирают чистой тряпкой.

Притирка тонких широких изделий. В качестве примера рассмотрим притирку широких плоскостей угольника.

1. Угольник укрепляют на деревянной опоре посредством планок, расположенных по его периметру. Планки прибиты к доске так, чтобы угольник был плотно зажат ими со всех сторон и выступал над плоскостью опоры на половину своей толщины.

2. Одну из плоскостей угольника промывают керосином для удаления металлической пыли и грязи, а затем вытирают ее насухо чистой тряпкой.

3. Подготавливают притир: протирают, наносят притирочную пасту, шаржируют, смазывают.

4. На плоскость притира накладывают закрепленный на бруске угольник и с легким нажимом перемещают его (криволинейными движениями) от одного до другого края по всей плоскости притира, рис. 3.638.

5. После восьми-десяти проходов с притира керосином смывают сработанную притирочную массу и вытирают его тряпкой.

6. Чередую нанесение свежей массы, шаржирование, смазывание и осуществляют предварительную притирку одной плоскости угольника до получения матовой поверхности без пропусков.

7. Угольник вынимают из опоры, сработанную массу смывают керосином и тщательно вытирают.

8. Угольник крепят на деревянной опоре для притирки второй плоскости. Предварительную притирку второй плоскости производят аналогично первой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

9.Окончательную притирку двух плоскостей до получения чистой матовой поверхности выполняют в той же последовательности.

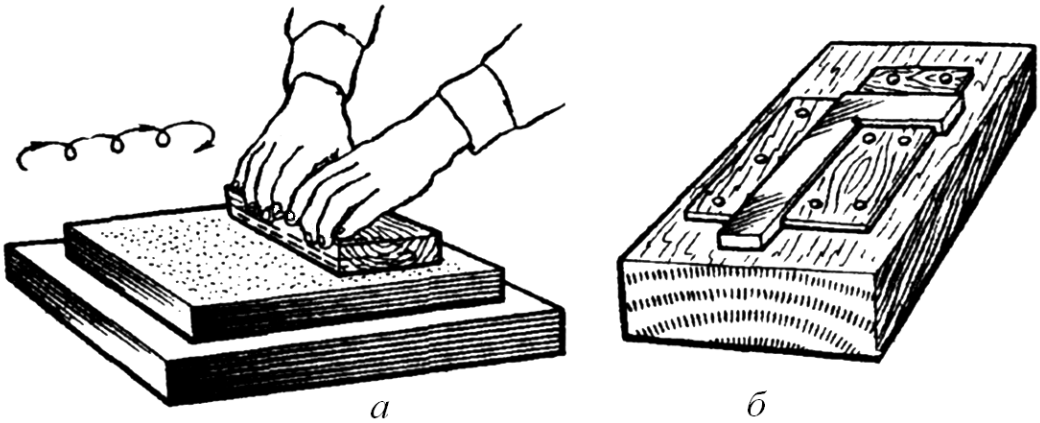


Рис. 3.638. Притирка плоскости угольника: *а* – прием работы; *б* – крепление угольника на деревянной опоре

Притирка узких поверхностей с применением приспособлений. В качестве примера рассмотрим притирку узких плоскостей шаблона. Работа выполняется в следующей последовательности.

1. Рабочую поверхность плиты и обрабатываемую плоскость шаблона смачивают керосином, после чего тщательно протирают тряпкой.

2. Вторично слегка смочив керосином поверхность притира, наносят на нее грубую пасту ГОИ и распределяют ее ровным слоем по всей поверхности притира.

3. На плоскость притира устанавливают чугунный брусок, к одной стороне которого прикладывают широкую плоскость шаблона так, чтобы его узкая наружная грань плотно прилегала к плоскости притира, рис. 3.639, *б*.

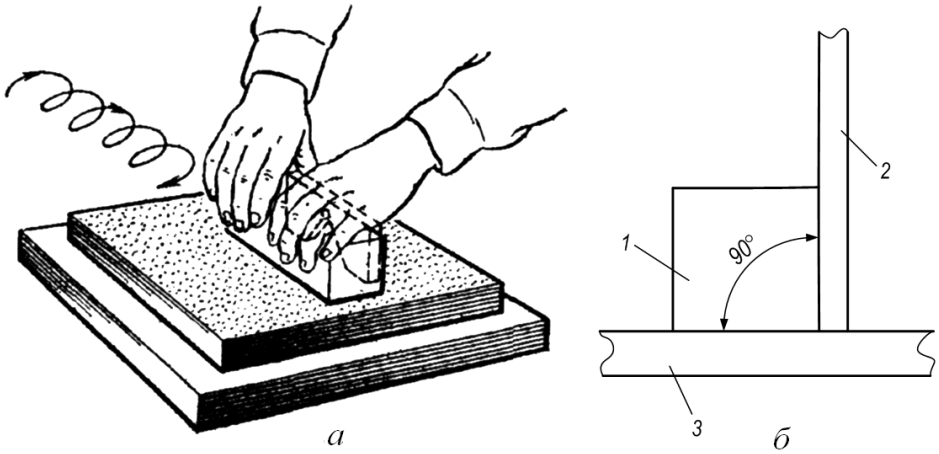


Рис. 3.639. Притирка узкой грани шаблона: *а* – прием работы; *б* – положение бруска и шаблона для притирки; *1* – брусок; *2* – шаблон; *3* – притир

4. Прижимая шаблон большими пальцами рук к бруску, осуществляют круговые движения по всей плоскости притира, выполняя предварительную притирку, рис. 3.639, *а*.

Во время притирки нужно так прижимать шаблон так, чтобы он не отходил от бруска, но имел возможность по мере притирки перемещаться вниз по его поверхности. Во избежание неравномерного износа бруска и нарушения прямоугольности его сторон, нажим на него не должен быть сильным.

5. Выполнив восемь-десять круговых движений детали с бруском, сработанную притирочную массу, имеющую темно-бурый оттенок, удаляют с плоскости притира тряпкой, смоченной в керосине, а затем наносят свежий слой пасты.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

6. Притирку чередуют с нанесением свежей пасты до получения сплошной матовой поверхности.

7. Закончив предварительную притирку одной поверхности, приступают к притирке других поверхностей детали.

8. Притираемые плоскости проверяют лекальной линейкой, а расположение их под углом 90° – проверочным угольником с узкими ребрами.

9. На плиту наносят среднюю пасту ГОИ и в такой же последовательности производят чистовую притирку всех внешних плоскостей шаблонно до образования на них чистой матовой поверхности.

10. После окончания притирки оставшуюся часть пасты смывают керосином и все плоскости шаблона протирают начисто.

Последовательность притирки узкой вогнутой криволинейной поверхности радиусного шаблона ничем не отличается от притирки узких плоскостей. В качестве притира в этом случае применяют круглый валик, точно соответствующий заданному радиусу шаблона. Для устойчивого и перпендикулярного положения шаблона на притире используют призму, рис. 3.640. Притирку производят сначала грубой, а затем средней пастой ГОИ. Заканчивают обработку, когда притираемая поверхность примет ровный матовый вид.

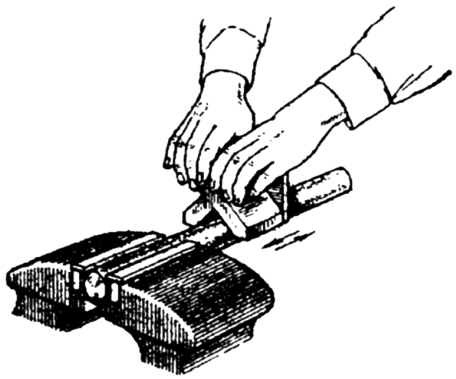


Рис. 3.640. Прием притирки вогнутой поверхности радиусного шаблона

Притирка цилиндрических поверхностей. Для повышения производительности и получения высокого качества притирки, притирку цилиндрических поверхностей обычно выполняют на токарном станке.

Притирка внешней поверхности цилиндрических валиков выполняется чугунным или медным притиром-кольцом с внутренним диаметром на 0,1-0,25 мм больше диаметра валика. На внутреннюю поверхность притира наносят грубую пасту ГОИ. На одном конце валика закрепляют хомутик-поводок, на валик надевают притир-кольцо в разжатом состоянии.

Валик устанавливают и закрепляют в центрах токарного станка, рис. 3.641, *а*. Регулируют внутренний диаметр притира-кольца специальным винтом *3*, установленным в притире, рис. 2.761, *б*. Притир считается подготовленным к работе, когда его поверхность плотно прилегает к поверхности детали и притир вращается с небольшим усилием.

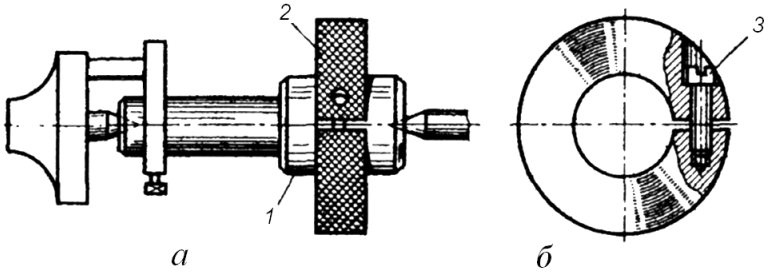


Рис. 3.641. Притирка цилиндрических деталей на токарном станке: *а* – установка детали и притира; *б* – притир-кольцо; *1* – деталь; *2* – притир; *3* – винт

Притирку выполняют с окружной скоростью 6-10 м/мин. В процессе притирки правой рукой удерживают инструмент от вращения. Медленно водят его вперед и назад по всей длине притираемой поверхности детали, не заходя за ее пределы, рис. 3.642. По мере притирания поверхности валика грубую пасту ГОИ заменяют средней и подкручивая винт уменьшают диаметр притира.

Притирку заканчивают при получении на валике чистой матовой поверхности. Валик проверяют микрометром на конусообразность и овальность.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Притирка внутренней поверхности цилиндрических деталей (втулок) выполняют чугунным или медным притиром, состоящим из цилиндрической втулки с коническим отверстием, в которое вставляется коническая оправка со шпонкой, рис. 3.643, *а*. Диаметр притира должен быть на 0,1-0,25 мм меньше диаметра отверстия.

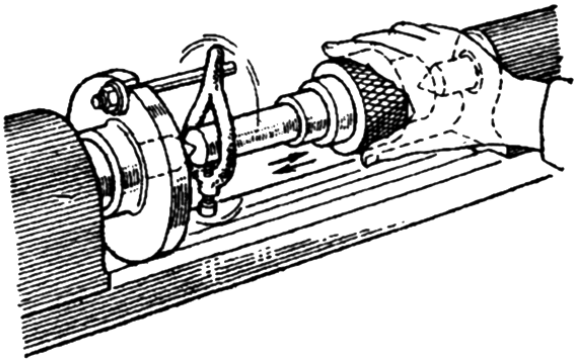


Рис. 3.642. Прием ручной притирки валика на токарном станке

Последовательность притирки состоит в следующем.

1. Шаржируют круглый притир, для этого на поверхность двух твердых стальных плит наносят абразивный порошок. Круглый притир располагают между стальными плитами, верхнюю плиту передвигают горизонтально с небольшим нажимом, вдавливая абразивные зерна в круглый притир, который вращается между поверхностями плит, рис. 3.643, *б*.

2. Обрабатываемую втулку надевают на притир и устанавливают в центрах токарного станка, закрепляя оправку притира хомутом – поводком.

3. Запускают станок, который вращает притир в детали со скорость 6-8 м/мин. Правой рукой удерживают втулку и медленно передвигая ее от конца до конца, по вращающемуся притиру, производят притирку внутренней поверхности втулки, рис. 3.644.

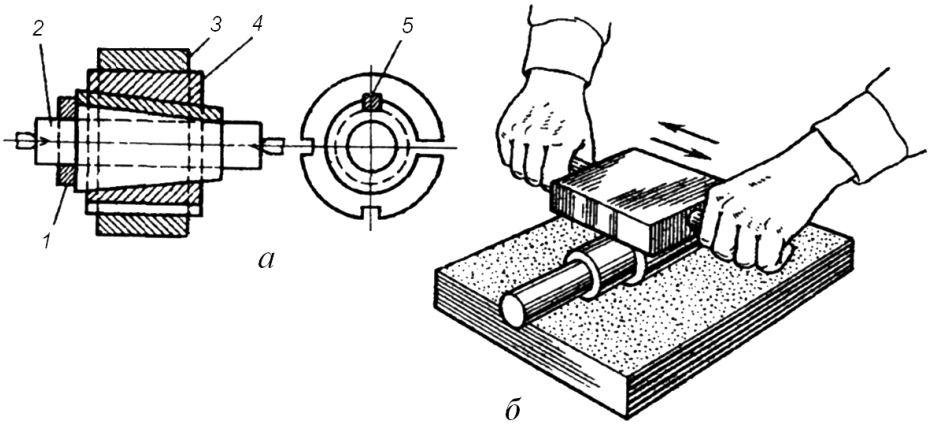


Рис. 3.643. Подготовка к притирке внутренней цилиндрической поверхности втулки: *а* – устройство притира; *б* – прием шаржирования цилиндрического притира на плите; *1* – гайка; *2* – оправка; *3* – втулка; *4* – притир; *5* – шпонка

Притирку чередуют с контролем шероховатости поверхности и измерением диаметра отверстия гладким предельным калибром-пробкой. Перед измерением диаметра отверстия деталь тщательно промывают в керосине.

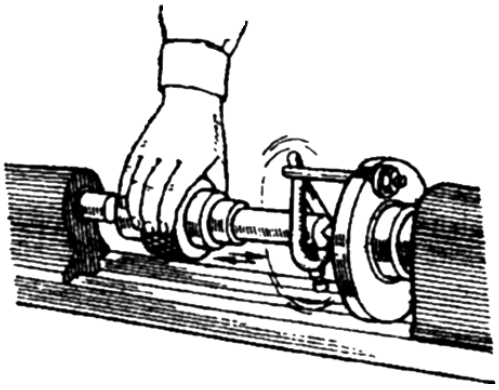


Рис. 3.644. Прием притирки внутренней поверхности втулки

По мере притирания внутренней поверхности втулки увеличивают диаметр притира путем смещения конуса оправки вдоль шпонки с помощью гайки и наносят на притир зерно абразивного порошка меньшей величины.

Притирка конических сопряженных поверхностей. Кроме притирки деталей с помощью притиров, находит применение притирка сопрягаемых поверхностей деталей непосредственно одна к другой. К таким работам относится притирка различных кранов, клапанов и т.п., где требуется плотная пригонка конусных поверхностей.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Конические поверхности крана (пробка и гнездо) предварительно обрабатывают на токарном станке, после чего их подвергают притирке. Для этого притираемые поверхности очищают от пыли, грязи и насухо вытирают. Корпус крана зажимают в тисках большим конусным отверстием вверх. На конусную поверхность пробки наносят ровный слой пасты ГОИ (средней), разведенной в керосине.

Пробку вставляют в коническое гнездо, а на квадрат оси пробки надевают вороток. Воротку с пробкой сообщают возвратно-круговое движение с осевым нажимом, рис. 3.645. При этом после полуоборота в одну сторону пробку приподымают, затем опускают и с легким нажимом поворачивают на пол-оборота в другую сторону.

Сделав восемь-десять таких движений, пробку вынимают из корпуса крана, насухо вытирают все притираемые поверхности и проверяют качество притирки. Затем на поверхность пробки вторично наносят ровный слой пасты и повторяют приемы притирки.

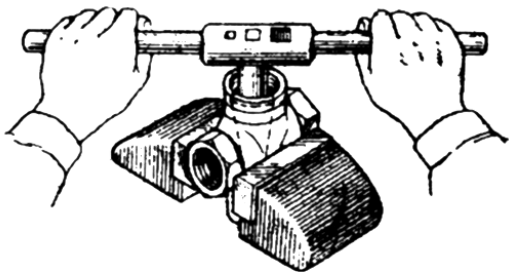


Рис. 3.645. Прием притирки конической пробки крана

Притирку чередуют с нанесением пасты до получения сплошной чистой матовой поверхности как на пробке, так и на коническом отверстии. После окончания притирки пробку вынимают, промывают все поверхности в керосине и насухо протирают.

Качество притирки определяют плотностью соприкосновения конусных поверхностей пробки и отверстия. Для этого на поверхности пробки по образующей проводят черту мягким карандашом. Пробку с чертой вставляют в конусное отверстие и с легким нажимом проворачивают пробку на один-два полных оборота. Если черта стерлась по всей длине равномерно, то плоскости притерты правильно.

Доводка. Доводка является окончательным методом обработки, обеспечивающим высокое качество поверхностного слоя с получением *R*z = 0,050-0,010 мкм, отклонения размеров и формы обработанных поверхностей – до 0,05-0,3 мкм.

Требования к точности размеров и формы плоских, цилиндрических, сферических поверхностей, шероховатости поверхности и свойствам поверхностного слоя прецизионных деталей машин и приборов обеспечиваются на окончательных операциях изготовления методами абразивной доводки.

Параметры качества обработанных поверхностей после абразивной доводки зависят от режимов и условий процесса обработки. Механическая абразивная доводка позволяет повысить производительность обработки в 2-6 раз по сравнению с ручной доводкой.

Различают два метода доводки в зависимости от типа инструмента (притира): доводка незакрепленными зернами абразива в составе абразивных паст и суспензий и доводка закрепленными зернами абразива (шаржированными притирами и абразивными кругами).

Как правило, доводка заготовок прецизионных деталей осуществляется за две-пять операций (или за два-пять переходов) с последовательным уменьшением зернистости применяемого абразива в составе суспензий и паст, используемых на операциях (переходах) предварительной, чистовой (окончательной) и доводки, с целью получения требуемых параметров качества обработки.

Припуск на обработку на сторону назначается в зависимости от требуемых параметров качества обработки:

- предварительная доводка: припуск – 0,02-0,05 мм, достигаемая точность обработки (отклонение от требуемой формы поверхности) – 3-5 мкм; параметр шероховатости – *Ra* = 0,63-0,16 мкм;
- получистовая доводка: припуск – 0,005-0,015 мм, точность обработки – 1-2 мкм; параметр шероховатости поверхности – *Ra* = 0,16-0,08 мкм;
- чистовая (окончательная) доводка: припуск – 0,002-0,005 мм, точность обработки – 0,5-1 мкм; параметр шероховатости поверхности – *Ra* = 0,08-0,02 мкм;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- тонкая доводка: припуск –0,0002-0,001 мм, точность обработки – 0,1-0,5 мкм, параметр шероховатости поверхности – *Ra* = 0,02-0,005 мкм.

Доводка абразивными пастами на притирах осуществляется посредством периодического нанесения пасты на поверхность притира (путем ее намазки) либо посредством предварительного шаржирования притира абразивными зернами с помощью специальных устройств с плоскими, роликовыми, кольцевыми правильно-шаржирующими инструментами.

Доводка абразивными суспензиями осуществляется двумя способами: при непрерывной подаче или с периодической дозированной подачей суспензии. Непрерывную подачу абразивной суспензии в зону обработки применяют для предварительной обработки.

Доводку с периодическим нанесением пасты применяют как для предварительной, так и для чистовой доводок. Наивысшие параметры качества доведенной поверхности достигаются при тонкой доводке притирами, шаржированными зернами пасты.

Доводку осуществляют суспензиями, пастами и мелкозернистыми кругами на основе микропорошков из следующих абразивных материалов: электрокорунда белого (23А, 24А, 25А), хлористого (ЗЗА, 34А), титанистого (37А), монокорунда (43А, 44А, 45А); карбида кремния зеленого (62С, 63С, 65С), карбида бора (КБ) и эльбора зернистостью М40-М1; алмазных микропорошков марок АСМ, АСЫ (из синтетических алмазов), АМ и АН (из природных алмазов) зернистостью 60/40 – 1/0.

Для предварительной доводки применяют порошки зернистостью 5-4, микропорошки – М40-М14, для получистовой – М10-М5, для окончательной – М10-М3, для тонкой – М3-М1.

Окончательную и тонкую доводку осуществляют также мягкими абразивными материалами — окисью алюминия, окисью хрома, крокусом и др.

Абразивные суспензии и пасты состоят из абразива и неабразивной части. Неабразивная часть паст содержит такие компоненты как парафин, стеарин, олеиновую кислоту, керосин, веретенное, дизельное, вазелиновое масла и т.д. В абразивных суспензиях абразив по массе составляет не более 20-30% и находится во взвешенном состоянии в керосино-масляной смеси с добавкой парафина, стеарина или олеиновой кислоты и т.д.

Материал притира и его свойства выбирают в зависимости от физико-механических характеристик обрабатываемого материала, требуемых производительности и параметров качества обработки.

Для доводки деталей из труднообрабатываемых материалов наиболее распространенными материалами притира является чугун с ферритной, перлитной и перлитоферритной структурой. Обычно чугунные притиры изготовляют из серого чугуна СЧ 15, СЧ 18, СЧ 20, СЧ 25 твердостью 120-200 НВ.

Для предварительной доводки наилучшие результаты по износостойкости имеют перлитные чугуны с крупнопластинчатым перлитом, хорошо удерживающим абразивные зерна. Для окончательной доводки применяют более мягкие ферритные чугуны с фосфидной эвтектикой и перлитоферритные чугуны с мелкодисперсным и тонкопластинчатым перлитом.

Из ферритных чугунов изготавливают притиры для шаржирования их мелкозернистым абразивом зернистостью М3-М1 (например, для доводки концевых мер длины).

При доводке деталей из цветных металлов и сплавов (алюминия, меди, магниевых сплавов), отожженных сталей рекомендуется применять в качестве материалов притиров оптическое стекло К8 или МКР-1 (пирекс), а также перлитные чугуны и цветные металлы (олово, свинец), которые хорошо шаржируются абразивом.

Доводка, как и притирка, состоит из аналогичных последовательно выполняемых рабочих приемов, повторяемых до полной обработки поверхности детали. При доводке необходимо.

- Правильно распределять усилия, иначе могут получиться поверхности неправильной формы.
- Не делать сильного нажима на деталь, выполняя движения с малой скоростью, что обеспечивает получение обрабатываемой поверхности малой шероховатости. При сильном нажиме на деталь от большого трения деталь нагревается, что может привести к короблению тонких деталей и изменению их размеров.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- При работе с абразивными порошками делать по притиру не более 12-15 движений, а при работе с пастами – не более 8-10 движений, после чего притирочный материал заменять новым. В процессе доводки необходимо соблюдать последовательность применения грубых, средних и тонких порошков.
- Периодически осуществлять контроль за качеством обрабатываемых поверхностей в зависимости от конфигурации изделия, проверяя: прямолинейность поверхности лекальной линейкой; параллельность плоскостей микрометром или индикатором; величину угла угольником, угломером, шаблонами и угловыми плитками; заданный профиль детали шаблоном; линейные размеры штангенциркулем, микрометром и плоско-параллельными плитками; перпендикулярность рабочих поверхностей лекальным угольником; шероховатость зеркальной поверхности – на глаз.

В качестве примера рассмотрим доводку узких граней поверочного угольника для получения прямолинейности, точности сопряжения под углом 90° и параллельности.

Работа по притирке начинается с тщательного приготовления притира для сухого или мокрого шаржирования.

При сухом шаржировании абразивный порошок наносят на поверхность плоского притира тряпочным тампоном, как бы припудривая, и равномерно распределяя его по всей поверхности притира. Притир шаржируют закаленным валиком или кубиком. После шаржирования с притира удаляют остаток абразивного порошка волосяной щеткой. Не допускается дробление зерен абразивного материала при вдавливании их в притир.

Для мокрого шаржирования притирочную абразивную массу наносят на плоский притир равномерным и очень тонким слоем. Большое количество притирочного материала не обеспечивает плотного прилегания трущихся поверхностей, снижает качество и производительность.

При доводке используют смазочный материал.

После окончания шаржирования притира на него устанавливают брусок, к одной стороне которого прикладывают широкую плоскость угольника, прижимая его большими пальцами рук так, чтобы его узкая грань *1* (рис. 3.646, *а*) плотно прилегала к плоскости притира.

Удерживая двумя руками угольник вместе с направляющим бруском и передвигая их вдоль плоскости притира, выполняют предварительную доводку, рис. 2.765, *б*. Во время доводки нужно осуществлять равномерное движение и одинаковое несильное придавливание угольника к притиру, чтобы избежать неравномерного износа поверхности притира.

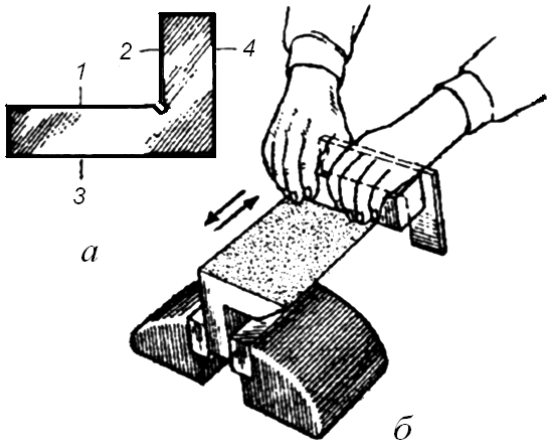


Рис. 3.646. Доводка внутреннего ребра угольника: *а* – угольник; *б* – прием работы

Шаржирование притира чередуется с доводкой и проверкой качества поверхности до тех пор, пока обрабатываемая поверхность не примет чистый матовый полузеркальный вид.

Для окончательной доводки применяют пасту ГОИ. Притирку производят до образования чистой зеркальной поверхности. Поверхность проверяют лекальной линейкой.

Повторяя вышеуказанные приемы, производят притирку грани *2* внутреннего угла угольника с проверкой плоскостей *1* и *2* проверочным угольником с углом 90°. Затем в такой же последовательности выполняют доводку наружных граней *3* и *4*. Доводку чередуют с проверкой прямолинейности граней: лекальной линейкой, проверочным угольником – расположения граней *3* и *4* и параллельность граней *1* и *3*, *2* и *4* микрометром или индикатором.

Для достижения параллельности и внешнего угла 90° при доводке наибольший нажим делают на завышенную часть поверхности грани. Перед проверкой все поверхности протирают тряпкой начисто.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

3.10.4 Контроль качества шабрения, притирки и доводки

Поверхность, обработанная шабером, должна иметь мелкий и равномерный штрих, на ней не должно быть царапин и глубоких следов шабера. Качество шабрения, как уже указывалось, проверяется подсчетом количества пятен на площади 25х25 мм путем наложения на проверяемую поверхность квадратной проверочной рамки. Рамку можно сделать из тонкого листового металла или тонкого картона. Количество пятен берут как среднее из нескольких проверок на различных участках шаброванной поверхности.

На шаброванных направляющих поверхностях станин, кареток, столов должно быть при проверке на краску в среднем не менее 10, а для прецизионных (точных) станков не менее 16 пятен (исключение составляют крупные станины, для которых допускается менее 8 пятен), все остальные шаброванные направляющие должны иметь в среднем не менее 8 пятен на участке площадью 25х25 мм.

Шабрение трущихся поверхностей вкладышей и втулок подшипников для валов диаметром до 120 мм должно давать при проверке на краску не менее 12 пятен (у вкладышей и втулок особо-точных станков – не менее 16 пятен), а для валов диаметром свыше 120 мм – не менее 10 пятен на участке площадью 25х25 мм.

Клинья и планки салазок, суппортов, столов, кареток, бабок и других передвигающихся частей станков должны пригоняться плотно и проверка их плоскостей на краску должна дать 8-10 пятен на участке площади 25х25 мм; для проверочных плит установлено от 12 до 15 пятен, а для проверочных линеек – 25-30 пятен на участке площадью 25х25 мм.

Качество притираемых поверхностей проверяют на. краску. На хорошо притертых поверхностях краска равномерно ложится по всей поверхности, Плоскостность при притирке проверяют лекальной линейкой с точностью 0,001 мм.

Параллельность плоскостей проверяют микрометром, индикатором или другим рычажно-механическим прибором.

Заданный профиль поверхности проверяют шаблонами, лекалами по методу световой щели.

Углы проверяют угольниками, угломерами, угловыми плитками шаблонами.

При измерении следует иметь в виду, что во избежание ошибок при контроле все измерения надо проводить при температуре 20° С.

Наиболее частыми видами брака при шабрении, притирке и доводке его причины и меры предупреждения приведены в табл. 3.78.

Таблица 3.78 **Виды, причины и меры предупреждения брака при шабрении, притирке и доводке**

Вид брака	Причины брака	Способы предотвращения
Шабрение		
Глубокие царапины	Сильный нажим на шабер	Подготавливать изделие к шабрению предварительным опиливанием по краске и черновым шабрением с малыми просветами; снимать стружку шабером небольшой толщины
Заусенцы, шероховатость	Неправильная заточка и заправка шабера; неправильное движение шабером при работе	Правильно затачивать и заправлять шабер, не работать тупым шабером
Неточность шабруемой поверхности	Применение неправильного и неточного проверочного инструмента; неправильное пользование инструментом	Своевременно проверять точность проверочного инструмента; содержать в чистоте рабочие поверхности проверочного инструмента и поверхности обрабатываемого изделия

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Продолжение таблицы 3.78

Вид брака	Причины брака	Способы предотвращения
Неточность шабруемой поверхности	Неправильное перемещение шабруемого изделия по проверочному инструменту или неправильное перемещение инструмента по обрабатываемому предмету при проверке на краску	Правильно пользоваться инструментом при работе, не нажимать сильно на инструмент при проверке на краску
Притирка – доводка		
Негладкая и нечистая поверхность	Применение крупнозернистых абразивных порошков, неправильный подбор смазки	Применять соответствующие абразивные порошки и смазки
Неточность размеров, искажение геометрической формы	Применение неточных по размерам и форме притиров	Изготовлять притиры точно по размерам и форме
	Неправильная установка притира или детали	Внимательно устанавливать деталь на притир или притир на деталь
	Большие припуски на притирку	Предварительной обработкой обеспечить необходимые припуски на притирку
Коробление тонких деталей	Нагрев детали	Не допускать нагрева детали свыше 50° С

Контрольные вопросы

1. Что называется шабрением и где эта операция применяется?
2. Как подготавливают поверхности под шабрение?
3. Какие шаберы применяют для грубого и чистового шабрения плоских поверхностей?
4. . Какие шаберы применяют для шабрения криволинейных поверхностей?
5. Как затачивают и заправляют шаберы?
6. Каким способом определяют качество шабрения?
7. В чем заключается метод шабрения «на себя»? Где применяется этот метод?
8. Какие требования безопасной работы нужно соблюдать при шабрении, заточке и заправке шаберов?
9. В чем отличие операций притирки и доводки?
10. Как подготовить притирочную плиту и деталь к притирке?
11. Какие притирочные и смазочные материалы применяются при притирке?
12. Что называют шаржированием притира и как его выполняют?
13. Что происходит в процессе притирки?
14. В какой последовательности выполняют притирку узких поверхностей угольника?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

4 Кузнечные работы

4.1. Безопасность при выполнении кузнечных работ

Работы с раскаленным металлом относятся к разряду работ повышенной опасности. Особое внимание при этом должно быть уделено качеству ручного и съемного инструмента, одежде и средствам защиты.

Одежда кузнеца – куртка из плотной хлопчатобумажной ткани с длинными рукавами, застегивающимися манжетами. Нижняя часть куртки должна перекрывать верхнюю часть брюк, которые также должны быть сшиты из прочной ткани; брюки в свою очередь должны быть такой длины, чтобы закрывать верх ботинок; ботинки лучше иметь на толстой кожаной подошве. Рукавицы рекомендуется иметь из брезента, а некоторые из них должны иметь асбестовые накладки. Фартук – также из толстого брезента, асбестовой ткани или кожи должен прикрывать грудь и по длине быть ниже колен. На фартуке может быть сделан один карман на груди или справа у пояса.

Кузнец должен иметь головной убор из фетра, ткани или налобную повязку. Головной убор предохраняет волосы от загрязнения, а голову от перегрева.

Перед началом работы в кузнице необходимо убедиться в исправности молота, ручника, установки наковальни, горна и воздуховодов. При нормальной установке наковальни ее рабочая поверхность должна находиться над уровнем пола на высоте 650-800 мм. Т.е. так, чтобы кузнец, стоя на полу, мог касаться сжатым в кулак пальцами поверхности наковальни. Между наковальней и горном должно быть расстояние не менее 1,5 м. При проверке наковальни «на удар» звук должен быть чистым, звонким, без дребезжания. Это свидетельствует об отсутствии трещин. До начала работы на наковальне необходимо установить защитные экраны: для предохранения окружающих от поражения отлетающей окалиной или частицами металла, а также от вредного теплового воздействия.

Разрешается работать только проверенным, исправным инструментом, расположенным на рабочем месте с максимальным удобством, не допуская ничего лишнего.

Пол в кузнице должен быть ровным и сухим. Обязательно должна быть емкость с песком для засыпки скользких мест.

В бачке для охлаждения металла должна быть чистая вода и емкость с машинным маслом.

Во время работы следует пользоваться защитной маской или очками с небьющимся стеклом, а при работе с нагретыми до белого каления поковками – очками со светофильтрами.

Нельзя смотреть не защищенными глазами на яркий свет (пламя). Это может привести к ослаблению или потере зрения.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Разжигая горн, надо подавать воздух постепенно и беречь лицо от пламени.

Во избежание угара не следует при разогревании горна употреблять сильно сернистый уголь.

При работе нельзя отвлекаться и разговаривать.

При ковке заготовки необходимо следить за температурным режимом.

Ковка перегретого или охлажденного ниже нормы металла запрещается, так как это может быть причиной несчастного случая.

Поковку надо брать клещами, губки должны плотно обхватывать поковку, а рукоятки должны не смыкаться, а пружинить.

Употреблять клещи, губки которых соответствуют форме поковки.

В процессе ковки надо держать поковку горизонтально. Поковка должна охватываться клещами надежно и при большой ее массе – возможно ближе к центру тяжести поковки.

Во избежание ожога рук нельзя счищать с наковальни или нижнего бойка окалину руками или рукавицами. Окалина должна удаляться метлой или щеткой с длинной ручкой.

Кузнечные и слесарные ударные инструменты (молотки, кувалды и т.п.) должны иметь слегка выпуклую рабочую поверхность, но не косую и не обитую. Деревянные ручки инструментов должны быть прочными и гладкими, а концы их – обязательно расклинены, чтобы инструмент не мог соскочить с ручки во время работы. Инструменты с разбитыми бойками и нерасклиненными ручками опасны для работы и могут вызвать несчастный случай.

Обжимки, натяжки, зубила и крейцмейсели должны иметь хорошо заправленные затылки. Инструменты с разбитыми затылками, имеющими заусенцы, опасны в работе, так как при ударе молотком возможно ранение заусенцами.

В процессе ковки рукоятки ручного инструмента (клещи, молотки, зубило) должны находиться сбоку туловища кузнеца. Нарушение этого правила может привести к тяжелой травме.

Молотобоец должен стоять вполоборота к кузнецу, а не напротив. Команды для молотобойца следует подавать четко и громко: «наложи», «бей сильно», «бей раз», «бей до команды», «стой» и показывать молотком место удара. Наносить удары можно только по листу ковки.

Исключаются холостые удары по наковальне.

Окончание ковки производят по команде «стой», а не снятием поковки с наковальни.

При рубке металла зубило ставить строго вертикально. Рубку производят только по краю наковальни, делая первый и последний удары слабыми. Отрубленный конец поковки следует направлять от себя и в безопасную сторону.

Удары кувалдой наносить прямо, всем бойком.

Периодически, по мере накопления окалины, очищать от нее наковальню

При машинной ковке, кроме перечисленных правил, кузнец должен выполнять ряд дополнительных правил по технике безопасности, связанных с особенностями машинной ковки.

Проверить правильность установки бойков и прочность их крепления; клинья не должны выступать наружу более чем на 25-30 мм.

При работе на пневматическом молоте проверить действие пускового устройства электродвигателя и педали управления (или рычага).

Не допускать скопления окалины на бойках своевременно удалять ее металлическими щетками.

Не разбрасывать горячих поковок и отходов около молота, а складывать их в определенном месте и в порядке.

Следить за тем, чтобы при рубке горячего металла никто не находился в направлении возможного отбрасывания отрубленных кусков.

Не допускать на молоте рубки металла в холодном состоянии.

При выполнении кузнечных работ возможно возникновение пожара из-за воспламенения тряпок, ветоши и бумаги при неосторожном обращении с ними. Поэтому после окончания работы тряпки, концы, куски ветоши и бумаги должны быть собраны и уложены в металлические ящики.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для предупреждения пожаров в кузнице необходимо постоянно содержать в чистоте и порядке рабочее место и осторожно обращаться с огнем.

Для тушения пожара в кузнице должны находиться огнетушители, ящики с песком и лопаты.

4.2 Организация ремонтно-кузнечных работ

Ковкой называется горячая обработка металлов давлением, которая производится с помощью кузнечного оборудования и инструментов. Ковкой изготовляют различные по форме и размерам поковки. Кроме выполнения основной задачи – изготовления поковок, заданной формы и размеров – ковкой изменяют структуру металла и улучшают его механические свойства.

Ковка бывает ручная и машинная (механическая). Ручная ковка выполняется на наковальне ручным кузнечным инструментом. Успешное выполнение ручной ковки зависит от правильности приемов ковки, а также от мастерства кузнеца и его производственных навыков. Машинная ковка производится на молотах и прессах.

В кузницах агропромышленного комплекса преимущественное развитие получила ручная ковка. В кузницах ремонтно-технических мастерских применяется ручная и машинная ковка. Машинная ковка значительно облегчает труд кузнецов и повышает его производительность.

На рабочем месте кузнеца должно быть расположено необходимое оборудование, инструмент и приспособления соответствующие характеру выполняемой работы.

При организации рабочего места кузнеца необходимо учитывать разнохарактерность выполняемых им операций и необходимую для этого площадь, так как кузнецу часто приходится изготовлять и ремонтировать изделия больших размеров, требующие много места.

На рис. 4.1 показано рабочее место кузнеца с горном на два огня. Кузнечные инструменты, необходимые для работы, размещают на стойках (рис. 4.2, *а*) и на этажерке (рис. 4.2, *б*). Чертежи и другую документацию укрепляют на доске этажерки. Кроме того, на доске этажерки сбоку на крючках подвешивают измерительный инструмент.

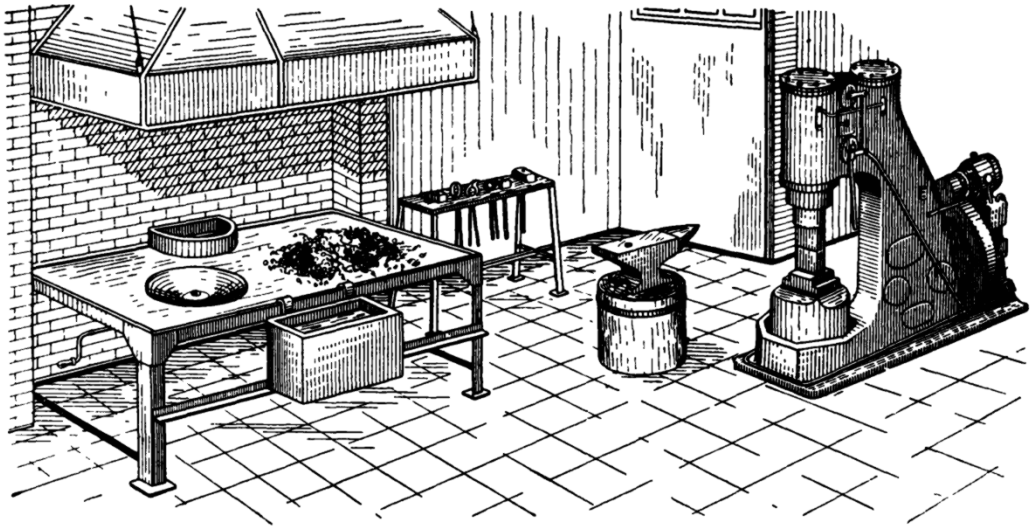


Рис. 4.1. Рабочее место кузнеца

Для повышения производительности труда и улучшения качества поковок необходимо соблюдать правила ухода за рабочим местом.

Перед началом ковки необходимо: ознакомиться с предстоящей работой; проверить исправность оборудования, инструмента и приспособлений; удалить с рабочего места все, что мешает работе; все, что берется чаще, положить ближе, а что берется реже – дальше; все, что берется правой рукой, положить справа, а левой – слева.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

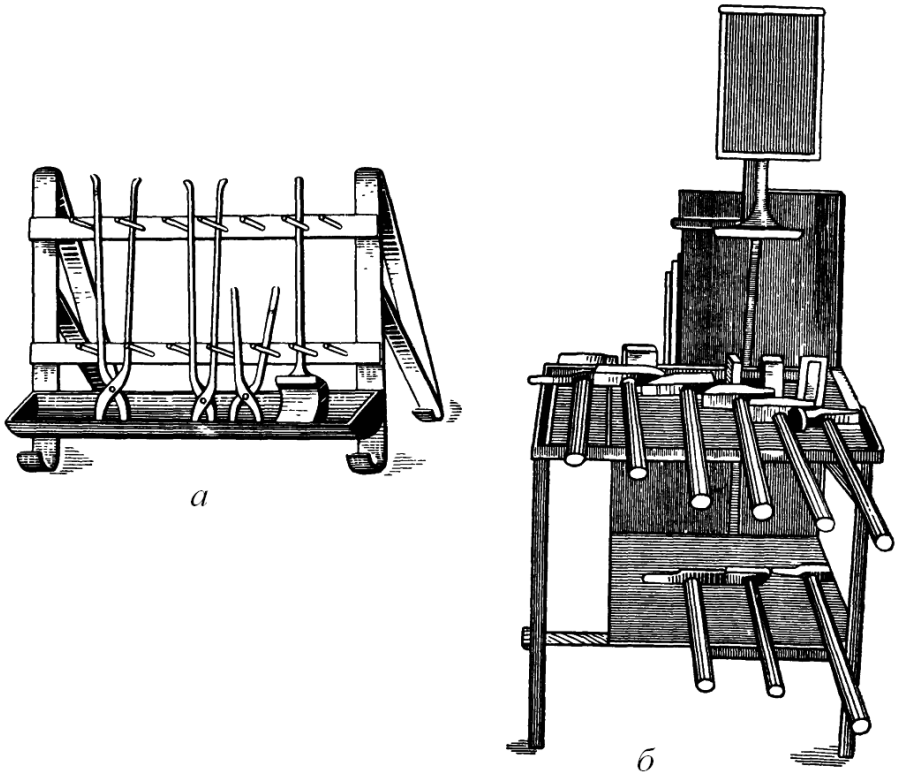


Рис. 4.2. Хранение кузнечного инструмента: *а* – на стойках, *б* – на этажерке

Во время ковки необходимо: класть каждую вещь только на свое место; применять инструменты и приспособления по их прямому назначению; проверять качество изготовления каждой поковки; не брать измерительный инструмент мокрыми руками, так как от этого он ржавеет и портится; содержать в порядке рабочую одежду (тесемки одежды должны быть завязаны, пуговицы – застегнуты).

По окончании ковки необходимо: разложить инструменты, приспособления и остатки материалов по своим местам; привести рабочее место в порядок.

4.3 Инструмент и оборудование применяемое при ковке металла

Для выполнения кузнечных работ способом ручной ковки в кузнице в качестве основного оборудования применяются кузнечная наковальня, кузнечный горн, бак с водой.

Кузнечная наковальня. Она служит стальной опорой для заготовки, по которой наносятся удары кувалдой или кузнечным молотком (ручником). Масса наковальни принимается в пределах 50-300 кг. В кузнице для ремонта сельскохозяйственной техники чаще всего применяют наковальни массой 80-100 кг. Для удобства наковальня устанавливается на деревянный тяжелый стул (лучше всего дубовый) и крепится к нему хомутами или костылями, рис. 4.3.

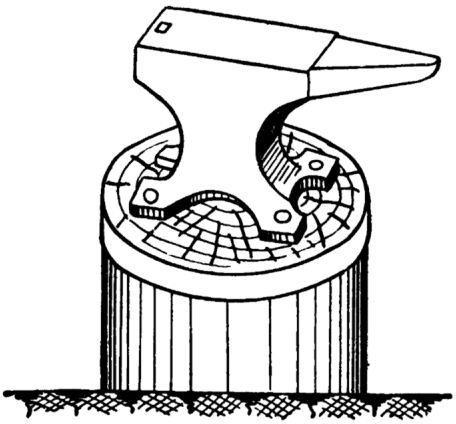


Рис. 4.3. Установка наковальни на дубовом стуле

Современные наковальни изготовляют из стали 45Л методом литья. Наиболее удобна и универсальна в работе двурогая наковальня, рис. 4.4, *б*. Верхняя горизонтальная плоскость *7* называется лицом, или наличником, на ней выполняются все ос-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

новные кузнечные работы. Поверхность лица подвергается термообработке до твердости 45-50 HRC и шлифуется. Боковые грани наковальни должны образовывать с лицевой поверхностью угол 90°, а ребро должно быть острым и не иметь сколов и заминов. На ребре проводят гибку изделий, раздачу материала, а также другие вспомогательные операции.

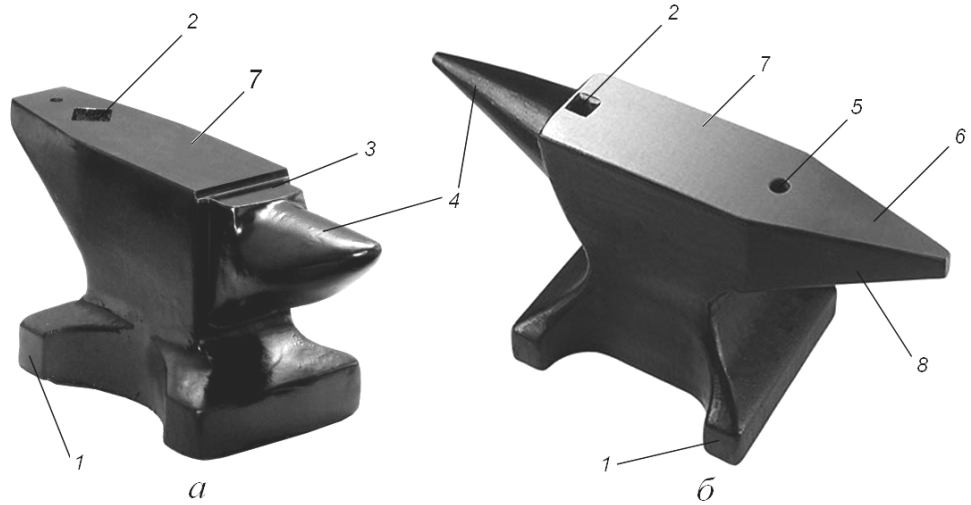


Рис. 4.4. Однорогая (*а*) и двурогая (*б*) наковальни: *1* – лапы; *2* – квадратное отверстие; *3* – незакаленная площадка для рубки; *4* – конический рог; *5* – круглое отверстие; *6* – незакаленная площадка; 7 – лицо; *8* – хвост

Конический рог *4* предназначен для гибки полос и прутков, а также раскатки и сварки кольцевых заготовок. В некоторых типах наковален имеется промежуточная прямоугольная площадка *3* между рогом и лицом, которая не закалена и предназначена для рубки на ней заготовок.

С противоположной стороны от рога расположен хвост *8*, представляющий собой консольную прямоугольную пирамиду, он предназначен для гибки и правки замкнутых прямоугольных заготовок. На лицевой поверхности наковальни имеется квадратное отверстие *2* размером 35х35 мм, которое используется для установки подкладного инструмента (нижников) и других приспособлений. Кроме квадратного отверстия наковальня имеет круглое отверстие *5* диаметром 15 мм. В некоторых типах наковален делаются два круглых отверстия разных диаметров. Снизу у наковальни имеются лапы *1*, за которые она крепится специальными скобами к опоре – стулу или металлический подставке. В качестве стула обычно используют массивный деревянный чурбан или пень от дуба, клена или березы диаметром 500-600 мм.

Большое внимание следует уделить установке стула, он должен стоять вертикально и не вибрировать во время работы. Стул закапывают на глубину не менее 0,5 м, а землю вокруг него хорошо утрамбовывают. Верхний торец стула можно закрыть кровельным железом, что предохранит его от обгорания при попадании окалины или горячих обрубков заготовки. Высота стула зависит от роста кузнеца и составляет 600-700 мм от уровня пола, а точнее – быть такой, чтобы стоящий кузнец кончиками слегка согнутых пальцев доставал его.

При легком ударе молотком по хорошей наковальне раздается высокий, чистый звук, а молоток при ударе отскакивает от нее со звоном. Удар молотка по наковальне, имеющей трещины, вызывает глухой дребезжащий звук.

Стул с наковальней устанавливается обычно на расстоянии 1200-1500 мм от горна и так, чтобы рог наковальни был направлен влево от кузнеца.

Для мелких работ кузнецы применяют наковальни небольших размеров и массы или специальные наковальни-шпераки (рис. 4.5), которые устанавливают четырехгранным хвостовиком в квадратное отверстие основной наковальни. Некоторые шпераки имеют удлиненную вертикальную стойку и вбиваются заостренным концом в деревянный чурбан или землю. Изготовляют шпераки методом ковки из углеродистой стали 45-50 с последующей закалкой рабочей поверхности до твердости 40-47 HRC.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Бак для воды. Для закалки и охлаждения инструмента, а также для замочки изготовленных поковок кузнецу часто бывает необходима вода; Поэтому в кузнице в непосредственной близости к наковальне ставят бак с водой емкостью 30-40 л. Бак имеет форму открытого сверху цилиндра диаметром 500-600 мм и высотой 600-700 мм, изготовленного из листовой стали.

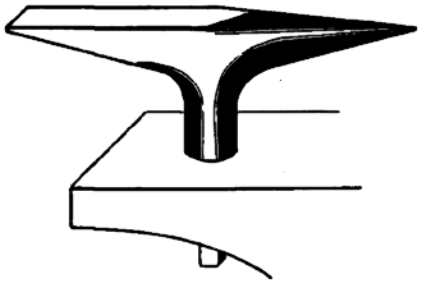


Рис. 4.5. Наковальня-шперак

Кузнечный горн. Для нагрева металла применяют кузнечные горны и печи. Кузнечные горны отличаются простотой устройства и поэтому имеют наибольшее распространение в кузницах хозяйств АПК. Кузнечные печи более совершенны и экономичны, но они применяются сравнительно редко ввиду сложности их устройства.

В кузницах применяется несколько видов кузнечных горнов: кирпичный и металлический сварной. Все они работают на твердом топливе (древесном или каменном угле) с избыточным количеством воздуха. Кирпичный и сварной горны – стационарные и получают воздух в горновое гнездо методом вдувания от центробежного вентилятора.

Для сбора и отвода дыма и газов над горном устанавливают зонт из листовой стали толщиной 1-1,5 мм. Обычно размеры улавливающей части зонта соответствуют размерам стола. Зонт не рекомендуется поднимать выше 80 см над уровнем стола. Сечение дымового канала должно быть не менее 20х20 см. Высота расположения зонта зависит от объема сжигаемого топлива, силы поддува и высоты вытяжной трубы. Подбирают ее опытным путем.

Кирпичный горн на один огонь с подачей воздуха (дутья) от вентилятора (рис. 4.6, *а*) состоит из кладки, вытяжной трубы *1* с зонтом *2* Высота кирпичной кладки 700-800 мм, ширина 1000-1100 мм и глубина 1000-1100 мм. Для прочности горн связывается каркасом из уголковой или листовой стали. На поверхности кладки сделаны два углубления: для горнового гнезда *5* и для бака с водой *3*. Внизу горна имеется ниша *4* для хранения угля. Горновое гнездо выкладывается из шамотного кирпича и с задней стороны имеет отверстие в которое вставлено чугунное сопло *6*, диаметром 20-90 мм, длиной 200-250 мм. Размеры горнового гнезда принимаются в следующих пределах: глубина 150-200 мм, ширина 200-400 мм, длина 200-400 мм.

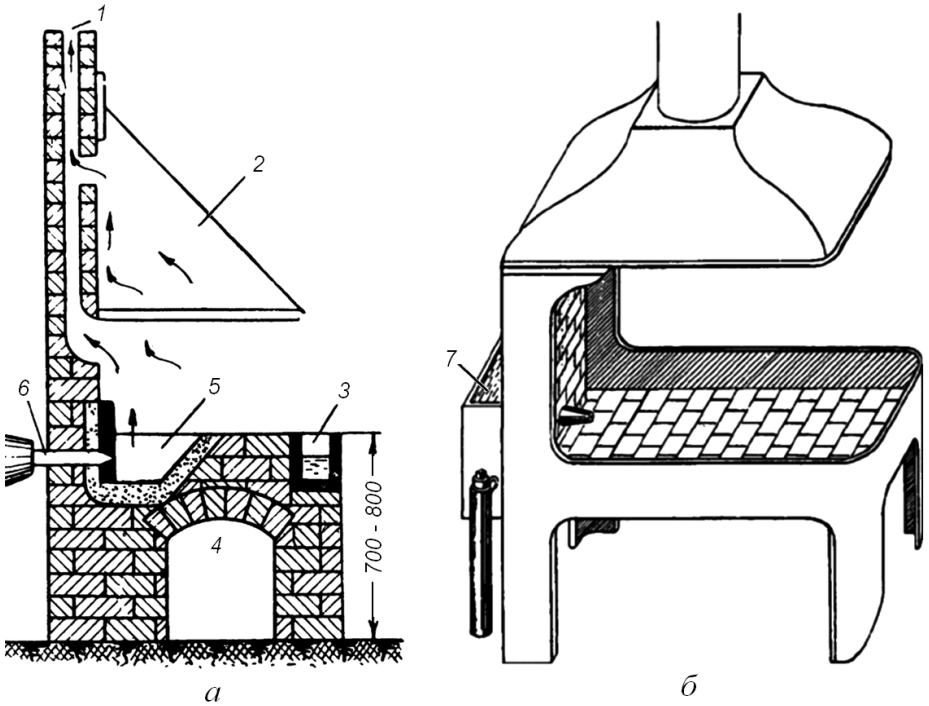


Рис. 4.6. Кирпичный (*а*) и металлический сварной кузнечный горн с боковым дутьем (*б*): *1* – вытяжная труба; *2* – зонт; *3* – бак с водой; *4* – ниша для хранения угля; *5* – горновое гнездо; *6* – сопло; *7* – бак с водой для охлаждения сопла

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Над стационарным горном для сбора и отвода из кузницы дыма и газов устанавливается зонт, который может иметь различное конструктивное исполнение. Размеры нижнего входного отверстия зонта обычно равны размерам стола горна. В качестве задней стенки зонта используется стена здания.

Для лучшего улавливания дыма и газов зонты устанавливают над горном на высоте 400-800 мм, а точная высота определяется на месте в зависимости от индивидуальных особенностей горна, силы дутья, высоты и размеров вытяжной трубы и других параметров. Недостаток металлических зонтов в том, что они довольно быстро прогорают, а их ремонт сложен и трудоемок.

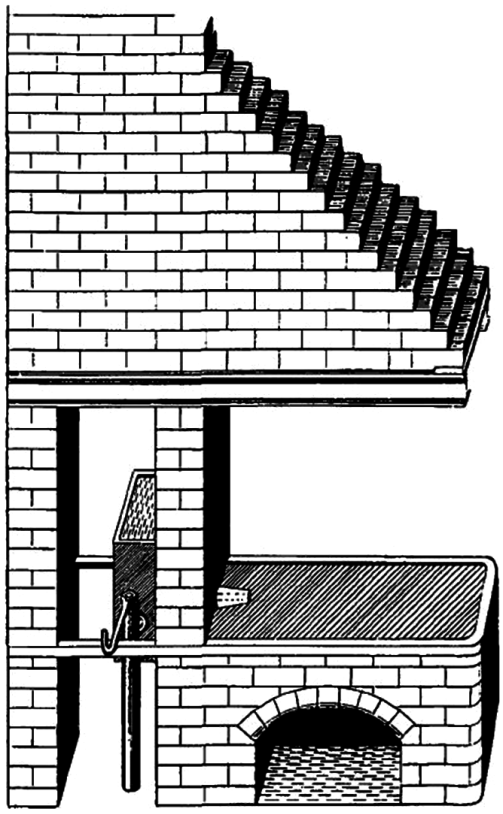


Рис. 4.7. Горн с зонтом из кирпича

Более надежны и долговечны зонты, сложенные из огнеупорного кирпича, рис. 4.7. Однако кирпичные зонты значительно тяжелее металлических и для их поддержки необходима жесткозаделанная металлическая рама из уголков или швеллеров, а иногда и дополнительные подпорки по углам.

Конструкция современного стационарного горна с нижним дутьем приведена на рис. 4.8. На сварной металлической конструкции укреплена литая чугунная плита (стол) *2* с отверстием в центре, в которое вставляется съемное чугунное горновое гнездо *1*, имеющее фланцевое соединение *8* для подсоединения воздуховода, донную крышку для удаления золы из зольника *6* и место для установки сменных колосниковых решеток. Воздуховод оборудован заслонкой *5* для регулировки подачи воздуха. В зависимости от необходимости получения пламени определенной конфигурации используют колосники с отверстиями различной формы. Колосники с равномерно расположенными отверстиями дают широкое факельное пламя, равномерно прогревающее заготовку. Для местного нагрева применяют колосники со щелевидными отверстиями.

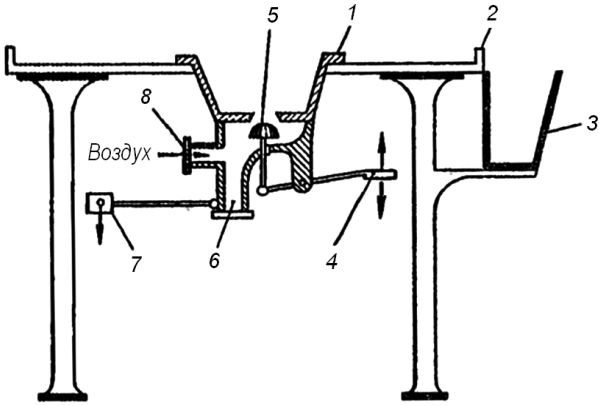


Рис. 4.8. Конструкция стационарного горна с нижним дутьем: *1* – горновое гнездо; *2* – литой чугунный стол; *3* – ящик для воды; *4* – рычаг управления заслонкой; *5* – заслонка; *6* – зольная камера; *7* – груз; *8* – фланец

Однако следует отметить, что в горнах традиционной конструкции наличие задней стенки не дает возможности нагревать длинномерные заготовки, а в современных стационарных горнах размеры горнового гнезда не всегда позволяют нагреть заготовку сложной формы.

Данных недостатков лишен горн, показанный на рис. 4.9. Достоинство его конструкции – отсутствие литых заводских чугунных деталей и простота изготовления. Несущий каркас сваривают из стального уголка, стол выполняют из листовой стали толщиной 3-5 мм. В центре стола вырезают отверстие размером 30х30 см, в которое вваривают зольник в форме усеченного конуса с донной крышкой и фланцем для подсоединения воздуховода. Стол футеруют огнеупорным кирпичом, на зольник укладывают подовую доску (колосники). Поступающий воздух охлаждает доску, что защищает ее от прогара.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

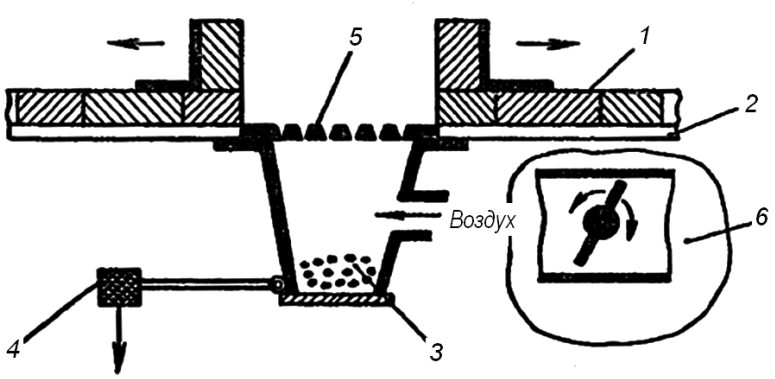


Рис. 4.9. Усовершенствованный горн с подовой доской: *1* – кирпичи; *2* – стол (стальной лист); *3* – зольная камера; *4* – груз с крышкой зольной камеры; *5* – подовая доска (колосники); *6* – регулятор подачи воздуха

Топливо в таком горне расположено в одной плоскости. Поэтому размеры рабочей зоны (площадь горения) можно регулировать в широких пределах. С боков зону ограничивают огнеупорным кирпичом, который фиксируют чугунной или стальной рамой. В связи с тем, что в данной конструкции горна отсутствует горновое гнездо, между подом и заготовкой постоянно должно быть топливо. Если поступающий кислород в воздухе не успевает перегореть в слое угля, это приводит к образованию большого количества окалины, выгоранию металла, ухудшению пластических и физических его свойств.

Несмотря на широкое применение открытых горнов при кузнечных работах их коэффициент полезного действия (отношение количества теплоты, требуемой для нагрева заготовки, к общему количеству теплоты, получаемой в результате сгорания топлива) очень низкий и составляет 2-5%. Установлено, что для нагрева 1 кг металла до ковочной температуры требуется 1 кг каменного угля. Кроме того, в результате непосредственного соприкосновения металла с каменным углем происходит насыщение серой поверхности нагреваемого металла, что ухудшает механические свойства кованых изделий. Поэтому кузнецы начинают закладывать заготовки в горн, когда уголь хорошо разгорится и сера выгорит.

При горении каменного угля за счет процесса шлакообразования над очагом горения образуется слой спекшегося угля. Это свойство каменного угля используют кузнецы, устраивая над очагом куполообразную «шапку» из спекшегося угля, в которую и закладывают заготовки. В результате этого заготовки нагреваются быстрее и окисляются меньше.

Кроме «шапки» кузнецы обычно делают над очагом печурку из нескольких кирпичей, рис. 4.10. Печурка представляет собой ряд огнеупорных кирпичей, ограничивающих зону горения. Спереди и сзади оставляют окна для загрузки заготовок. Сверху их также перекрывают кирпичом, рис. 4.10, *б*. Если размеры печурки больше размеров кирпича, то в качестве перекрытия можно использовать металлический лист или чугунную плиту, рис. 3.10, *в*.

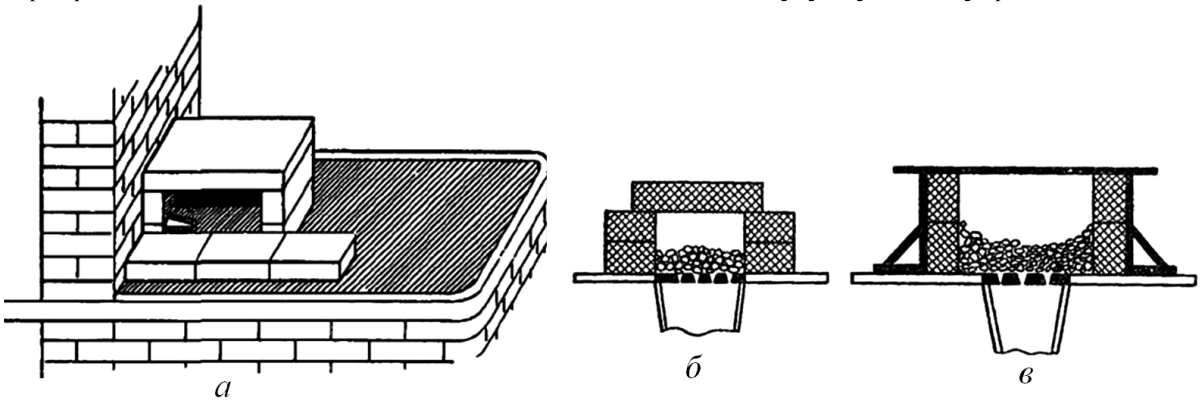


Рис. 4.10. Печурка из кирпича над горном с боковым дутьем (*а*) и с нижним дутьем перекрытая кирпичом (*б*) и чугунной плитой (*в*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Пневматические молоты. Ручная ковка – тяжелая, малопроизводительная работа. Она применяется для изготовления небольших поковок. В кузницах АПК целесообразно производить ковку на механическом оборудовании – пневматических молотах (рис.4.11). Выполнение различных кузнечных работ: протяжка, осадка, прошивка отверстий, горячая рубка металла методом свободной ковки на плоских и фасонных бойках на механическом оборудовании наряду с повышением производительности труда позволяет сократить количество рабочих в кузнице, так как при работе на молоте отпадает необходимость в молотобойце. Качество поковок и ремонтных работ также значительно повышается.

Пневматические молоты могут работать следующими циклами: холостой ход; держание бабы на весу; автоматические удары; одиночные удары; прижим бабы к нижнему бойку.

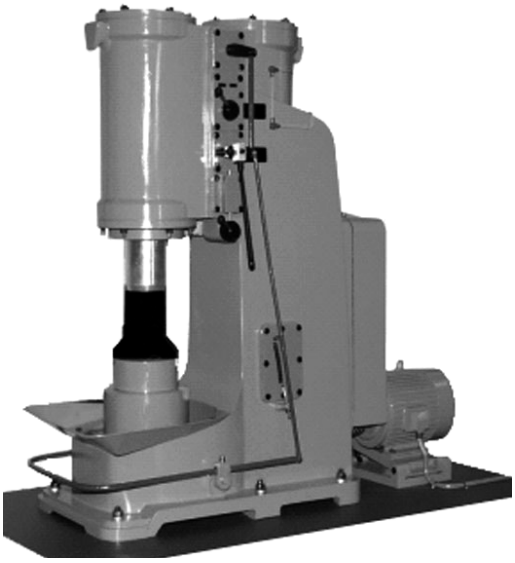


Рис. 4.11. Молот ковочный пневматический МА4129А

Пневматические молоты, выпускаемые отечественной промышленностью, предназначены для выполнения операций ковки на плоских или вырезных бойках. Некоторые иностранные фирмы освоили их выпуск для горячей штамповки.

Пневматические молоты быстроходны, позволяют регулировать эффективную энергию удара в процессе работы, обеспечивают сравнительно высокий КПД, просты по устройству и не требуют тщательного ухода. Их строят с массой падающих частей (МПЧ) 30-1000 кг. Скорость движения в момент удара должна достигать для малых молотов 5 м/с, а для крупных – 7,5 м/с. Это позволяет накапливать весьма значительную эффективную энергию удара – 800 Дж для молота с МПЧ 50 кг и 28 кДж для молота с МПЧ 1000 кг. При этом для малых молотов число ударов в минуту равно 230, а для крупных – 100. Наибольшее распространение получили пневматические молоты с МПЧ до 400 кг. Масса шабота у них равна 12-кратной МПЧ.

Основные узлы пневматического молота (рис. 3.12) следующие: станина *3*, отлитая заодно с рабочим *11* и компрессорным *2* цилиндрами; пустотелая баба *10*, которая одновременно служит поршнем и штоком рабочего цилиндра; шабот *9*; воздухораспределительные устройства *12* и привод. Последний состоит из электродвигателя *7*, ременной *6* и зубчатой *5* передач, кривошипного вала *8*, шатуна *4* и поршня *1* компрессорного цилиндра.

В пневматическом молоте падающие части движутся под действием сжатого воздуха, который, подобно упругому элементу, сжимается и расширяется в замкнутых объемах нижних и верхних полостей компрессорного и рабочего цилиндров. Таким образом, воздух является энергоносителем. Он обеспечивает гибкую связь между падающими частями молота и поршнем компрессорного цилиндра. В процессе работы соответствующие полости компрессорного и рабочего цилиндров с помощью распределительных устройств соединяются или разъединяются в зависимости от выполняемого молотом хода (цикла).

В исходном положении давление воздуха в верхних и нижних полостях компрессорного и рабочего цилиндров, которые соединены между собою и с атмосферой, равно 0,1 МПа (абсолютное давление); поршень компрессорного цилиндра находится в крайнем верхнем положении (КВП), а рабочего – в крайнем нижнем положении (КНП) (бойки сомкнуты, как показано на рис. 4.12); кривошип вала расположен в КВП.

Работой пневматических молотов отечественного производства управляют при помощи трех кранов: верхнего и нижнего, осуществляющих собственно управление и поворачивающихся от рукоятки или педали, и среднего, включающего и выключающего управление.

Работа на пневматическом молоте может производиться различными циклами, для чего кузнецу необходимо выполнить следующее:

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Чтобы поднять и держать поршень-бабу на весу, слегка колеблющейся в такт движения поршня компрессорного цилиндра, следует включить электродвигатель и слегка нажать на педаль, вследствие чего поршень-баба оторвется от нижнего бойка и поднимется вверх.

Для получения автоматических ударов следует сильно нажать ногой на педаль и держать в таком положении педаль до окончания ковки.

Для получения одиночных ударов следует также сильно нажать на педаль и отпустить ее в исходное положение, вследствие чего поршень-баба опустится и ударит верхним бойком по поковке.

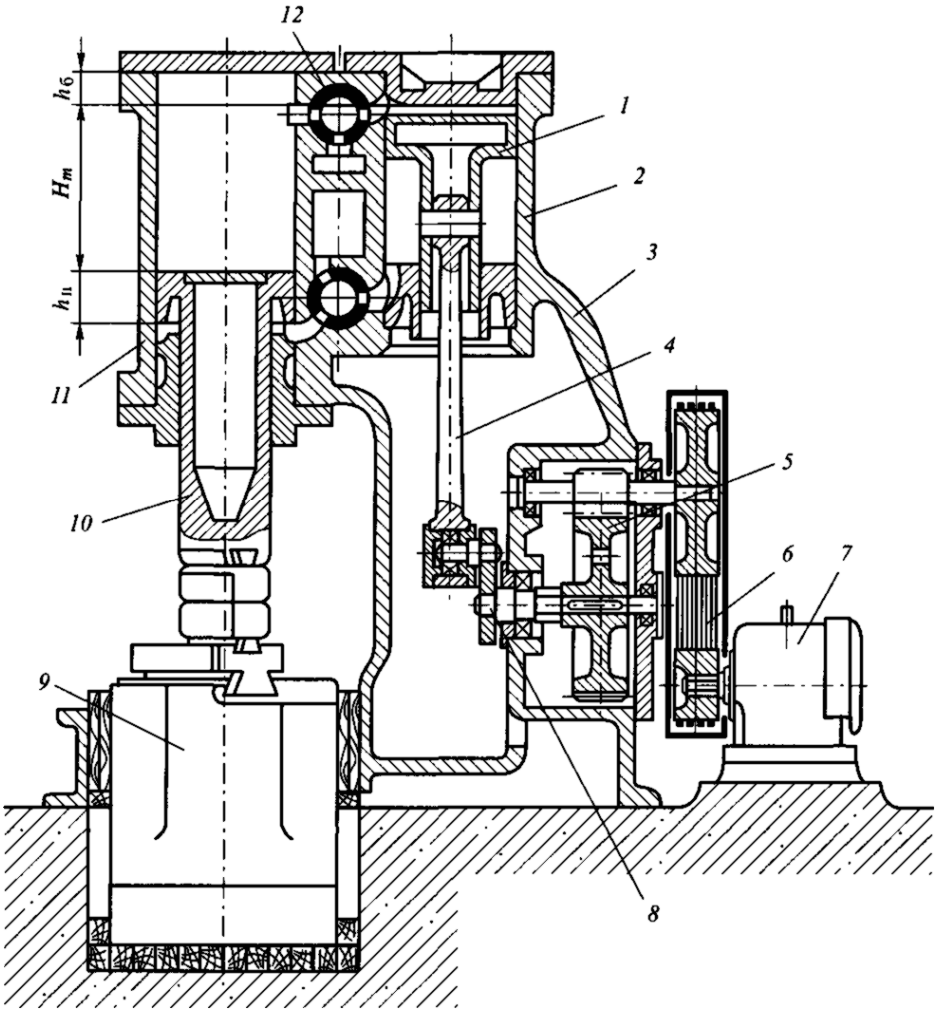


Рис. 4.12. Схема пневматического молота: *1* – поршень; *2* – компрессорный цилиндр; *3* – станина; *4* – шатун; *5* – шестерня; *6* – ремни; *7* – электродвигатель; *8* – кривошипный вал; *9* – шабот; *10* – баба; *11* – рабочий цилиндр

Основной инструмент, применяемый при ковке. Все инструменты, применяемые при ковке, можно разделить на три группы: основной инструмент, контрольно-измерительный и вспомогательный.

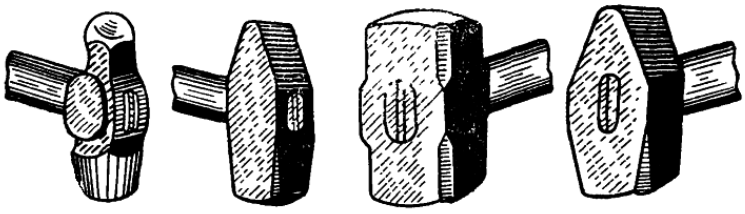
Основной кузнечный инструмент для ручной ковки – ручной молоток (ручник), кувалда, клещи – применяется при выполнении любой кузнечной операции.

Ручной кузнечный молоток (рис. 4.13, *а*) – основной инструмент кузнеца. Он служит для ковки мелких поковок и указания молотобойцу места для нанесения ударов кувалдой. Различают две формы ручных молотков:

- с квадратным бойком и пяткой, расположенной в поперечном направлении;
- с круглым бойком и с закругленной пяткой.

Масса ручного молотка колеблется от 0,5 кг – для мелких до 2 кг – для более крупных поковок.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU



а *б*

Рис. 4.13. Ручные молотки (*а*) и кувалды (*б*)

Рукоятка ручного молотка, изготовляется из вязкого и сухого дерева – березы, клена, яблони – и прочно закрепляется в молотке; один конец рукоятки расклинивается; длина рукоятки 300-350 мм, сечение овальной формы, увеличивающееся к другому концу.

Кувалда – инструмент молотобойца, предназначенный для нанесения сильных ударов по поковке. На рис. 4.13, *б* показаны кувалды двух видов. Наиболее часто применяется кувалда с выпуклым бойком и конусной пяткой, которая применяется для первоначальной грубой, но более быстрой ковки заготовки. Вес кувалды колеблется от 2 до 10 кг, длина ручки – от 600 до 800 мм. Ручка изготовляется из цельного дерева прочной и вязкой породы (дуба, ясеня, клена), плотно вставляется в кувалду и заклинивается в ней. Сечение ручки имеет овальную форму и увеличивается к концу.

Кузнечные клещи служат для удерживания заготовок или поковок в нужном положении и поворачивания их во время ковки. Они состоят из двух стержней, наложенных друг на друга и соединенных между собой заклепкой, рис. 4.14. В губках клещей зажимается и удерживается заготовка или поковка. Длина клещей обычно от 400 до 700 мм, а длина губок от 75 до 150 мм. В зависимости от конфигурации заготовки или поковки, а также от характера работы губки клещей выполняют различной формы.

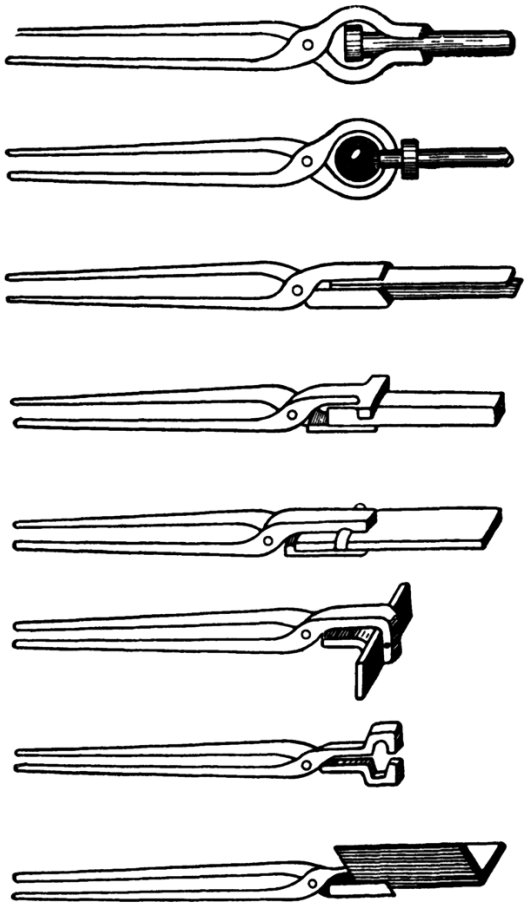


Рис. 4.14. Кузнечные клещи

При работе с тяжелой поковкой, когда кузнецу трудно удерживать ее в клещах, на рукоятки клещей надевается кольцо, что облегчает работу кузнеца. Клещи обычно изготовляют из полосовой стали с содержанием углерода 0,3-0,4%. Рекомендуется хранить клещи на специальной стойке.

Бойки. Молотовые бойки являются основным инструментом при машинной ковке. Они непосредственно наносят удары по поковке. Верхний боек крепится к бабе, а нижний – к шаботу. Крепление осуществляется посредством ласточкина хвоста, сухаря и клина. В зависимости от конфигурации поковки применяют различные по форме бойки – плоские, закругленные и вырезные, рис. 4.15.

Контрольно-измерительный инструмент. Поковки, изготовляемые в кузнице, должны иметь заданные по чертежу (или образцу) форму и размеры, которые проверяются с помощью контрольно-измерительных кузнечных инструментов.

Чаще всего кузнецу приходится пользоваться стальной линейкой и, кронциркулем. С помощью линейки кузнец выбирает длину заготовки, а с помощью кронциркуля и линейки –

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сечение заготовки, выполняя эти действия в следующей последовательности. Сечение прутка, от которого предполагается отрубить заготовку, измеряется кронциркулем (у полосы – ширина и толщина, у квадрата – сторона, у заготовки круглого сечения – диаметр). Полученные при измерении разъемы ножек кронциркуля не, имеют размеров в единицах измерения (мм, см), поэтому величину разъема переносят на линейку, устанавливая один конец ножки кронциркуля на нулевое деление линейки отсчитывают по линейке расстояние в миллиметрах до места (риски) установки другой ножки. Таким же образом пользуются и нутромером.

Для перенесения величины углов с одной поковки на другую одна (вращающаяся) ножка малки поднимается так, чтобы угол поковки плотно входил в разъем малки; затем вращающаяся ножка закрепляется винтом в этом положении и по установленному разъему ножек малки контролируют угол на другой поковке.

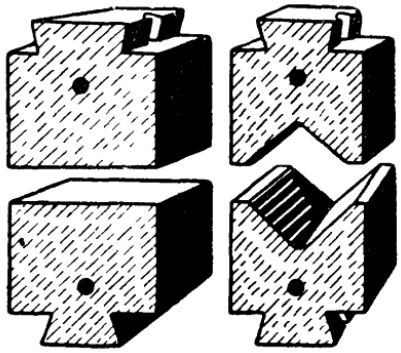


Рис. 4.15. Кузнечные бойки

Шаблоны употребляют при изготовлении поковок сложной конфигурации или большого количества поковок одной и той же, хотя и несложной конфигурации. При изготовлении поковки шаблон накладывается на ее поверхность и форма поковки выверяется и исправляется по шаблону. Шаблоны изготовляют из листовой стали по кузнечному чертежу поковки или по проверенной готовой поковке.

Вспомогательный инструмент. Кроме основных инструментов, для ускорения процесса вытяжки применяют вытяжные инструменты – раскатки, подбойки, гладилки, обжимки и пережимки, рис. 4.16.

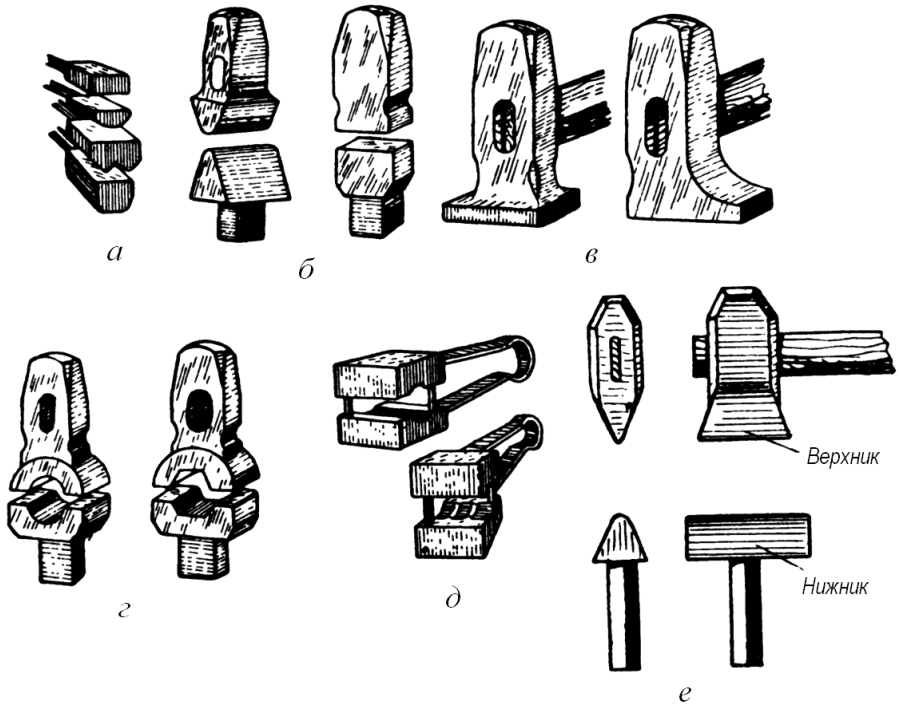


Рис. 4.16. Вытяжные инструменты: *а* – раскатки, *б* – подбойки, *в* – гладилки, *г* – обжимки, *д* – пружинные обжимки, *е* – пережимки

Раскатки изготовляют из инструментальной стали; они имеют разнообразную форму (рис. 4.16, *а*). При вытяжке с помощью раскатки удар кувалдой или бойком молота наносится не по заготовке, а по раскатке, наложенной на заготовку, что значительно ускоряет вытяжку.

Подбойки (рис. 4.16, *б*) применяют не только для вытяжки, но и для образования желобчатых углублений в поковке и вогнутых поверхностей. Подбойки закаливаются; рабочая часть их чисто обрабатывается.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Гладилки (рис. 4.16, *в*) применяют для приглаживания и выравнивания поверхности поковки после вытяжки заготовки раскатками или подбойками, так как после этих инструментов остаются неровности. Удары кувалдой или верхним бойком молота по гладилке должны быть не сильными, но достаточными для сглаживания неровностей.

Обжимки (рис. 4.16, *г*) применяют для вытяжки круглых изделий. Они состоят из двух половин: верхней, называемой верхником, и нижней, называемой нижником. Хвост нижника вставляют в квадратное отверстие наковальни, в желобок его укладывают круглую заготовку, накрывают верхником, по которому наносят удары кувалдой.

На рис. 4.16, *д* показаны пружинные обжимки; нижняя и верхняя части обжимок одинаковы и соединены пружинящей полосой. Две шпильки, закрепленные в верхней половине, служат для обеспечения симметричной обжимки.

Пережимки (рис. 4.16, *е*) применяют для того, чтобы наметить место перехода (уступа) на заготовке от одного сечения к другому. Пережимка также состоит из двух частей: верхника и нижника. Нижник вставляют хвостом в отверстие наковальни, затем на его конусную часть укладывают заготовку, на нее в месте пережима устанавливают верхник, по которому наносят удары кувалдой или бойком молота.

Для выполнения операций прошивки и пробивки применяется пробойники, бородки, прошивки, надставки, кузнечные формы, оправки.

Пробойники и бородки (рис. 4.17, *а*, *б*) применяются при ручной ковке: пробойники – для прошивки, а бородки – для пробивки отверстий. Рабочая часть этих инструментов может иметь различное сечение, но чаще всего применяется круглое или квадратное. Как видно из рисунка, пробойник и бородки очень сходны по конструкции, разница между ними заключается в том, что рабочая часть бородка имеет уклон до 1:20, а пробойника – до 1:10. Пробойники и бородки изготовляют из стали марки У7, рабочая часть их закаливается до твердости *HRC* = 40-50.

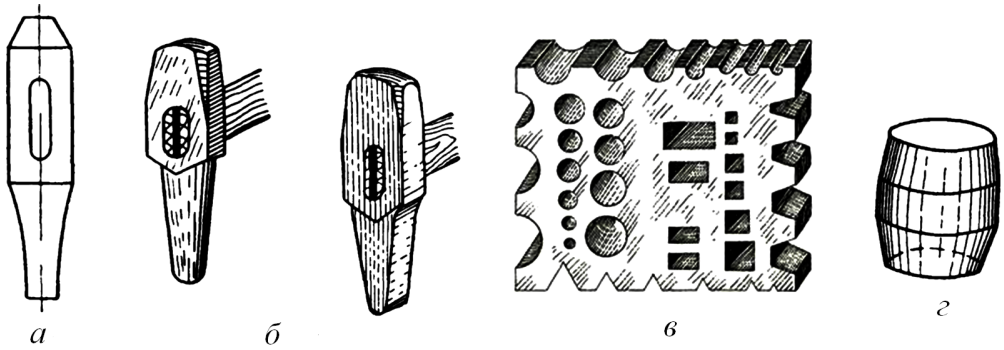


Рис. 4.17. Инструменты, применяемые при прошивке и пробивке: *а* – пробойник, *б* – бородки, *в* – кузнечная форма, *г* – оправка

Кузнечная форма (рис. 4.17, *в*) представляет собой стальную или чугунную плиту размерами примерно 250х250х70 мм с отверстиями различной формы и размеров. Ребра формы имеют вырезы различной конфигурации. Кузнечная форма применяется в качестве подкладки при изготовлении отверстий, а также для ковки фигурных поковок. При ковке кузнечную форму устанавливают на наковальне, но удобнее работать, если она установлена в специальной подставке, рис. 4.18.

Оправка (рис. 4.17, *г*) применяется для выглаживания и калибровки стенок прошитого или пробитого отверстия. Форма оправок бочкообразная, размеры – в зависимости от диаметра отверстия.

Для выполнения рубки применяют подсечки и кузнечные зубила, рис. 4.19.

Подсечки изготовляют из инструментальной стали; рабочая часть подсечки закаливается с последующим отпуском.

Кузнечные зубила изготовляют из стали марки У7, рабочая часть их подвергается термообработке до твердости *HRC* = 45-50. Заточку кузнечных зубил для холодной рубки выполняют в пределах 40-45°, а для горячей – в пределах 80-85°. Обрубка закругленных частей поковки производится полукруглым зубилом.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Для удобства в работе зубило насаживается на деревянную рукоятку длиной 300-400 мм. Бывает, что среднюю часть зубила обматывают отожженной проволокой, концы которой скручивают и образуют ручку, с помощью которой зубило удерживают в нужном положении.

При рубке металла в горячем состоянии зубило нагревается и теряет свою твердость. Чтобы избежать этого, зубило при рубке следует охлаждать в холодной воде. При рубке металла в холодном состоянии режущую часть зубила нужно смазывать машинным маслом, чтобы уменьшить трение и увеличить стойкость зубила.

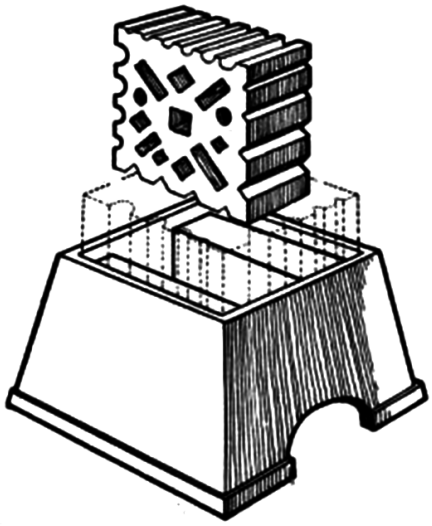


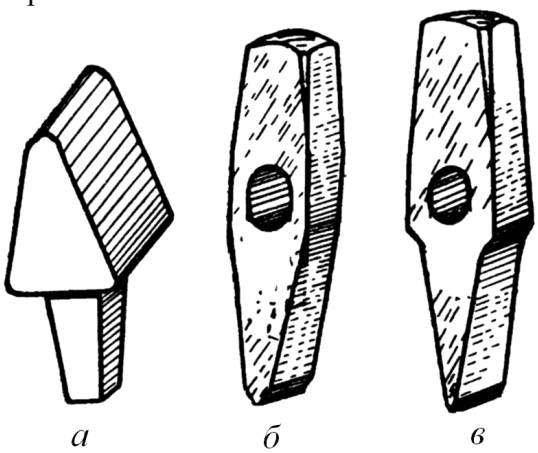
Рис. 4.18. Подставка для кузнечной формы

Вспомогательный инструмент, применяемый при машинной ковке. При машинной ковке применяют такие же клещи, как и при ручной ковке и такие же вспомогательные инструменты (гладилки, раскатки, пережимки и пр.), но размеры их несколько увеличены, так как машинной ковкой обычно изготовляют более крупные поковки.

Кроме того, при машинной ковке применяют и специальные инструменты.

Топоры. Рубка металла при ковке на молотах производится кузнечными топорами различной формы – односторонними (со скосом в одну сторону), двусторонними (со скосом в обе стороны), трапецеидальными (для рубки в вырезных бойках), полукруглыми (для рубки и вырубки закругленных концов). Топоры чаще всего изготовляют из стали марки 50, рабочая часть топоров подвергается термообработке до твердости *HRC* = 40-45. Ручки топоров нередко изготовляют за одно целое с топором; можно их также приклепывать.

Прошивни (сплошные и пустотелые) применяют для прошивки больших по диаметру и глубоких отверстий. Прошивни изготовляют из углеродистой инструментальной стали марки У7.



а *б* *в*

Рис. 4.19. Инструмент, применяемый для рубки металла: *а* – подсечка; *б* – зубило для холодной рубки; *в* – зубило для горячей рубки

Квадраты представляют собой отрезки стали квадратного сечения длиной 150 мм с ручками из прутков диаметром 12-15 мм. Квадраты применяют для рубки надрубленного топором конца металла, а также в качестве надставок на топор, если высота топора недостаточна для рубки заданной поковки.

Раскатки. Для ускорения вытяжных работ применяют раскатки различных профилей, из которых самой употребительной является раскатка овальная.

Засечки. С помощью засечек на заготовках делают прожимы, желобки, необходимые для перехода от одного сечения к другому.

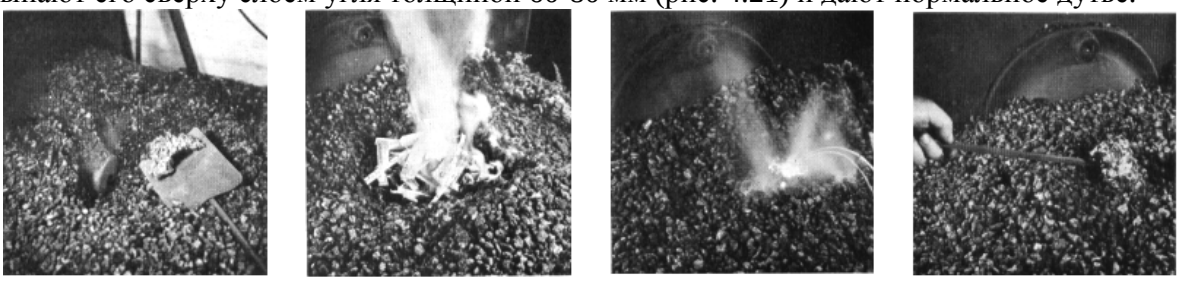
Клиновые накладки применяют для отделочных операций при ковке конусных изделий. Одну накладку помещают и удерживают на нижнем бойке молота, а другую – сверху поковки, которая таким образом оказывается зажатой между двумя клиновыми накладками. В этом положении наносится удар бойком по верхней накладке, вследствие чего все неровности на поковке сглаживаются.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4.4 Ковка металла

4.4.1 Нагрев металла

До начала работы производят растопку горна, соблюдая следующую последовательность: в гнездо засыпают слой угля, укладывают на угли легковоспламеняющиеся материалы (паклю, масляные обтирочные концы, лучину) так, чтобы их можно было зажечь спичкой, зажигают материалы, насыпают на него сверху небольшой слой мелкого угля и дают слабое дутье (рис. 4.20). Когда уголь разгорится, добавляют еще топлива и плавно увеличивают подачу воздуха. Через некоторое время заложить нагреваемый металл в гнездо, засыпают его сверху слоем угля толщиной 60-80 мм (рис. 4.21) и дают нормальное дутье.



а *б* *в* *г*

Рис. 4.20. Подготовка гнезда (*а*); розжиг лучины (*б*); розжиг угля (*в*) и удаление шлака (*г*)

Во время работы необходимо следить за тем, чтобы дутье было равномерным, добавлять уголь взамен сгоревшего с таким расчетом, чтобы под нагреваемым металлом и над ним оставались слои угля толщиной не менее 60-80 мм.

Для того чтобы нагревание происходило быстрее, полезно верхний слой угля смачивать водой, тогда сверху, над металлом, образуется корка. Корка образует спекшийся свод, который должен всегда быть целым.

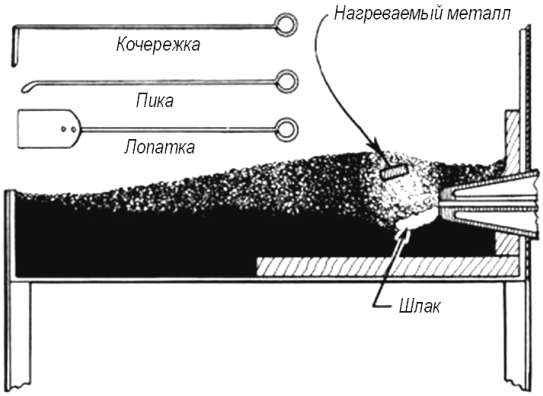


Рис. 4.21. Нагрев металла в горне и горновой инструмент

Корка в виде «шапки» способствует большему сосредоточению тепла в горновом гнезде. Необходимо следить также за тем, чтобы интенсивное горение угля происходило на небольшом участке вокруг металла. Для ограничения этого участка время от времени подгребают от краев очага к центру свежий уголь и слегка обрызгивают его водой и уплотняют лопаткой.

Если угли под коркой выгорели и образовалась большая полость, разрушают свод и подгребают свежий уголь; вскоре образуется новая корка. Заготовку периодически поворачивают для равномерного нагрева. Вынимать, из горна нагретый металл следует после прекращения дутья.

Не допускается располагать заготовку в зоне образования шлака. Расплавленный шлак прилипает к поверхности металла. При ковке из под молотка вырывается крупными брызгами, вызывая воспламенение одежды и серьезные ожоги.

По окончании работы пока еще горн не остыл, очищают гнездо горна и сопло от «слитков» – затвердевших кусков, образовавшихся из расплавленного металла, угля, воды, и продувают их воздухом.

Для ухода за горном применяют кочережки, пики, лопатки, брызгалки и метелки.

Наиболее подходящим видом топлива для кузниц используемых в сельском хозяйстве и ремонтном деле является твердое топливо – каменный уголь, антрацит, древесный уголь.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Эти виды топлива обеспечивают необходимую температуру нагрева металла, имеются в достаточном количестве и стоимость их невелика. Каменный уголь содержит небольшое количество серы и значительное количество золы, а древесный не обладает этим недостатком и поэтому является лучшим топливом для малых кузницы.

Из каменных углей лучшим сортом для кузницы является уголь под названием «орешек» в виде мелких кусков диаметром 15-25 мм черного цвета со смолистым блеском.

В процессе горения происходит быстрое соединение горючих элементов топлива – углерода, водорода и серы с кислородом воздуха. Если в горн подается достаточное количество воздуха, а, следовательно, и кислорода, то происходит полное сгорание основных горючих элементов – углерода и водорода и выделяется значительное количество тепла.

При подаче недостаточного количества воздуха сгорание горючих элементов будет неполным и тепла выделится меньше. Например, при неполном сгорании углерода тепла выделится в три с лишним раза меньше, чем при полном сгорании. Поэтому всегда нужно подавать в горн достаточное для полного сгорания топлива количество воздуха. Однако следует иметь в виду, что избыток подаваемого воздуха вредно влияет на качество нагреваемого металла.

О количестве воздуха, подаваемого в горн, можно судить по следующему внешнему признаку. При большом избытке воздуха из трубы выходит светлый, мало заметный для глаза дым, а пламя в горне – короткое, состоящее из небольших блестящих язычков. Такой избыток воздуха вызывает местные перегревы и пережоги металла, поэтому подача воздуха в этом случае должна быть уменьшена.

При недостаточной подаче воздуха, из трубы выходит густой черный дым, а пламя в горне – длинное красного цвета с черными прожилками. Такая подача воздуха замедляет нагрев металла, вызывает излишний расход топлива и поэтому должна быть увеличена.

Регулируют поддув так, чтобы пламя было нейтральным, невысоким, слегка коптящим.

Время, требующееся на нагрев заготовок в кузнечном горне, зависит от многих факторов (конструкции горна, дутья, вида топлива, количества и расположения заготовок и др.), влияние которых на продолжительность нагрева трудно поддается учету. Ориентировочная продолжительность нагрева заготовок до ковочной температуры в кирпичных горнах, работающих на древесном угле, закладываемых в горн по одной штуке приведена в табл.4.2.

Таблица 4.2 **Ориентировочная продолжительность нагрева заготовок в горне**

Нагреваемая заготовка		Время нагрева, мин
диаметр, мм	сторона квадрата, мм	
10-20		2,5-4
20-30		4-8
31-40		8-15
41-50		15-25
	10-20	3-5
	20-30	5-9
	31-40	9-15
	41-50	15-25

Процесс и температура нагрева неодинаковы для различных металлов. При ремонте техники кузнецу чаще всего приходится ковать углеродистую сталь и иногда легированную, при нагреве которых необходимо соблюдать следующие условия.

Нагревом должны быть достигнуты необходимая для ковки температура, равномерное ее распределение по сечению и длине заготовки при сохранении целостности ее и наименьшем слое окалины.

Для выполнения этих условий решающее значение имеют температура верхнего предела нагрева, скорость и продолжительность нагрева заготовки. Следует помнить о том, что

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

при длительном нагреве углерод стали выгорает прежде всего с поверхности. Если надо закалить изделие после ковки, долго греть заготовку нельзя. Лучше увеличить температуру в очаге горна.

Температура верхнего предела нагрева зависит от химического состава металла и обычно принимается на 100-200 °С ниже линии солидуса, в пределах 1200-1300 °С. Нагрев должен обеспечить наибольшую пластичность металла до начала ковки; металл не следует подвергать перегреву или пережогу. При нагреве нужно принимать во внимание продолжительность ковки (количество операций); последняя операция должна быть закончена при температуре, установленной для конца ковки данного металла. Поэтому температура предела нагрева для ковки поковок с небольшим количеством операций может быть несколько понижена.

Температурные интервалы ковки различных сталей и цветных металлов приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 **Температурные интервалы ковки различных сталей и цветных металлов**

Марка металла	Название металла	Температура ковки, °С		
		начало	конец	
		не выше	не выше	не ниже
Стали				
Сталь марки 15	Углеродистая конструкционная качественная	1250	830	700
Сталь марки 20		1250	830	700
Сталь марки 30		1250	850	730
Сталь марки 35		1250	850	730
Сталь марки 40		1250	850	730
Сталь марки 45		1200	850	750
Сталь марки 50		1180	870	750
У7, У8	Углеродистая инструментальная	1180	870	780
У9, У10		1150	900	800
У12		1100	900	800
30Г2	С повышенным содержанием марганца	1120	850	780
50Г2		1180	900	800
50ХГ	Хромомарганцовистая	1180	900	800
30Х	Хромистая	1180	900	800
Х(ШХ-15)		1150	870	800
40ХН	Хромоникелевая	1170	900	820
12ХН2А		1180	880	800
1Х18Н9Т	Хромоникелевая нержавеющая	1170	930	870
1Х13, 2Х13, 3Х13	Хромистые нержавеющие	1150	920	870
Цветные металлы и сплавы				
Д1, АК2, АК4	Алюминиевые сплавы	490	380	350
АК5, АК6, АК8		470	400	350
МА1, МА2	Магниевые сплавы	430	350	350
МАЗ		400	300	300
МА5		370	300	300
БрАЖ9-4	Медные сплавы	850	700	700
БрАЖМ 10-3-1,5				
ЛС-59		750	600	600

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При нагреве заготовок до температуры выше рекомендованной наблюдаются крайне вредные явления, называемые перегревом и пережогом металла. Структура перегретого металла неровная, крупнозернистая, при ковке она является причиной образования трещин и разрывов на поковке. Для того чтобы исправить структуру перегретого металла, т.е. сделать ее ровной, мелкозернистой, поковку (заготовку) необходимо подвергнуть отжигу. Структура пережженного металла также крупнозернистая, но, кроме того, между зернами появляются пленки вследствие проникновення кислорода, находящегося в печных газах. Появление пленок нарушает связь между зернами, и при ковке металл разрушается.

Интервал, в котором можно проводить ковку, у разных марок стали различный. Самый широкий (до 500 °С) имеют малоуглеродистые сорта стали, что позволяет обрабатывать их в течение длительного промежутка времени без дополнительного нагрева. Чем выше содержание углерода, тем этот промежуток меньше.

Другие металлы, например алюминий, имеют более низкий температурный интервал обработки, например для сплава АК8 он составляет 350-470 °С.

Скорость нагрева зависит, в первую очередь, от теплопроводности металла, которая в свою очередь зависит от химического состава и сечения заготовки. Чем меньше в стали углерода и легирующих примесей, тем выше теплопроводность, тем большая скорость может быть допущена при нагреве. Чем больше сечение заготовки, тем медленнее тепло проходит внутрь заготовки и тем меньше должна быть скорость нагрева, чтобы избежать внутренних дефектов (трещин). Скорость нагрева среднеуглеродистых сталей в кузнечных горнах колеблется в пределах 3-4 мин. на 1 см диаметра заготовки.

Скорость нагрева зависит также от формы сечения заготовки. Быстрее нагреваются круглые детали, медленнее – квадратные. У изделий большего сечения разница почти отсутствует.

Время нагрева заготовки делится на два периода – при низких температурах (до 500-600 °С) и при высоких температурах (до конца нагрева). В первом периоде в заготовке возникают внутренние напряжения, поэтому нагревать следует осторожно, с небольшой скоростью, чтобы не вызвать внутренних трещин. Во второй период пластичность металла сильно возрастает и нагрев заготовок можно вести с более высокой скоростью.

Кузнец должен уметь определять температуру нагрева металла для того, чтобы обеспечить температуру начала ковки, указанную в табл. 4.3, и не допускать перегрева или пережога металла. При нагреве заготовок и поковок температура определяется приборами – пирометрами, а также по цветам побежалости – при термической обработке (рис. 4.22, табл. 4.4) и цветам каления стали – при нагреве под ковку, табл. 4.4. При нагреве стали выше 350 °С цвета побежалости исчезают, металл продолжает оставаться темным до температуры 500 °С.

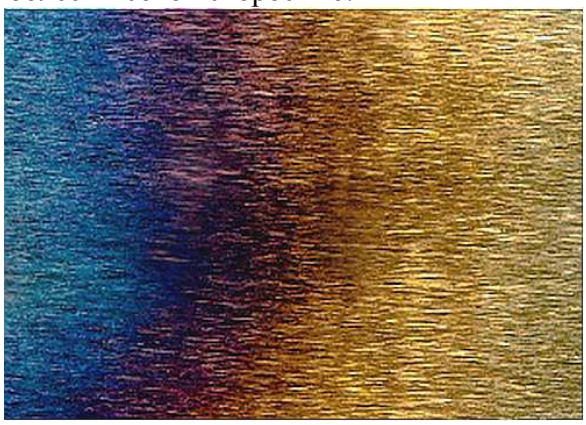


Рис. 4.22. Цвета побежалости

При нагревании стальных изделий на поверхности образуется слой оксидов железа, называемый в кузнечном деле окалиной. Пластичность металла после ее появления заметно снижается.

С повышением температуры окисление становится более интенсивным, особенно после 900° С. Образование окалины гораздо сильнее при избытке воздуха, наличие которого определяется по коротким прозрачным языкам пламени. Верхний слой окалины, называемый шубой, частично предохраняет металл от дальнейшего окисления.

Появление и отделение окалины продолжаются и во время ковки, в результате этого происходит большая потеря металла – от 1 до 3% массы поковки за один нагрев.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Табл. 3.4 **Цвета побежалости и цвета каления стали**

Цвета побежалости			Цвета каления стали		
Цвет и температура стали, °С			Цвет и температура стали, °С		
Водянисто-зеленый		350	Белый		1500
Светло-синий с зеленым оттенком		332	Бело-кремовый		1350
Светло-синий		321	Бело-желтый		1200
Темно-синий		310	Светло-желтый		110
Синий		299	Желтый		1050
Фиолетовый		288	Светло-оранжевый		980
Пурпурный		277	Оранжевый		930
Бронзовый		270	Темно-оранжевый		870
Буровато-желтый		260	Светло-вишневый		810
Тускло-соломенный		254	Вишневый		760
Темно-соломенный		243	Темно-вишневый		700
Соломенный		232	Тускло-красный		650
Светло соломенный		200	Красно-коричневый		600
			Темно-коричневый		550
			Черно-коричневый		500

Параллельно с появлением окалины происходит выделение углерода из верхних слоев материала, вследствие чего металл становится менее прочным и хуже закаливается.

У заготовок большого размера часть углерода диффундирует из внутренних слоев во внешние, и металл немного восстанавливает свою пластичность.

В условиях кузницы полностью защитить поковку от образования окалины невозможно. Для уменьшения этого процесса применяют скоростной нагрев, однако делать это можно не во всех случаях.

Следует также отметить, что образование окалины происходит не только во время нагревания, но и в процессе ковки. Поэтому при переносе нагретого металла надо следить за тем, чтобы слой «шубы» не осыпался.

Обрабатывая металл на наковальне, окалину удаляют только с тех частей, которые подвергаются деформации. У заготовок из малоуглеродистых сталей нагар легко удаляется ударами ручника.

Для уменьшения образования окалины, перед тем как положить заготовку в горн, на нее наносят специальные обмазки. Они не только защищают металл, но и являются хоро-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

шим смазывающим материалом, снижающим время нагрева и увеличивающим пластичность металла.

Простой способ защиты от окалины мелких изделий из инструментальной стали – нагревать их внутри герметично закрытой трубы.

4.4.2 Течение металла при ковке

Заготовки, подлежащие обработке ковкой, нагреваются до ковочной температуры. В результате этого металл переходит в такое состояние, при котором кузнец ударами молота или давлением пресса заставляет металл течь или смещаться в нужном направлении до тех пор, пока заготовке не будет придана нужная форма и размеры.

Если круглую заготовку из стали с содержанием 0,9% углерода (длина заготовки примерно в полтора раза больше ее диаметра) нагреть до температуры 1100° С и начать обрабатывать на молоте, то под действием ударов бойка заготовка начнет осаживаться в стороны. В верхней и нижней частях заготовка обычно осаживается меньше, а посередине – больше. Это происходит вследствие того, что металл течет в центре заготовки интенсивней, чем в местах, где он соприкасается с бойками.

Заготовка после окончания ее обработки обычно получает форму бочки.

Процесс ковки круглой заготовки показывает, что металл неодинаково течет во всех направлениях. На течение металла в процессе ковки оказывают влияние размеры бойков, отделка их рабочей поверхности, охлаждающее действие бойков на обрабатываемую заготовку, трение между бойками и поковкой.

Бойки для ковки выбирают в зависимости от формы и размера поковок, марки обрабатываемой стали, технологии ковки, типа оборудования.

При пластическом деформировании между бойками зажимается объем металла. Объем металла, зажатый между бойками, называется очагом деформации. Форма очага деформации определяется длиной бойка и шириной заготовки. В широком очаге деформации большая часть металла течет в длину, а в длинном очаге деформации, наоборот, большая часть металла течет в ширину.

Такое течение металла в длину и ширину соответствует закону наименьшего сопротивления. Течение металла в процессе ковки зависит от ширины бойков. Например, при вытяжке металла узкими бойками деформируемый металл течет по закону наименьшего сопротивления вперед (поперек бойков). Поэтому при вытяжке металла пользуются узкими бойками или вытяжку производят короткой прихваткой. Для получения гладкой поверхности поковок, изготовляемых путем вытяжки, подача металла производится обычно на величину 0,4-0,8 ширины бойков.

При рассмотрении процесса осадки круглой заготовки было отмечено, что металл в центре заготовки течет интенсивнее, чем в местах, где она соприкасается с бойками. Это явление объясняется, с одной стороны, наличием поверхностного трения между бойками и поковкой, с другой – охлаждающим действием бойков на обрабатываемый металл.

Трение заготовки о бойки молота образуется из-за шероховатой поверхности бойков. Для уменьшения трения между бойками и заготовкой необходимо применять наиболее чистые бойки, специальную смазку для бойков или пользоваться бойками с полированной поверхностью. Применение смазки способствует скольжению металла заготовки относительно бойков, что повышает его деформацию.

Охлаждающее действие бойков на поверхность обрабатываемой заготовки также влияет на течение металла. Холодные бойки при соприкосновении с заготовкой отнимают тепло с ее поверхности, уменьшают пластичность металла. На практике нагрев бойков молота осуществляется чаще всего, куском горячего металла; раскаленный кусок металла кладут на нижний боек и прижимают его верхним бойком.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

4.4.3 Кузнечные операции

Основными кузнечными операциями являются:

- вытяжка (протяжка);
- осадка и высадка;
- прошивка и пробивка (получение отверстий);
- кузнечная рубка;
- гибка;
- кручение (закручивание);
- кузнечная сварка.

Эти операции в большинстве случаев применяются не отдельно, а комплексно в той или иной последовательности, обусловленной технологическим процессом изготовления поковки.

Все кузнечные операции обычно выполняются с предварительным нагревом металла (заготовки) до ковочной температуры (1150-1250° С). Ковку следует заканчивать при температуре, указанной в табл. 3.3. Если ковка не закончена, необходимо вновь нагреть поковку до ковочной температуры. В зависимости от продолжительности ковки кузнецу иногда приходится делать один нагрев и от одного до шести подогревов (а, следовательно, и выносов из горна), чтобы закончить изготовление поковки. Количество подогревов, по возможности, должно быть как можно меньшим.

Ковку ручным способом производят обычно два человека: кузнец и молотобоец. Кузнец подбирает заготовку, закладывает ее в горн, нагревает, зажимает в клещах левой рукой (или обеими), вынимает из горна, укладывает на наковальню, берет в правую руку ручной молоток, и наносит им легкие удары по заготовке, указывая места, по которым молотобоец должен наносить удары кувалдой.

Молотобоец берет обеими руками кувалду и наносит удары по местам нагретой заготовки, которые указываются кузнецом. При работе кувалдами используют три вида удара: легкие, или локтевые, средние, или плечевые (удар «с плеча»), сильные, или навесные, когда кувалда описывает в воздухе полный круг, рис. 4.23. Навесными ударами, обычно, работают молотобойцы при проковке большой массы металла и при кузнечной сварке массивных частей.

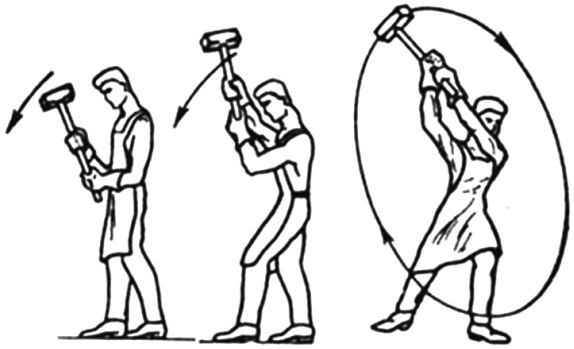


Рис. 3.23. Виды удара молотобойца: *1* – локтевые; *2* – плечевые; *3* – навесные

Если требуется пробить отверстие, отрубить конец, сгладить неровности на поковке или произвести другие действия с поковкой, кузнец вместо ручного молотка берет в правую руку соответствующий вспомогательный инструмент (зубило, пробойник, гладилку и пр.), устанавливает его рабочей частью на обрабатываемое место, а молотобоец наносит удар по головке этого инструмента.

Ковку на пневматических молотах, устанавливаемых в кузницах ремонтных мастерских, как правило, производит один человек – кузнец. Он же выполняет обязанности нагревальщика.

Вытяжка. Вытяжкой (протяжкой) называется такая кузнечная операция, посредством которой заготовка увеличивается в длину за счет уменьшения площади поперечного сечения. Вытяжка – самая распространенная кузнечная операция. Она может выполняться вручную и на пневматических молотах.

Для выполнения операции вытяжки вручную кузнец захватывает нагретую заготовку клещами и подает ее на наковальню.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Молотобоец кувалдой наносит сильные удары непосредственно по заготовке (рис. 4.24, *а*) или по вытяжному инструменту – разгонке, рис. 4.24, *б*.

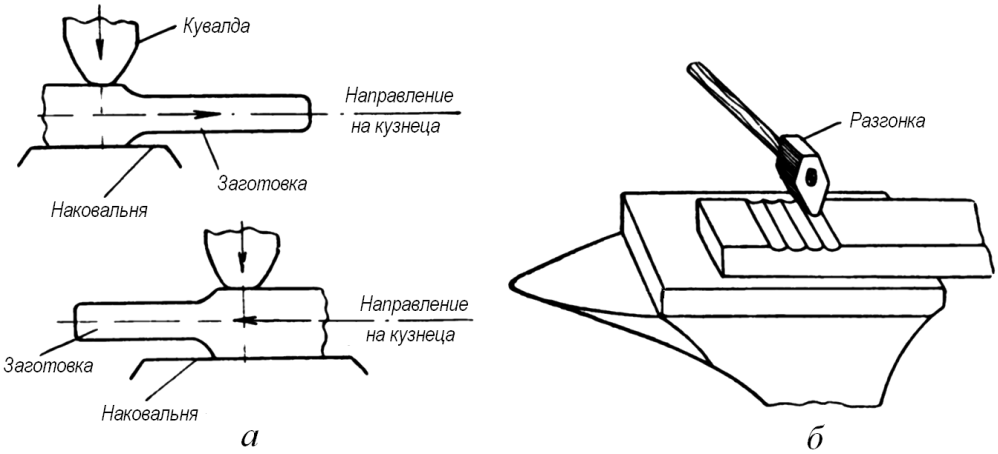


Рис. 4.24. Операция вытяжки: а – непосредственно ударами кувалды по заготовке; б – с помощью разгонки

Вытяжку прутка без использования дополнительного протяжного инструмента выполняют на наковальне за несколько переходов. После каждого удара деформируемый участок прутка осаживается по высоте, уширяется и одновременно удлиняется. Пруток кантуют на 90° и наносят удар с целью ликвидации уширения, возникшего при предыдущем ударе. Таким образом, нанося после каждой кантовки удары по заготовке и осуществляя нужную подачу, уменьшают ширину и толщину заготовки, при этом удлинение с каждым ударом увеличивается. Рассмотренный способ протяжки неэффективен, так как полученное при каждом переходе удлинение является незначительным вследствие большого уширения.

Независимо от формы поперечного сечения заготовки вытяжку всегда следует вести сначала на квадрат, т.е. если требуется вытянуть заготовку прямоугольного сечения на круглое, то сначала нужно ее отковать на квадрат, затем на восьмиугольник, шестнадцатиугольник и на круг. Или, если требуется заготовку круглого сечения протянуть на поковку тоже круглого сечения, то сначала ее нужно отковать на квадрат, затем на восьмиугольник, шестнадцатиугольник и на круг. Протягивать непосредственно круглую заготовку в круг нельзя, поскольку при такой ковке в центральной зоне заготовки возникают внутренние напряжения, которые могут привести к образованию скрытых трещин в металле.

Такая последовательность ковки объясняется тем, что только при ковке на квадрат происходит наибольшее соприкасание бойка молота или кувалды с металлом, и, следовательно, вытяжка будет выполняться быстрее, заготовка будет проковываться по всему сечению, раскалывания металла по поперечным осям не произойдет.

Для выравнивания расширившейся части заготовки ее после каждых одного-трех ударов следует поворачивать на 90° (на ребро).

Вытяжку заготовки (удары кувалдой или бойком молота) обычно начинают с ее середины, вытягивая сначала один конец, затем другой. При нанесении ударов кузнец передвигает заготовку по наковальне, от себя или на себя. Вытяжку мелких заготовок удобнее производить с перемещением на кузнеца.

На рис. 4.25. приведен пример вытяжки прямоугольного бруса на подбойках и на обжимках.

Кроме основных инструментов, для ускорения процесса вытяжки применяют вытяжные инструменты – раскатки, подбойки, гладилки, обжимки и пережимки.

Наиболее часто встречающиеся виды вытяжки:

- вытяжка квадрата на квадрат меньшего сечения без уступа;
- вытяжка квадрата на квадрат меньшего сечения с уступом;
- вытяжка квадрата на полосу без уступа;
- вытяжка квадрата на полосу с уступом;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- вытяжка квадрата на круглое сечение;
- образование выступа на полосе;
- уширение (расплющивание, разгонка) заготовки;
- образование заплечиков;
- передача металла.

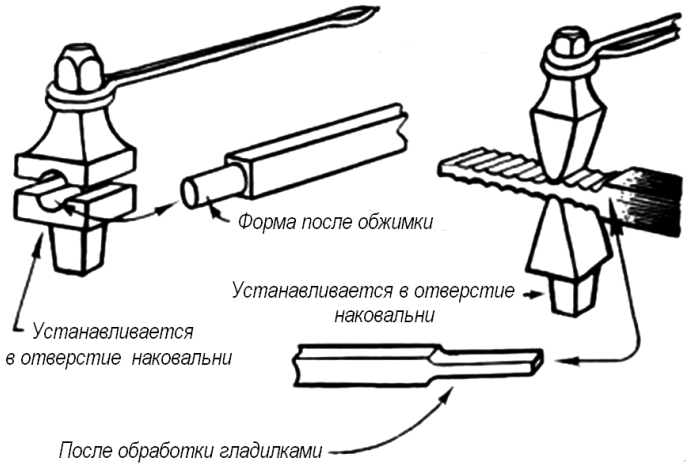
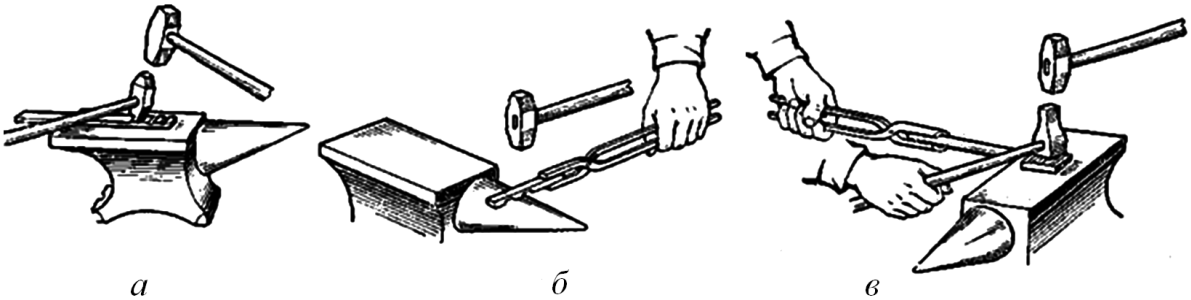


Рис. 4.25. Обработка прямоугольного бруса на подбойках и обжимках

Вытяжка квадрата на квадрат меньшего сечения без уступа производится непосредственно кувалдами или с помощью раскаток от середины заготовки; сначала вытягивают один конец, а потом другой, обычно с двух или нескольких нагревов. При вытяжке необходимо соблюдать основное правило – после каждых одного-трех ударов кувалдой или верхним бойком пневматического молота поворачивать заготовку на 90°. По окончании вытяжки обмеряют вытянутый, конец кронциркулем. Для ускорения вытяжки применяют полукруглую раскатку, а для выглаживания поверхности поковки – гладилку с острыми кромками.

Вытяжка квадрата на полосу без уступа производится так же, как и вытяжка квадрата на меньший квадрат без уступа. Вытяжка небольших изделий производится на гладкой стороне наковальни при помощи обжимки или на роге наковальни (рис. 4.26), начиная с середины заготовки, вытягивают один конец ударами кувалды по раскатке, затем выглаживают поверхность гладилкой; таким же образом вытягивают второй конец.



а *б* *в*

Рис. 4.26. Операция вытяжки: *а* – протяжка при помощи обжимки, *б* – протяжка на роге наковальни, *в* – выглаживание гладилкой

Вытяжка квадрата на полосу с уступом, рис. 4.27, *а*. Нагретую до ковочной температуры заготовку укладывают на наковальню, с помощью металлической линейки или кронциркуля отмеряют размер, равный длине головки. Удерживая заготовку клещами, кузнец на отмеченное место устанавливает пережимку, а молотобоец наносит удары кувалдой по пережимке и внедряет ее в металл на глубину будущего уступа.

После очистки наковальни от окалины кузнец устанавливает на протягиваемую часть заготовки подбойку, которую молотобоец ударами кувалдой внедряет на нужную глубину. В процессе работы кузнец постепенно переставляет подбойку от места начального пережи-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ма заготовки к ее концу. Заготовка удлиняется за счет уменьшения поперечного сечения. При каждом внедрении подбойки заготовка на участке деформации уширяется и несколько искривляется, поэтому через каждые два-три удара се следует кантовать на 90° и, поставив на ребро, легкими ударами исправлять дефекты.

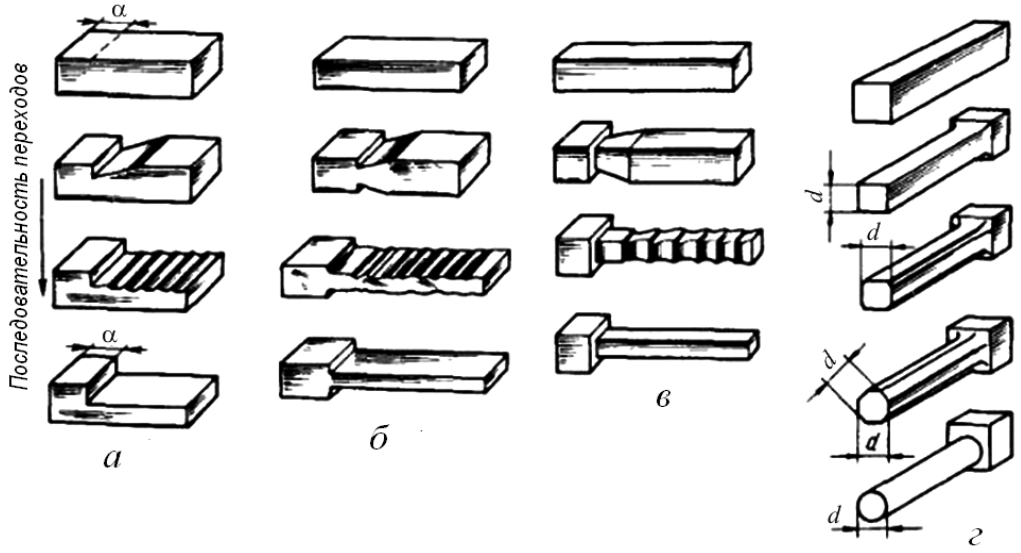


Рис. 4.27. Виды вытяжных работ: *а* – вытяжка квадрата на полосу с уступом; *б* – вытяжка квадрата на полосу с уступом с двух сторон; *в* – вытяжка квадрата на квадрат меньшего сечения с уступом; *г* – вытяжка квадрата на круглое сечение

После протяжки волнистую поверхность выравнивают плоской гладилкой и придают ей окончательные размеры. Если на какой-либо стадии ковки заготовка подстынет, ее подогревают и заканчивают обработку, не забывая каждый раз удалять окалину с заготовки и наличника наковальни.

Вытяжка квадрата на полосу с уступом с двух сторон, рис. 4.27, *б*. Выполнение работы аналогично предыдущей. Разница заключается в том, что пережимкой углубляют металл с двух сторон. Затем устанавливают нижнюю подбойку в квадратное гнездо наковальни. Кузнец устанавливает на нее протягиваемую часть заготовки, сверху заготовки – верхнюю подбойку, которую молотобоец ударами кувалдой внедряет на нужную глубину. При этом нижняя подбойка также внедряется в металл.

Вытяжка квадрата на квадрат меньшего сечения с уступом (рис. 4.27, *в*). Кузнец начинает вытяжку с предварительной операции – изготовления уступа. Для этого он с помощью пережимки ударами кувалды или верхнего бойка молота с четырех сторон делает на назначенном месте пережимы (зарубки) на заготовке. Затем кувалдой или бойком вытягивается конец заготовки на заданный размер, так же как и в предыдущих случаях.

Вытяжка квадрата на круглое сечение (рис. 4.27, *г*) выполняется последовательными переходами: квадрат большего сечения протягивают на квадрат меньшего; затем легкими ударами сбивают углы, в результате чего сечение заготовки приобретает форму восьмигранника; отковывают заготовку на круглое сечение легкими ударами кувалды и окончательно отделывают в обжимках.

Образование выступа на полосе (рис. 4.28) производится с помощью пережимки; ударами кувалды ее вдавливают в заготовку и образуют на ней два, пережима. Концы заготовки вправо и влево от пережимов оттягивают и выглаживают гладилкой.

Уширение (расплющивание) (рис. 4.29, *а*) является также операцией вытяжки заготовки, но в поперечном направлении. Уширение применяется для увеличения ширины заготовки или ее части за счет уменьшения толщины.

Нагретую заготовку кладут на наковальню, а на середину обрабатываемой ее части устанавливают деформирующий инструмент – раскатку, по которой кувалдой наносят удары такой силы, чтобы она внедрялась в заготовку на нужную глубину. При внедрении раскатка выжимает металл в стороны и обеспечивает уширение заготовки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Последовательно переставляя раскатку влево и вправо от середины на нужное расстояние, кувалдой разгоняют металл заготовки в ширину. Образовавшуюся волнистую поверхность выглаживают плоской гладилкой, по которой молотобоец наносит частые и достаточной силы удары.

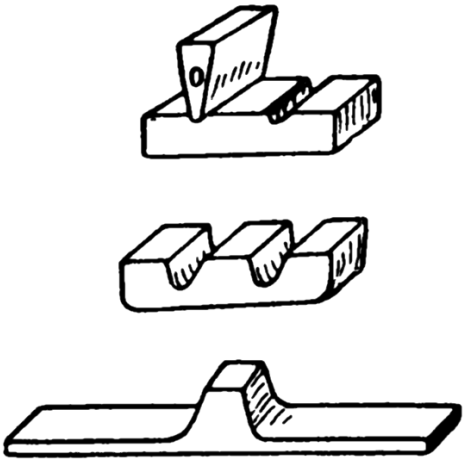
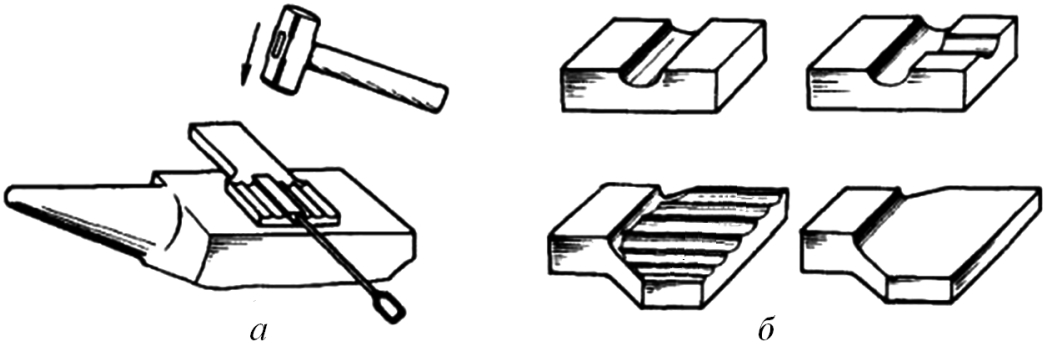


Рис. 4.28. Образование выступа на полосе

Изготовление поковки с широким тонким концом, рис. 4.29, *б*. Заготовку прямоугольного сечения с размерами, соответствующими необрабатываемой ее части, нагревают до ковочной температуры, очищают от окалины, кладут на наковальню и с помощью перебивки выполняют пережим в том месте, откуда хотят начать разгонку металла (поперек заготовки).

Затем под углом 90° к сделанному пережиму посередине заготовки устанавливают раскатку и ударами кувалдой внедряют ее в заготовку, которая начинает расширяться за счет уменьшения толщины в месте внедрения раскатки. Переставляя раскатку влево и вправо от середины заготовки к краям и внедряя ее каждый раз на нужную глубину, постепенно разгоняют металл в ширину. Образовавшуюся от внедрения раскатки волнообразную поверхность выглаживают плоской гладилкой до требуемой толщины.



а *б*

Рис. 4.29. Уширение (*а*) и изготовление поковки с широким тонким концом (*б*)

Передача металла. Передачей металла называется такая кузнечная операция, посредством которой производится смещение части заготовки из одной плоскости в другую с сохранением параллельности горизонтальных осей. Процесс передачи металла выполняют в следующей последовательности. После нагрева металла в месте передачи заготовку укладывают на нижний боек пневматического молота и топором делают надрубы сверху и снизу, как показано на рис. 4.30. Затем на нижний боек ставят подкладку, на которую опирают один конец заготовки, а другой – на стойку, также с подкладкой, и верхним бойком наносят удары до тех пор, пока металл не переместится сверху вниз на необходимое расстояние.

Осадка и высадка. Осадкой называется такая кузнечная операция, с помощью которой заготовка увеличивается в поперечном сечении и уменьшается по длине. Осадка является одной из наиболее распространенных операций ковки, которую применяют:

- для увеличения диаметра или площади поперечного сечения исходной заготовки (при отсутствии заготовки нужного сечения) круглой, прямоугольной либо фасонной формы;
- для увеличения диаметра или площади поперечного сечения концевой либо серединной части заготовки, например при изготовлении детали типа болта с фасонной головкой;
- для подготовки заготовки к последующей прошивке в ней отверстий;
- для получения поковок с требуемой микроструктурой и с определенным направлением волокон;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- для высадки в середине стержня или полосы, которая проводится перед их изгибом под углом 90°; это необходимо для восполнения недостающего металла, иначе в месте перегиба толщина поковки сильно уменьшается;
- для ликвидации анизотропии механических свойств и получения равномерной по всему объему заготовки структуры металла.

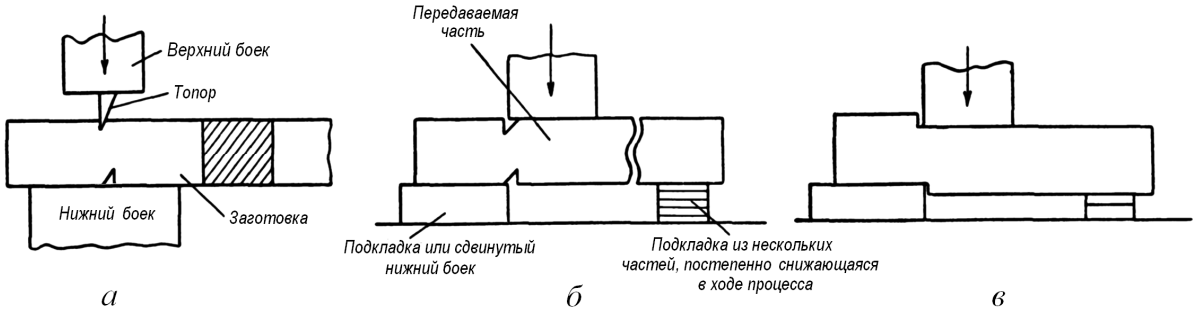


Рис. 4.30. Схема передачи металла: *а* – наметка участка передачи, *б* – предварительное смещение металла, *в* – окончательное смещение металла

Осаживаемые заготовки перед обработкой следует нагреть до максимально допустимой для обрабатываемого металла температуры. Это значительно снижает трудоемкость изготовления поковки, сокращает число нагревов и время обработки.

Для выполнения осадки применяют наковальню, кувалды, клещи, ручники, гвоздильни. Правку и отделку осаженной поковки осуществляют с помощью гладилок, обжимок и др. инструмента.

В зависимости от того, в какой части заготовки увеличивается поперечное сечение, различают три вида осадки:

- полную, когда увеличивается поперечное сечение по всей длине заготовки, рис. 4.31, *а*;
- серединную, когда увеличивается поперечное сечение заготовки только в ее середине, рис. 4.31, *б*;
- концевую, когда увеличивается поперечное сечение одного или обоих концов заготовки, рис. 4.31, *в*.

Два последних вида осадки – серединную и концевую – принято называть высадкой.

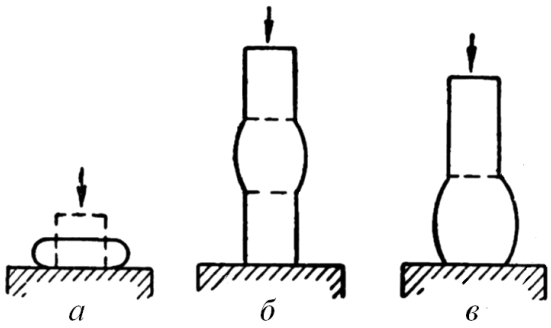


Рис. 4.31. Виды осадки: *а* – полная; *б* – серединная (высадка); *в* – концевая (высадка)

Осадку и высадку выполняют как ручной, так и машинной ковкой. Заготовку нагревают до ковочной температуры: всю, в случае полной осадки, или только ту часть, которая будет высаживаться – в случае серединной или концевой высадки. Затем заготовку захватывают клещами, ставят ее торцом на наковальню или на нижний боек и наносят удары по противоположному торцу кувалдой (или верхним бойком).

Чтобы утолщение распространялось только в нужную сторону, заготовку после высадки куют соответствующим образом. Если высадка оказалась недостаточной, процесс повторяют. Для придания желаемой формы утолщению пользуются обжимками, подбойками и т.п.

При выполнении полной осадки следует иметь в виду, что длина заготовки должна быть не больше 2,5 ее диаметров, или трех сторон квадратной заготовки. В случае нарушения этого требования заготовка при осадке будет изгибаться, что вызовет образование складок на поверхности поковки и другие дефекты.

Полная осадка выполняется для увеличения сечения заготовки по всей ее длине. Равномерно нагретую заготовку устанавливают вертикально на наковальню (рис. 4.32, *а*) и, поддерживая клещами за середину, наносят по ее торцу несколько слабых ударов кувалдой.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Затем силу ударов увеличивают, а для обеспечения равномерной осадки заготовку периодически поворачивают вокруг вертикальной оси. (В соответствии с законом наименьшего сопротивления при осадке квадратная форма заготовки будет стремиться к круглой.) С каждым ударом высота заготовки уменьшается, а ее сечение увеличивается – заготовка приобретает бочкообразную форму. Если бочкообразность не допускается, то в конце осадки поковку правят.

В процессе ковки следят за тем, чтобы заготовка не изгибалась и не было перекоса. При высоте заготовки выше допустимой, выполнить правильную полную осадку трудно. В этом случае под ударами кувалды заготовка теряет продольную устойчивость и изгибается. Если заготовка начала искривляться, ее тут же правят. В противном случае на боковой поверхности образуются складки, а затем – зажим (закованная складка). Складки могут образовываться также при неравномерном нагреве заготовки перед осадкой.

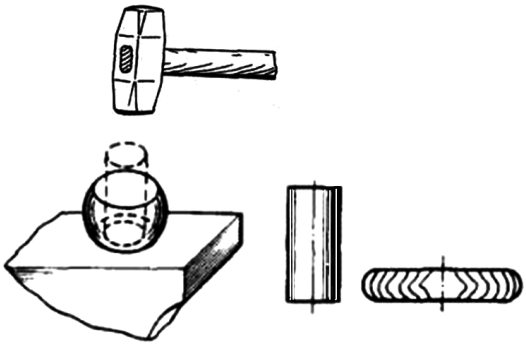


Рис. 4.32. Полная осадка: *а* – прием выполнения; *б*, *в* – направление волокон в заготовке-прокате до и после осадки

При обработке сплавов, обладающих низкой пластичностью, высота заготовки при осадке не должна превышать двух ее диаметров, а степень деформации – допустимую величину, ограниченную пластичностью сплава. При больших степенях деформации возможно расслоение металла по волокнам и образование трещин.

Если осадке подвергается заготовка из проката, то волокна, имеющие продольное направление (рис. 4.32, *б*), искривляются и принимают радиальное направление, рис. 4.32, *в*. Такая микроструктура повышает прочность деталей типа зубчатых колес.

Осадку заканчивают правкой, которую выполняют с помощью гладилки.

Высадка середины заготовки. Среднюю осаживаемую часть заготовки нагревают до ковочной температуры в горне, ставят заготовку вертикально на наковальню и, поддерживая ее клещами в этом положении, наносят по торцу удары кувалдой, рис. 4.33. Эти удары через холодную часть заготовки передаются ее средней части и она, как наиболее нагретая, деформируется, приобретая бочкообразную форму. Если при нагревании нагрелись и концы заготовки, то перед высадкой их охлаждают водой на требуемой длине.

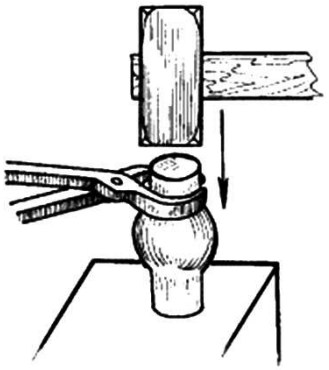


Рис. 4.33. Прием высадки середины заготовки

Высадка конца заготовки. Для изготовления детали типа стержня, например, болта, требуется утолщенная на одном конце поковка, которую получают высадкой. Осаживаемый конец заготовки нужной длины нагревают в горне до ковочной температуры. Кузнец устанавливает заготовку на наковальню нагретым концом вверх (рис. 4.34, *а*) и ручником показывает молотобойцу места ударов и их силу. Если требуется высадить небольшой участок заготовки, а нагрелась большая ее часть, то участок, не подвергаемый высадке, охлаждают, окуная его в воду. Под ударами кувалды нагретая часть заготовки деформируется, увеличиваясь по диаметру и уменьшаясь по длине. Холодная часть заготовки, имеющая в десятки раз большее сопротивление деформированию, сохраняет свою первоначальную форму. Так как течение металла нагретой части заготовки по периметру ничем не ограничено, под действием ударов конец заготовки принимает бочкообразную форму, плавно переходящую в нижнюю цилиндрическую недеформированную часть.

Если заготовку поставить нагретым концом на наковальню и наносить удары по холодному концу (рис. 4.34, *д*), то высаженная часть будет выше, а диаметр меньше, чем в первом случае.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

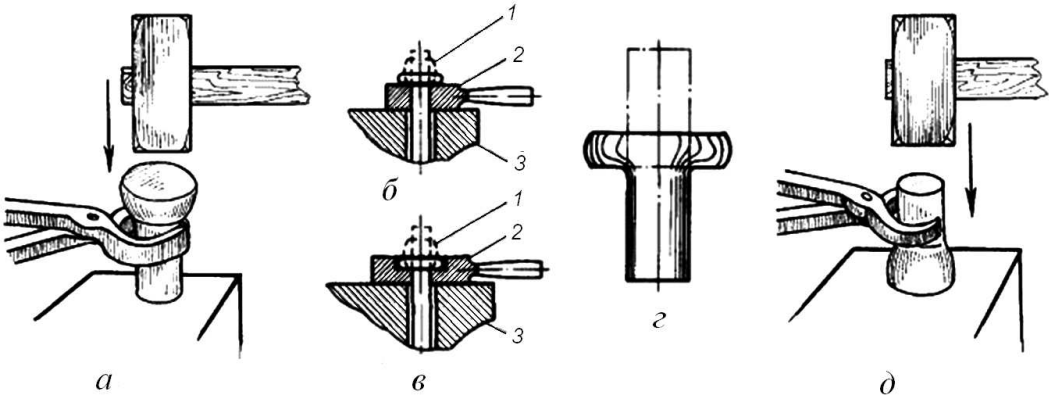


Рис. 4.34. Формообразующие операции высадки: *а* – верхней части заготовки, *б*, *в* – с применением гвоздильни; *г* – направление волокон после высадки; *д* – форма нижней части заготовки; *1* – заготовка; *2* – гвоздильня; *3* – наковальня

Существует также способ высадки поковки за счет ее собственной массы: для этого зажимают нагретую поковку в клещах и бьют торцом о наковальню (рис. 4.35) или о стальную массивную плиту. Но необходимо помнить, что обычно такая осадка применяется для небольших изделий. Заканчивают высадку ударами ручника по верхней части заготовки.

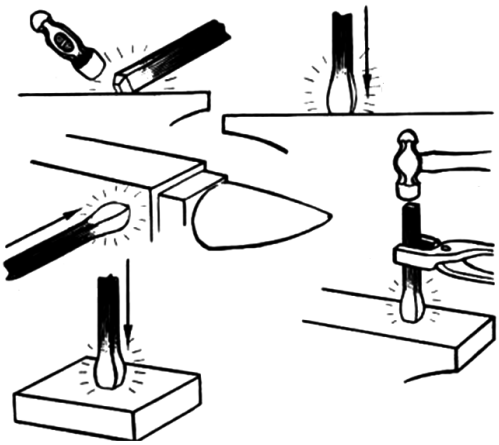


Рис. 4.35. Прием высадки тонкого стержня

Очевидно, что рассмотренными способами высадку конца у длинной стержневой заготовки осуществить не удастся, так как заготовка под действием ударов потеряет устойчивость и согнется. Поэтому концевую высадку на относительно длинных заготовках выполняют с помощью плоской гвоздильни. Гвоздильню *2* (рис. 4.34, *б*-*в*) устанавливают над отверстием в хвостовой части наковальни *3*, а заготовку *1* пропускают через отверстие гвоздильни. Под действием ударов кувалды выступающая часть заготовки подвергается осадке. При изготовлении, например, болтов с квадратными головками применяют гвоздильню, имеющую соответствующее углубление, рис. 4.34, *в*. При осадке заготовки сечение ее торцовой части увеличивается, а металл заполняет полость гвоздильни. Очевидно, что волокнистое строение недеформированной части заготовки остается после высадки без изменения, тогда как волокна высаженной части будут как бы повторять форму головки, рис. 4.34, *г*.

Прошивка и пробивка отверстий. Для получения больших и малых отверстий в заготовках и поковках, а также для изготовления бесшовных колец применяют кузнечные операции, называемые прошивкой и пробивкой.

Пробивкой называют операцию выполнения в заготовке сквозного круглого или фасонного отверстия либо паза с удалением металла в отход путем сдвига отделяемой части заготовки относительно тела поковки.

Прошивка заключается в изготовлении в поковке глухой полости за счет вытеснения металла формующим инструментом. Глухие полости или пазы в заготовках получают, во-первых, при производстве фасонных, сложных по форме поковок с углублениями и, во-вторых, перед пробивкой сквозных отверстий.

Таким образом, отверстия в поковках изготовливают двумя способами: первый состоит в пробивке отверстий прошивнем или пробойником на подкладном кольце за один переход, второй – в предварительной прошивке наметки под отверстие и в последующей пробивке отверстия в местах прошивки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Обе эти родственные операции могут выполняться ручной ковкой (небольшие отверстия) и машинной ковкой (большие отверстия). Операцию ручной прошивки и пробивки отверстий выполняют с помощью пробойников (бородков), имеющих различную форму рабочей части, в некоторых случаях используют зубила и оправки.

Трудоемкость изготовления отверстий прошивкой и пробивкой значительно меньше, чем при их сверлении на металлорежущем оборудовании.

Пробивка. Изготовление отверстия пробивкой осуществляется следующим образом. На очищенную поверхность наличника наковальни *5* (рис. 4.36, *а*) помещают подкладное кольцо *2*. Исходную заготовку нагревают до температуры, несколько превышающей температуру конца ковки; например, заготовки из углеродистых конструкционных сталей нагревают до 900-1000° С. Нагретую заготовку *4* кладут на подкладное кольцо *2* так, чтобы место будущего отверстия совпало с отверстием в кольце. Сверху на заготовку устанавливают основной рабочий инструмент – прошивень или пробойник *3*. Размеры отверстия в кольце должны немного превышать размеры пробиваемого отверстия.

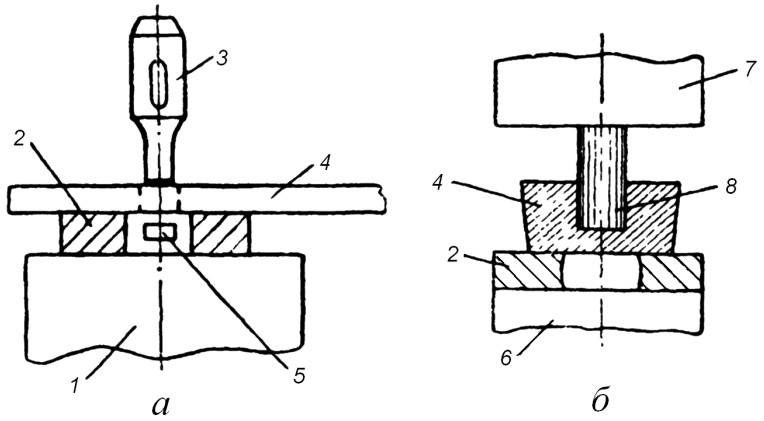


Рис. 4.36. Пробивка отверстий: *а* – пробивка при ручной ковке, *б* – пробивка при машинной ковке: *1* – наковальне, *2* – подкладное кольцо, *3* – пробойник, *4* – заготовка, *5* – выдра, *6* – нижний боек, *7* – верхний боек, *8* – прошивень

Под действием первых слабых ударов прошивень пластически внедряется в тело заготовки. Из-под прошивня металл незначительно продавливается вниз – в отверстие подкладного кольца. При последующих ударах в металле по периметру отверстия возникают большие сдвигающие напряжения, под действием которых происходит сдвиг отделяемой части заготовки от тела поковки. Образовавшийся отход (выдра) *5* проталкивается в полость кольца.

Качество поверхности отверстия зависит от качества режущих кромок прошивня и кольца, а также от внутреннего зазора между кольцом и прошивнем, т.е. от разности диаметров отверстий кольца и прошивня. Увеличенный зазор приводит к короблению поковки и образованию рваного заусенца на нижней кромке отверстия.

Пробивка больших по диаметру и глубоких сквозных отверстий осуществляется на пневматических молотах с помощью прошивней и надставок. Нагретая заготовка устанавливается на кольцо, уложенное на нижнем бойке; ударами верхнего бойка прошивень вдавливается в заготовку. В том случае, если высота прошивня недостаточна, применяют надставки.

При пробивке отверстий малого диаметра (до 25-30 мм) применяют не прошивни, а пробойники. В зависимости от требуемой формы пробиваемого отверстия применяют пробойники с круглым, квадратным или овальным сечением рабочей части. Хорошая заточка кромок пробойника обеспечивает высокое качество поверхности пробитого отверстия. Пользоваться пробойниками удобно, так как они имеют деревянную рукоятку. За нее пробойник надежно удерживают в процессе пробивки, вследствие чего обеспечивается безопасность работы.

При пробивке отверстия рабочий инструмент зажимается металлом. Для облегчения извлечения прошивня из заготовки его хвостовик изготовляют в форме конуса, поэтому

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

после пробивки прошивень свободно проваливается вниз вслед за выдрой. С аналогичной целью рабочую часть бородка также выполняют конусной. Кроме того, такая форма бородка позволяет получать отверстия разных размеров путем внедрения его на разную глубину.

Вместо подкладного кольца при пробивке отверстий удобно пользоваться гвоздильней или кузнечной формой, в которой имеются отверстия разных диаметров и сечений. Подобрав подходящее из них, гвоздильню помещают на наковальню, на гвоздильню кладут заготовку и пробойником пробивают нужное отверстие.

Прошивка. Прошивку чаще всего применяют для подготовки заготовки к пробивке в ней отверстий путем выполнения углублений перед окончательной пробивкой. Используют прошивку при изготовлении отверстий диаметром более 25 мм в заготовках толщиной более 15 мм.

При прошивке прошивень внедряют в заготовку со свободными боковыми поверхностями. Одновременно с внедрением прошивня в металл изменяется исходная форма заготовки: высота уменьшается, а наружный диаметр неравномерно увеличивается по высоте, вследствие чего заготовка приобретает бочкообразную форму. Искажение формы заготовки тем больше, чем меньше отношение наружного диаметра к диаметру прошиваемого отверстия (D/d). Установлено, что при $D/d > 5$ форма заготовки практически не искажается. Следовательно, при $D/d < 5$ после прошивки поковки необходимо править.

Чем массивнее кольцевая часть заготовки и меньше высота h, тем большим должно быть усилие прошивки и сильнее удары кувалдой или бойком пневматического молота. При отношении $D/d > 6$ прошивку можно рассматривать как процесс внедрения пуансона в тело бесконечных размеров.

Очевидно, что при рассмотренной схеме прошить сквозное отверстие практически невозможно, так как полностью выдавить металл из-под прошивня не удается. Поэтому при изготовлении отверстия заготовку прошивают на глубину, равную 2/3 ее высоты (рис. 4.37), затем заготовку кантуют на 180°, прошивень устанавливают над наметкой под отверстие и легкими ударами кувалдой осуществляют окончательную пробивку отверстия. Под действием усилия прошивня металл путем сдвига продавливается в отверстие.

После выполнения операции заготовку правят либо легкими ударами кувалдой, либо гладилкой, так как в момент внедрения прошивня или пробойника металл немного раздается в стороны и форма поковки искажается.

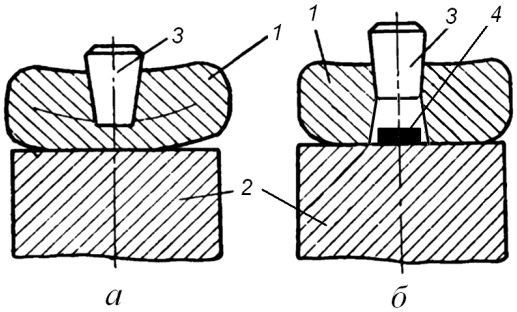


Рис. 3.37. Прошивка отверстия: *а* – на глубину 2/3 высоты заготовки; *б* – окончательная пробивка отверстия; *1* – поковка; *2* – наковальня; *3* – прошивень; *4* – выдра

На рис. 4.38, *а* в показаны переходы прошивки ручной ковкой отверстия небольшого размера. Нагретую заготовку кладут на наковальню так, чтобы место отверстия совпадало с отверстием в наковальне или пробойной плиты. Сверху устанавливают пробойник (бородок) и легкими ударами кувалдой внедряют его в заготовку примерно на половину ее толщины рис. 4.38, *а*. При этом на противоположной стороне заготовки образуется сферическая выпуклость.

Не вынимая пробойника, заготовку переносят на плоскость наковальни (рис. 4.38, *б*) и еще наносят несколько ударов, пока на выпуклой части ее не образуется темное пятно, точно соответствующее месту отверстия с обратной стороны. После этого пробойник вынимают и охлаждают. Затем заготовку переворачивают на 180° и снова центрируют заготовку прошитым местом над отверстием наковальни и пробойником пробивают отверстие, рис. 4.38, *в*. Отход в виде небольшой выдры проваливается вниз в отверстие наковальни рис. 4.38, *г*.

При другом способе прошивки заготовку кладут на плоскую часть наковальни и ударяют по бородку до тех пор, пока не почувствуют так называемый отбой, т.е. предел уплотнения металла. Затем все операции выполняют, как в первом случае. При этом способе

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

прошивки вследствие разной структуры металла четко проявляются контуры отверстия, рис. 4.39. Если оно получилось меньшего размера, чем необходимо, или иной формы, в предварительно нагретое отверстие вставляют оправку нужного профиля и его окончательно формируют.

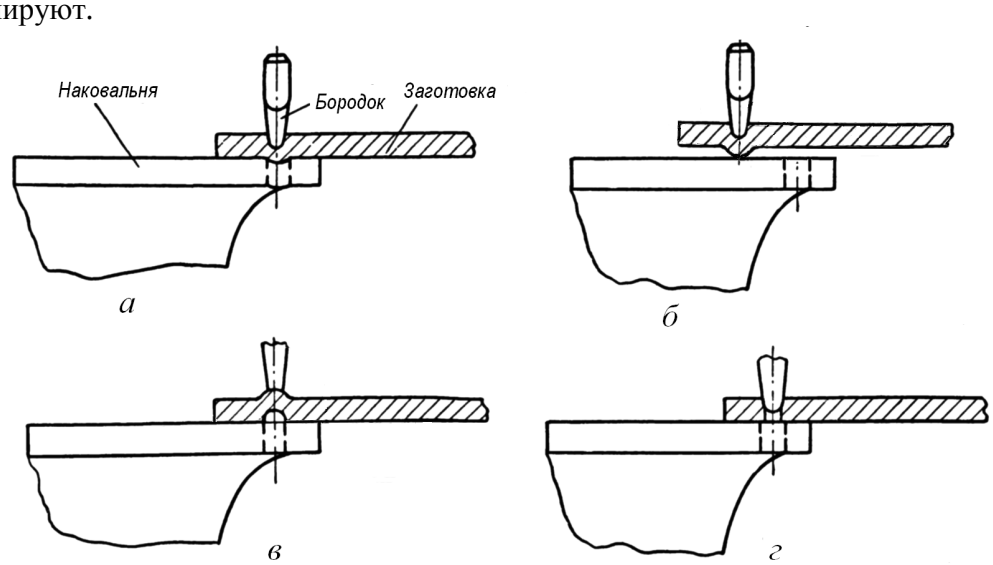


Рис. 4.38. Прошивка небольшого отверстия: *а* – внедрение бородка в заготовку; *б* – образование отметины; *в*, *г* – окончательная пробивка отверстия

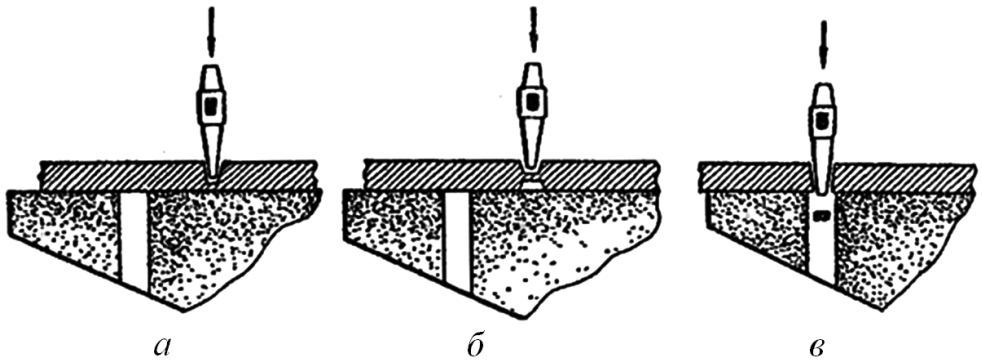


Рис. 4.39. Пробивка с предварительным уплотнением металла (*а*, *б*, *в* – последовательность операций)

На рис. 4.40 показаны переходы изготовления отверстия в прямоугольной узкой заготовке с неустойчивой опорной поверхностью. С помощью зубила в нагретой заготовке прошивают наметку глубиной, равной половине высоты заготовки *1*. Перевернув заготовку на 180°, прошитой наметкой ее ставят на подсечку *2*, зубилом прошивают насквозь и с помощью пробойника выполняют отверстие *3*. Во время следующей операции раздают отверстие оправкой *4* и, наконец, поставив в отверстие оправку требуемого размера *5* окончательно проковывают заготовку до нужных размеров.

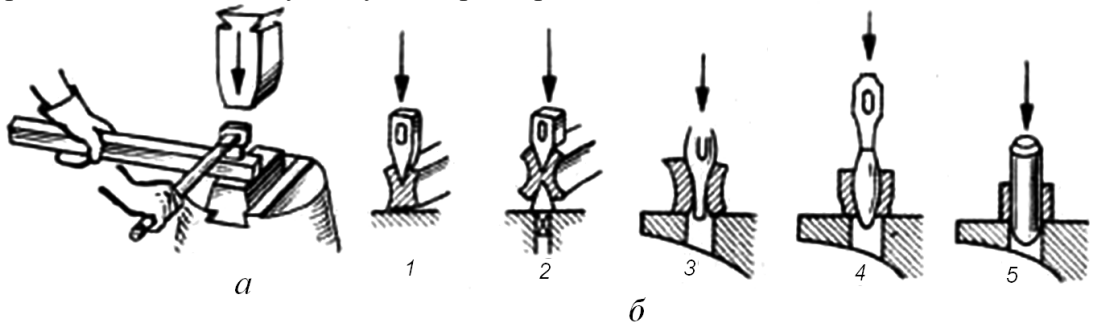


Рис. 4.40. Прошивка отверстия в прямоугольной заготовке (*а*) и последовательность операций (*б*)

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В тех случаях, когда необходимо пробить отверстие в квадрате через грань, используют зубило. Квадратную заготовку укладывают на нижник, удерживающий ее в нужном положении, и разрубывают зубилом (рис. 4.41), затем формируют соответствующей оправкой. С заготовками круглого сечения поступают иначе: место будущего отверстия легкими ударами делают плоским и далее производят разрубку.

Этот способ можно применять также при рубке через грань. При необходимости иметь отверстие большее, чем имеющиеся в наличии оправки, заготовку разрубывают и разводят наибольшей оправкой, после этого надевают на рог наковальни и проковывают до нужного размера и формы. Зубило, применяемое для пробивки отверстий, должно быть слегка выгнутое и в разрезе иметь форму конусов, соединенных основаниями (рис. 42).

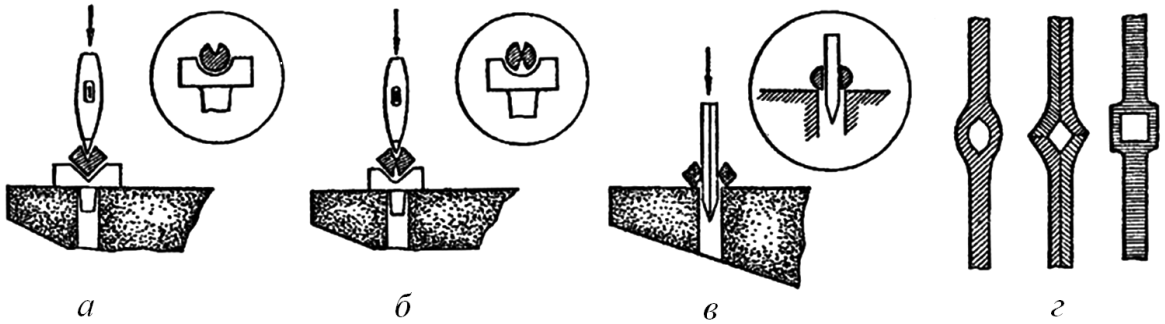


Рис. 4.41. Пробивка отверстий через грань: *а* – разрубка; *б* – Разрубка с противоположной стороны; *в* – формирование отверстия оправкой; *г* – формы отверстий, получаемых способом разрубки

Поскольку при прошивке и пробивке заготовка изменяет свои размеры и форму, эти операции выполняют в начале работы, т. е. до окончательной отделки поковки. Пробивку можно выполнять и в конце работы, но только в том случае, если заготовка имеет небольшую толщину и можно подобрать подходящее отверстие в гвоздильне или соответствующее подкладное кольцо.

Для выполнения пробивки и особенно прошивки рекомендуется после каждого удара покачивать пробойник, чтобы его не заклинивало в поковке. При прошивке глубокого отверстия рабочий инструмент следует периодически охлаждать в воде, чтобы он сам не деформировался в процессе работы. Для того чтобы облегчить извлечение пробойника из металла, в образовавшуюся полость в заготовке рекомендуется подсыпать древесный уголь в виде порошка. Под действием высокой температуры уголь горит и образовавшиеся газы предохраняют инструмент от схватывания с деформируемым металлом. Кроме того, порошковый уголь играет роль смазки и уменьшает износ инструмента.

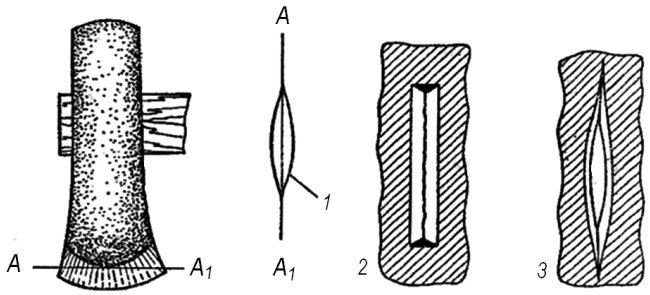


Рис. 4.42. Зубило для пробивки отверстий: *1* – форма лезвия зубила; *2* – форма отверстия полученного при использовании зубила с прямой заточкой; *3* – форма отверстия полученного при использовании зубила с конусной формой лезвия

После пробивки форма отверстия в поковках имеет отклонения от цилиндричности. Так, при пробивке пробойником отверстие имеет коническую форму, а после пробивки с использованием прошивня – форму, показанную на рис. 4.43, *а*. Для придания отверстию цилиндрической формы через него проталкивают бочкообразную оправку нужного диаметра.

Такой способ также применяют для увеличения диаметра ранее пробитого отверстия. Увеличение диаметра поковки происходит за счет уменьшения толщины ее стенок. Следовательно, при изготовлении поковок заранее следует пробивать отверстие такого размера, чтобы после его расширения получить нужную толщину стенки, а также нужный внутренний диаметр поковки.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При изготовлении тонкостенного кольца большого диаметра исходную заготовку сначала осаживают, затем в ней выполняют прошивку и пробивку. Полученное отверстие с помощью оправок расширяют до диаметра, достаточного, чтобы заготовку надеть на рог наковальни. Окончательные размеры поковки получают раскаткой, рис. 4.43, *б*.

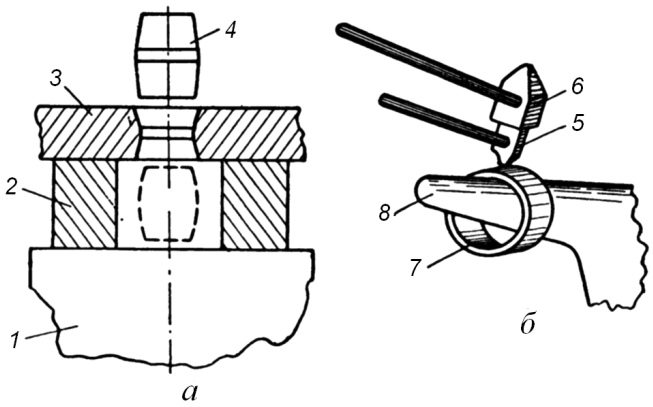


Рис. 4.43. Калибровка отверстия с помощью оправки (*а*) и раскатка кольца (*б*): *1* – наковальня; *2* – подкладное кольцо; *3* – заготовка; *4* – оправка; *5* – раскатка; *6* – кувалда; *7* – кольцо; *8* – рог наковальни

Рубка металла. Рубкой называется кузнечная операция, посредством которой заготовку (поковку) разделяют на части или отделяют от нее часть материала. Рубкой также удаляют (вырубывают) трещины, волосовины и другие дефектные места заготовки (поковки).

Рубка применяется главным образом в тех случаях, когда требуется из длинной заготовки получить две или несколько коротких, отрубить излишки или надрубить, т.е. прорубить некоторую часть толщины заготовки.

Надрубка (надрубывание) – один из видов рубки, применяемой в тех случаях, когда требуется прорубить заготовку на заданную глубину. Надрубывать заготовку можно с одной, с двух сторон или по окружности. Иногда надрубывание применяется при вытяжных работах, когда требуется образовать уступ на заготовке (поковке) и оттянуть конец на меньший размер сечения.

Рубка при ручной ковке. При ручной ковке обычно применяются следующие виды рубки: разрубывание, отрубывание и надрубывание. Все они выполняются на наковальне с помощью кувалды или ручного молотка и кузнечного зубила.

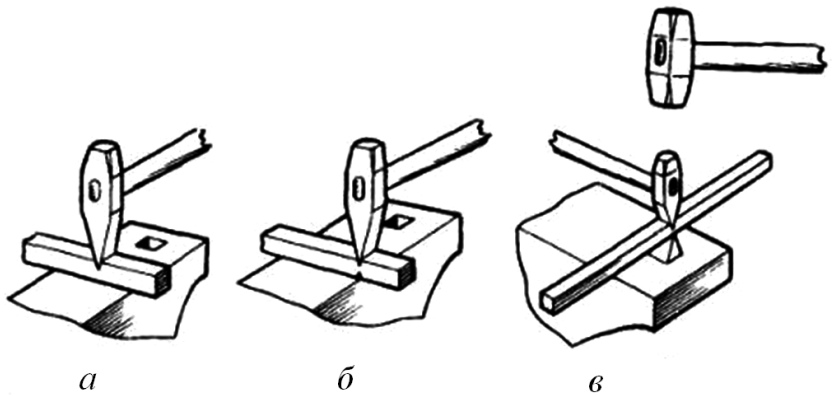
Толстые и широкие полосы и прутки, а также заготовки из легированных сталей отрубают в горячем состоянии. Заготовки из углеродистых сталей перед отрубыванием нагревают до температуры 700 °С (до светло-вишневого цвета каления), легированные и специальные сплавы – не ниже чем до 800 °С. При более низкой температуре в процессе отрубывания в торцах заготовки в месте внедрения зубила возникают значительные напряжения, которые могут привести к образованию трещин. При дальнейшей обработке эти трещины могут перейти в тело детали, приводя к браку, а возможно, и к поломке детали в процессе ее эксплуатации.

При горячем отрубывании нагретую заготовку клещами укладывают на наличник наковальни (рис. 4.44, *а*), а зубило устанавливают строго вертикально на место отрубывания. Молотобоец несколькими ударами выполняет операцию надрубывания, внедряя кузнечное зубило на 3/4 толщины заготовки. Затем заготовку переворачивают на 180°, зубило устанавливают вертикально против надруба и ударами кувалды отделяют от заготовки часть нужной длины. Перед последним ударом заготовку следует переместить на край наковальни, рис. 4.44, *б*. Отрубывание заготовок больших сечений ведут равномерно со всех сторон; после необходимого количества ударов кувалдой заготовку поворачивают.

Производительность труда при отрубывании можно повысить, применяя при работе подсечку, рис. 4.44, *в*. Кузнец на нагретой заготовке намечает место отрубывания, затем кладет заготовку на подсечку напротив отметки для отрубывания, а сверху как можно точнее над лезвием подсечки устанавливает кузнечное зубило. Несколькими ударами молотобоец внедряет зубило в заготовку. Одновременно в заготовку снизу внедряется и лезвие подсечки. Количество и сила ударов должны быть такими, чтобы между зубилом и подсечкой оставалась небольшая перемычка. Отрубывание заканчивают на краю наковальни, на-

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

нося несильный удар по зубилу, вставленному в надруб заготовки. В процессе работы с подсечкой кузнец должен направлять зубило так, чтобы оно находилось все время напротив лезвия подсечки.



а *б* *в*

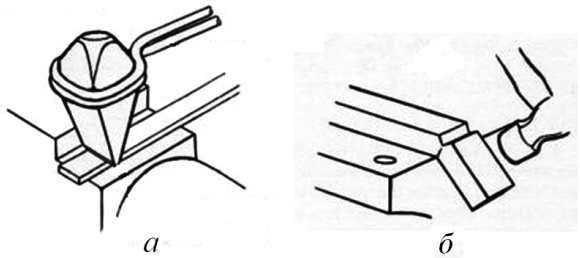
Рис. 4.44. Схема рубки прутка на наковальне: *а* – надрубка; *б* – момент последнего удара по заготовке; *в* – разрубка с водсечкой

При разрубывании полосовой заготовки вдоль под нее на наковальню кладут лист из мягкой стали (рис. 4.45), что предохраняет поверхность наковальни и режущую кромку зубила от повреждений. Рубку ведут от края заготовки, постепенно перемещая зубило.

Перед отрубыванием без нагрева заготовки кузнец мелом отмечает место отрубывания, левой рукой берет заготовку и ровно кладет ее на наковальню, а правой рукой устанавливает на заготовку кузнечное зубило (для увеличения стойкости кузнечного зубила лезвие последнего при холодном отрубывании смазывают машинным маслом). Молотобоец ударом кувалды внедряет зубило в заготовку примерно на половину ее толщины, выполняя операцию надрубки (рис. 4.46, *а*). Затем кузнец поворачивает заготовку на 180° и устанавливает зубило над местом надруба.

Рис. 4.45. Разрубка полосы

Несколькими ударами по зубилу молотобоец отрубает подлежащую отделению часть заготовки, однако перед последним ударом кузнец передвигает заготовку к краю наковальни так, чтобы линия отрубывания совпадала с боковой кромкой наковальни. Желательно не полностью отрубать часть заготовки, а оставлять тонкую перемычку и отламывать конец на краю наковальни.



а *б*

Рис. 4.46. Надрубка полосы (*а*) и отламывание надрубленной части (*б*)

Отрубывание толстых полос в холодном состоянии – операция длительная и трудоемкая, инструмент часто выходит из строя и его надо регулярно восстанавливать. Отрубывание заготовок из легированных сталей в холодном состоянии недопустима, так как в них в местах внедрения инструмента образуются трещины, в дальнейшем приводящие к браку.

После разрубки на концах (торцах) поковок, как правило, остаются уступы, которые удаляют отрубкой. Для этого поковку переворачивают, ставят на уступ под некоторым углом зубило, осторожно ударами молотком делают надруб, а затем зубило устанавливают в месте надруба вертикально и отрубают выступ окончательно. Таким образом удается получить поковку с ровным торцом.

В процессе отрубывания, надрубывания и разрубывания под действием зубила при его внедрении нижняя часть заготовки пластически деформируется, что ведет к искажению формы ее торца. Деформация чаще всего наблюдается при горячем отрубывании, а также

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

при холодном отрубывании заготовок из пластичных металлов. Вследствие этого после отрубывания нужно производить правку торца заготовки.

Рубка металла при машинной ковке. Рубка тяжелых и крупногабаритных заготовок производится на пневматических молотах с помощью топоров и квадратов.

При рубке с одной стороны, заготовку *2* (рис.4.47, *а*) устанавливают на нижний боек *1*, затем на линию, намеченную для рубки, накладывают топор *3* и наносят легкие удары верхним бойком *4* по обуху топора. В образовавшуюся под давлением топора канавку на заготовке насыпают толченого угля, снова накладывают топор и сильными ударами верхнего бойка продавливают топор на такую глубину, чтобы осталась непрорубленная часть заготовки не толще квадрата. После этого заготовку поворачивают на 180°, вместо топора берут квадрат *5*, устанавливают его на непрорубленную часть и ударами верхнего бойка по квадрату окончательно разрубывают заготовку.

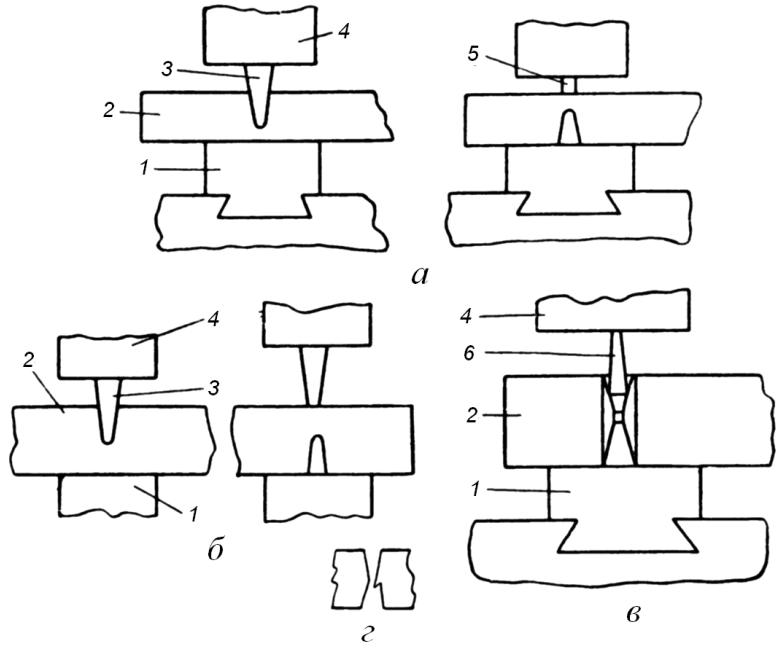


Рис. 4.47. Рубка металла при машинной ковке: *а* – с одной стороны; *б* – с двух сторон; *в* – с четырех сторон; *г* – торцы заготовки с заусенцами в месте разруба; *1* – нижний боек; *2* – заготовка; *3* – топор; *4* – верхний боек; *5* – квадрат; *6* – пластинчатая раскатка

Рубка с двух сторон (рис. 4.47, *б*) применяется при работе с заготовками значительной толщины (свыше 100 мм). Процесс выполнения ее такой же, как и при рубке с одной стороны, но квадрат не применяется. Надрубка с обеих сторон производится топором; с каждой стороны заготовка надрубается на половину ее толщины.

Когда при рубке крупногабаритных заготовок желают избежать заусенцев, образующихся в местах разрубки, применяют рубку с четырех сторон, рис. 4.47, *в*. После того как будут сделаны топором надрубы на заготовке с четырех сторон, в месте разрубки образуется перемычка, на которую накладывают пластинчатую раскатку *6*, наносят по ней удары верхним бойком, и перемычка выпадает в виде выдры.

Гибка металла. Гибкой называется кузнечная операция, посредством которой заготовка изгибается в соответствии с заданной формой. При выполнении этой операции иногда искажается первоначальная форма поперечного сечения заготовки и происходит так называемая утяжка металла, рис. 4.48, *а*. Верхние (наружные) слои металла вытягиваются, а нижние сжимаются. Поперечное сечение круглой заготовки получает овальную форму (рис. 4.48, *б*); сечения прямоугольной формы (квадрат, прямоугольник) вверху сужаются, а внизу расширяются, рис. 4.48, *в*.

Гибка заготовки при ковке может осуществляться на наковальне с помощью ручника (рис. 4.49, *а*) или в подкладном нижнике, рис. 4.49, *б*.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

В первом случае заготовку укладывают на наковальне, прижимают кувалдой и ударами по свободному концу изгибают на кромке наличника или на роге наковальни. Для партии заготовок применяют подкладные приспособления. Инструментом для гибки служат скобы, оправки, колодки.

В зависимости от форм исходной заготовки (пруток, полоса, лист) и изготовляемой поковки пользуются различными приемами гибки, которые должны обеспечивать получение поковок без трещин, а также без искажения формы поперечного сечения и утяжки в месте изгиба. Перед гибкой заготовку нагревают до ковочной температуры, причем если есть возможность, то нагрев осуществляют только в месте изгиба.

Для того чтобы устранить искажение формы поперечного сечения и не допустить уменьшения площади поперечного сечения поковки в месте изгиба, применяют различные способы.

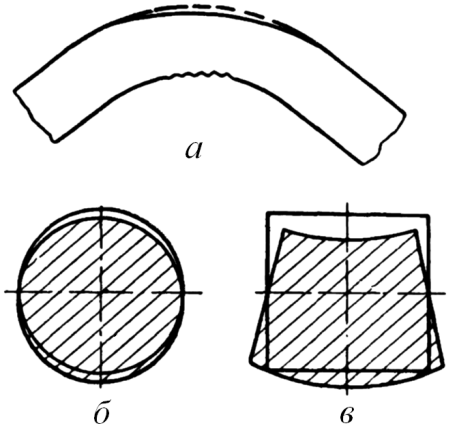


Рис. 4.48. Утяжка металла при гибке: *а* – на участках гибки; *б* – искажение круглого сечения; *в* – искажение квадратного сечения

Способ предварительной подготовки. Для того чтобы заготовка в месте изгиба не имела утяжки, участок, подвергаемый гибке, с внешней стороны должен иметь утолщение на величину уменьшения сечения при гибке, рис. 4.50. Оно может быть получено высадкой средней части заготовки или путем протяжки ее концов и сохранения первоначального сечения в месте изгиба. Заготовку *3* с утолщением кладут на наличник наковальни *1*, сверху на нее ставят кувалду *2* и ударами ручника изгибают на нужный угол.

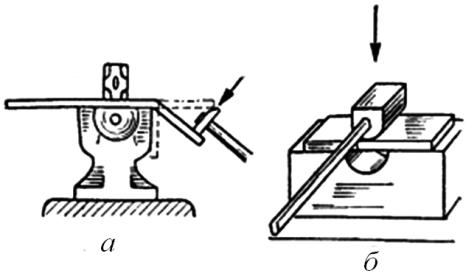


Рис. 4.49. Прием гибки при ручной ковке: *а* – при помощи ручника; *б* – в подкладном нижнике

Для местной высадки длинной заготовки участок гибки нагревают до ковочной температуры, затем одним концом заготовки ударяют по толстой металлической плите (направление удара должно быть перпендикулярно плите). Под действием инерционных сил верхнего конца нагретое место осаживается. Подобную высадку можно выполнить, оперев заготовку о наковальню и нанося сбоку удары по торцу второго конца.

Способ последующей высадки применяют при гибке коротких заготовок. В этом случае подсадку, т.е. набор металла в зоне изгиба, ведут после выполнения гибки путем нанесения ударов по короткой стороне.

Если нужно изогнуть короткую заготовку, целесообразно сначала выполнить гибку, а затем путем последующей высадки в месте изгиба осуществить набор металла (рис. 4.51, *а*), нанося удары по торцу изогнутой части заготовки. После высадки деформированную часть заготовки правят.

Изготовление изогнутой поковки с острым углом осуществляется в четыре перехода. Сначала высаживают утолщение в месте изгиба, затем (например, вставив заготовку в отверстие наковальни) ударами кувалдой или ручником изгибают заготовку на нужный угол. Третий переход, называемый «протяжкой угла», осуществляют с целью перемещения предварительно набранного металла в направлении вершины острого угла. Протяжку выполняют на наковальне ударами ручника или кувал-

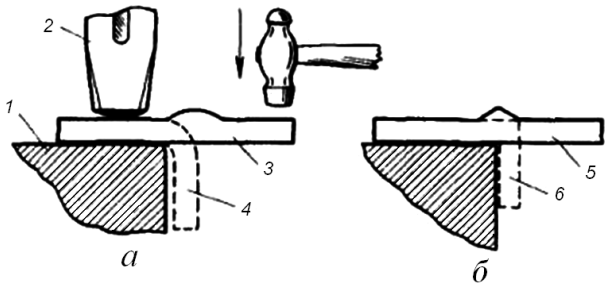


Рис. 4.50. Форма высадки: *а* – для овального угла; *б* – для острого угла; *1* – наковальня; *2* – кувалда; *3*, *5* – заготовки; *4*, *6* – поковки

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ды в направлении вершины угла, как показано стрелкой на рис. 4.51.*б*. Такие удары обеспечивают течение металла в направлении острого угла заготовки.

Для облегчения окончательной отделки угла рекомендуется: при гибке поковки *4* с закругленной внешней поверхностью (рис. 4.51, *а*) исходную заготовку *3* высаживать с закругленным утолщением; при гибке поковки *6* с острой внешней кромкой заготовку высаживать по форме *5*.

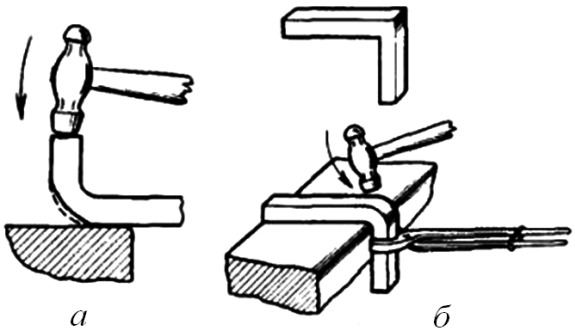


Рис. 4.51. Способы ликвидации утяжки: *а* – на заготовке; *б* – на поковке

Способ попеременной высадки и гибки наиболее широко применяется при ручной ковке.

Этот способ заключается в том, что после изгиба на незначительный угол заготовку подвергают осадке с последующим чередованием гибки и высадки до тех пор, пока не будет достигнут заданный угол изгиба, рис. 4.52.

Выбор способа гибки и используемого инструмента зависит от формы изготовляемой поковки.

Гибку полосовой заготовки можно осуществлять как на наковальне без дополнительного инструмента, так и пользуясь специальными приспособлениями и инструментом. При гибке полосы на наличнике наковальни применяют кувалду и ручник, а при гибке на роге наковальни – либо ручник, либо кувалду.

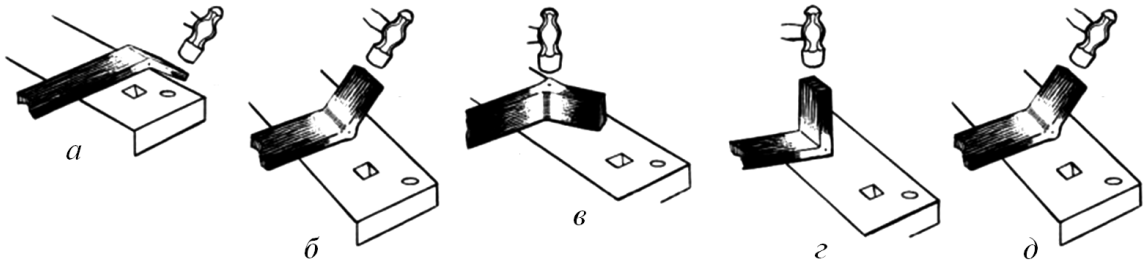


Рис. 4.52. Попеременная высадка и гибка угла: *а- д* – этапы гибки

При гибке полосы с использованием углового нижника (рис. 4.53, *а*) последний хвостовиком вставляют в квадратное отверстие наковальни, кладут на него заготовку, а на заготовку посередине паза нижника устанавливают соответствующую подбойку. Затем несильными ударами кувалдой производят гибку полосы.

Гибка в нужнике с помощью подбойки применяется для образования главным образом прямых углов на полосовой стали. При гибке полосы с закругленным внешним углом изгиба пользуются нижником с полукруглым пазом.

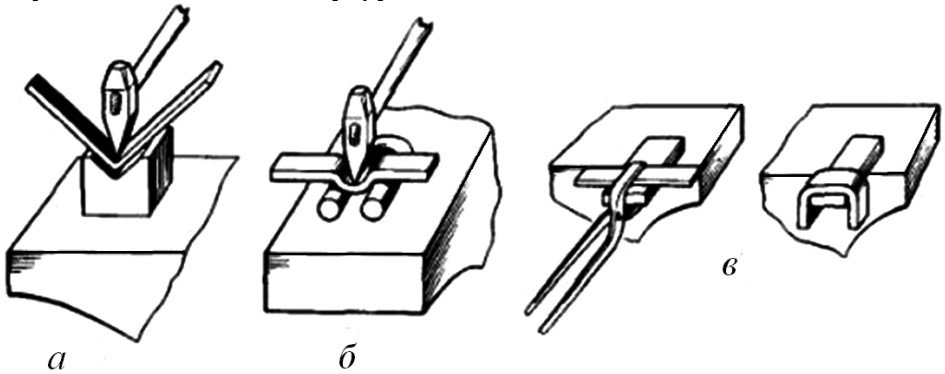


Рис. 4.53. Приемы гибки с использованием дополнительного инструмента: *а* – нижника; *б* – подкладной скобы; *в* – опоры

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

При выполнении предварительной гибки заготовок часто пользуются универсальными приспособлениями. На рис. 4.53, *б* показан прием гибки на подкладной скобе, которую крепят изогнутым концом в квадратном отверстии наковальни. Изгибаемую полосу кладут перпендикулярно ребрам скобы и с помощью подбойки кувалдой осуществляют предварительную гибку.

При изготовлении небольших гнутых поковок из полосового материала, например П-образной поковки, пользуются оправками в форме брусков прямоугольного сечения, рис. 4.54, *в*. Оправку с зажатой клещами заготовкой устанавливают на край наковальни и, используя как опору, ручником выполняют гибку.

Гибку круглого или квадратного прутка осуществляют либо в вилке (рис. 4.54, *а*), вставленной хвостовиком в квадратное отверстие наковальни, либо на плите с помощью переставных шпилек и рычага, рис. 4.54, *б*. Переставляя шпильки и подбирая для них соответствующие места на плите, пруток можно изогнуть практически на любой угол.

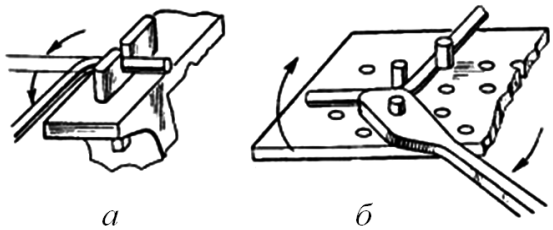


Рис. 4.54. Способ гибки на скобе (*а*) и на плите с помощью переставных шпилек и рычага (*б*)

Операцию гибки ушка (рис. 4.55, *а*) небольшого размера на конце круглого прутка выполняют на роге у самого носка наковальни с помощью ручника. Нагретый пруток укладывают на ребро наковальни и конец, равный развернутой длине ушка, отгибают в низ под угол 60-80°, рис. 4.55, *б*. Охлаждают место перегиба водой, рис. 4.55, *в*. Загнутую заготовку накладывают (перевернув ее на 180°) поперек носка наковальни на участке, диаметр которого близок к диаметру отверстия ушка и загибают ушко, рис. 4.55, *г-д*. Отделку ушка ведут на наличнике наковальни (рис. 4.55, *е*), легкими ударами ручника, чтобы сохранить размер исходной заготовки. Всю операцию гибки ушка проводят в быстром темпе с одного нагрева.

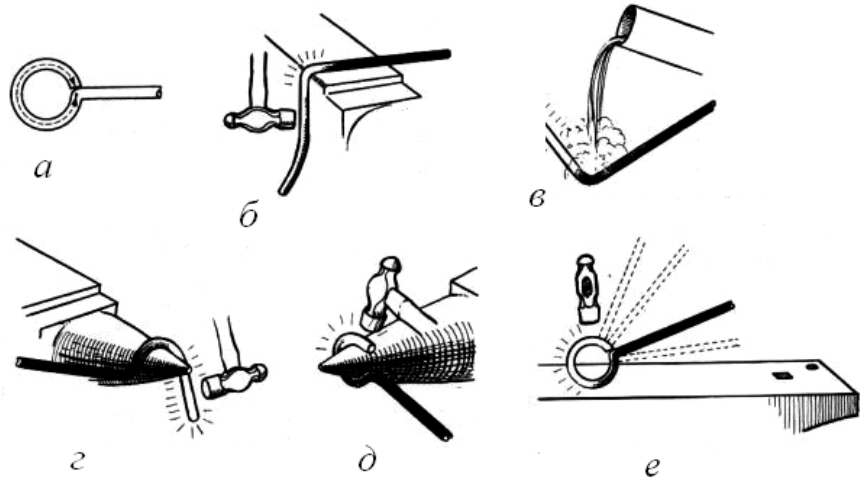


Рис. 4.55. Гибка ушка: *а* – чертеж ушка; *б* – отгибание прута на ребре наличника; *в* – охлаждение места гиба; *г-д* – загибание ушка; *е* – отделка ушка

Закручивание металла. Одним из видов кузнечной гибки является закручивание (кручение), т.е. поворот одной части заготовки по отношению к другой на заданный угол вокруг общей оси. Например, поворот одного колена коленчатого вала по отношению к другому, расположенному в другой плоскости, производится посредством закручивания. Спиральные сверла (бурава) изготовляют также способом закручивания.

Операция закручивания применяется как при ручной, так и при машинной ковке и выполняется во время процесса ковки или после изготовления поковки, когда все ее части расположены в одной плоскости.

При выполнении операции закручивания следует учитывать некоторые ее особенности:

- уменьшение длины исходной заготовки на участке закручивания;

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- появление продольных трещин при больших углах закручивания, а также при закручивании низкопластичных металлов;
- необходимость нагрева участка, подлежащего закручиванию, до максимально допустимой температуры и равномерного прогрева его по всей длине.

Закручивание небольших поковок производится с помощью слесарных тисков и клещей. Один из концов участка поковки, подлежащего закручиванию, зажимают в тисках, а другой захватывают клещами и поворачивают на требуемый угол.

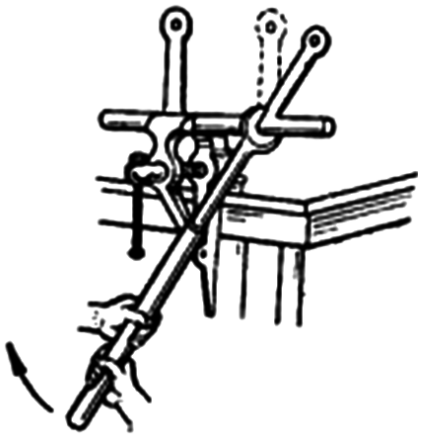


Рис. 4.56. Прием закручивания металла

Изготовление поковок типа передаточного вала с развилинами (рис. 4.56) осуществляется в две стадии. Сначала изготовляют поковку вала с развилинами в одной плоскости. Затем один конец поковки зажимают в тисках, а второй с помощью вилки или воротка скручивают так, чтобы развилины развернулись друг относительно друга на требуемый угол. При скручивании заготовок большого сечения на вилку надевают надставку в виде трубы.

Скручивание на большой угол сопровождается заметным уменьшением длины заготовки в зоне скручивания и, кроме того, возможно появление продольных трещин на металле (последнее особенно характерно для заготовок из низкопластичных сплавов).

Участок, подвергаемый скручиванию, должен иметь одинаковые поперечные размеры на всей длине. Поверхность деформируемого участка должна быть гладкой, без складок, трещин, глубоких царапин. Так, при изготовлении деталей ответственного назначения скручиваемый участок заготовки должен быть предварительно обработан на токарном станке. Подготовленную для скручивания заготовку или только ее деформируемую часть нагревают равномерно по сечению и длине до температуры максимальной пластичности (как правило, до температуры начала ковки). Для того чтобы после скручивания поковку при остывании не коробило, а также для снижения остаточных напряжений поковку следует охлаждать медленно, а еще лучше подвергнуть ее дополнительному отжигу.

С увеличением площади поперечного сечения заготовки необходимый для скручивания крутящий момент увеличивается.

Кузнечная сварка. Кузнечной сваркой называется кузнечная операция, посредством которой ударами кувалды или бойка соединяются в одно целое отдельные части или концы заготовок, нагретые до температуры, близкой к температуре начала плавления (тестообразное состояние металла).

Кузнечная сварка широко применяется в ремонтных работах и в тех случаях, когда невозможно отковать какое-либо изделие целиком.

Свойством свариваемости при кузнечной обработке обладают не все металлы. Сталь обладает этим свойством, но не все сорта стали одинаково хорошо свариваются. Так, стали с содержанием углерода до 0,25% свариваются хорошо, а стали с содержанием углерода 0,45% почти не свариваются. Все примеси, особенно сера и фосфор, снижают свариваемость стали. Для обеспечения хорошей сварки рекомендуется применять стали со следующим предельным содержанием примесей: кремния не более 0,2%, марганца не более 0,6-0,8%, серы и фосфора не более 0,05%.

Процесс кузнечной сварки состоит из следующих отдельных операций:

- подготовка свариваемых концов детали;
- нагрев их для сварки;
- стыкование концов и сварка их;
- проковка и отделка сварных швов.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Подготовка свариваемых концов заключается в том, что они проковываются и высаживаются для того, чтобы получить ровную мелкозернистую структуру и для того, чтобы после сварки получить то же сечение в месте сварки, которое было у свариваемых концов до сварки.

Нагрев свариваемых концов производится до температуры в пределах 1275-1350 °С. Чем больше в стали углерода или примесей, тем ниже должна быть температура нагрева для сварки, и наоборот. Степень нагрева металла для сварки определяют на глаз или с помощью оптических пирометров. Малоуглеродистая сталь нагревается до ослепительно белого цвета, сталь со значительным содержанием углерода (свыше 0,30%) – до белого цвета с желтоватым оттенком.

При нагреве для сварки особое внимание должно быть обращено на то, чтобы после выноса нагретых концов из горна с них можно было легко удалить окалину и этим обеспечить тесное соприкосновение свариваемых поверхностей. Для этой цели при нагреве обычно применяют сварочные флюсы в виде порошка, которым присыпают в горне нагреваемые концы. Флюсы быстро плавятся, образуя шлак, который растворяет окалину на поверхности свариваемых концов, препятствуя дальнейшему их окислению. Шлак легко удаляется с нагретых концов специальным скребком, кузнечным молотком или ударами концов о наковальню.

Кроме того, при нагреве должно быть обращено особое внимание на недопустимость пережога свариваемых концов, так как пережог приведет к неисправимому браку и самих концов и сварочного соединения. Первый признак пережога – большое количество белых ослепительных звездочек в горне (печи). Для предупреждения пережога следует тщательно наблюдать за цветом нагреваемых концов и при появлении звездочек вынимать металл из горна. После такого нагрева металл становится тестообразным и это является одним из главных условий прочности сварочного соединения.

В качестве сварочных флюсов применяют мелкий просеянный речной песок, буру, поваренную соль или смеси этих веществ (чаще всего – речной песок с бурой или речной песок с поваренной солью).

Для изготовления смеси, используемой в качестве флюса, принимают по массе (примерно): речного песка 85-90% и буры 15-10% или речного песка 70-75% и поваренной соли 30-25%.

После нагрева и очистки от шлака производят соединение концов. Для этого один из свариваемых концов накладывают на другой и наносят по месту сварки сначала слабые, но частые удары кувалдой (или ручным молотком), а затем сильные удары для того, чтобы добиться тесного соприкосновения свариваемых поверхностей при наивысшей температуре. Первые (слабые и частые) удары следует наносить обязательно с середины свариваемого места, так как при этом выжимаются случайно оставшиеся частицы шлака, наличие которых может препятствовать плотному соприкосновению свариваемых поверхностей и которые надо удалить.

После соединения приступают к проковке и отделке сварного шва. Сваренный участок следует хорошо проковать для того, чтобы структура стали стала мелкозернистой. Нередко для проковки и окончательной отделки сваренный участок подогревают до ковочной температуры.

Для окончательной отделки сваренного участка поверхность его обжимают, заглаживают и обкатывают с помощью обжимок, подкладных штампов и обкаток в зависимости от формы поперечного сечения сваренного места.

Способы кузнечной сварки. На практике применяют следующие способы кузнечной сварки: внахлестку, вразруб, в стык, врасщеп. Выбор того или иного способа сварки зависит от формы и величины поперечного сечения свариваемых концов, требований прочности и других условий. Прочность участков, свариваемых различными способами, различна и колеблется в пределах 60-85% от прочности сплошного металла.

Сварка внахлестку (в напуск) является одним из наиболее надежных способов. При ручной ковке этот способ можно применять для сварки концов диаметром до 60 мм, а при

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

машинной ковке – до 120 мм. Концы заготовок нагревают и высаживают, затем оттягивают языки, рис. 4.57, *а*. После этого языки (лацканы) нагревают до сварочной температуры, очищают от шлака, накладывают один на другой и ударами кувалды или бойка молота соединяют, сваривают и вытягивают под размеры свариваемых заготовок.

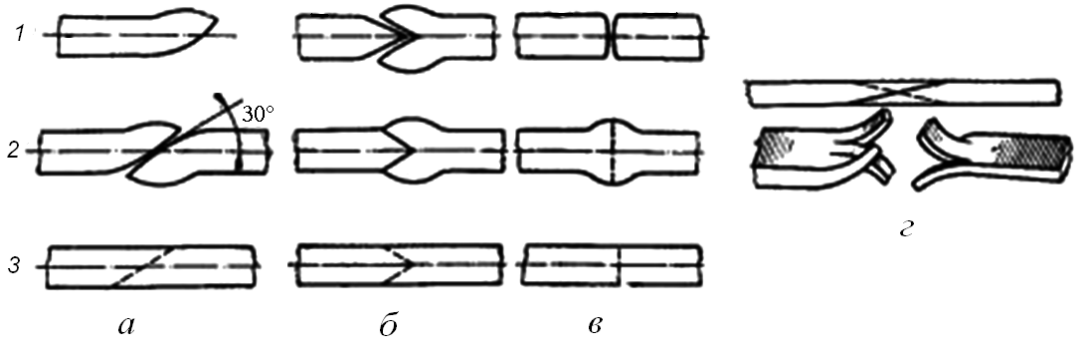


Рис. 4.57. Кузнечная сварка: *а* – внахлест; *б* – вразруб; *в* – в стык; *г* – врасщеп; *1-3* – порядок выполнения работы

Сварка вразруб (в замок, в лапу, в обхват). Это тоже один из надежных способов сварки, применяемый для концов с крупным поперечным сечением, рис. 4.57, *б*.

Процесс сварки вразруб ведется в следующем порядке. Свариваемый конец нагревают до ковочной температуры, высаживают и разрубывают; разрубленные концы несколько разводят в стороны для того, чтобы второй конец мог разместиться между ними. Второй конец высаживают и заостряют. После этого оба конца нагревают до сварочной температуры, очищают от шлака, заостренный конец вводят в разруб второго конца, ударами кувалды или верхнего бойка концы сжимают и проковывают место сварки. Окончательная отделка сваренного места производится при помощи подкладных штампов, обжимок и гладилок.

Сварка в стык. Этот способ сварки менее надежен, чем описанные выше, и применяется в тех случаях, когда почему-либо нельзя применить сварку внахлестку или вразруб. Для сварки в стык оба конца нагревают, высаживают (рис. 4.57, *в*) и торцы высаженных концов несколько закругляют, чтобы легче было при сварке выжать шлак из середины овальной части конца. Затем оба конца нагревают до сварочной температуры и устанавливают на наковальне один над другим. Молотобоец держит нижний конец, а кузнец, удерживая верхний конец, ударяет по холодному его торцу кузнечным молотком. Под ударами молотка концы свариваются, после чего место сварки проковывают. При сварке длинных концов их после нагрева укладывают на наковальню в горизонтальном положении и наносят удары кувалдой или молотком по холодным торцам, после чего место сварки проковывают.

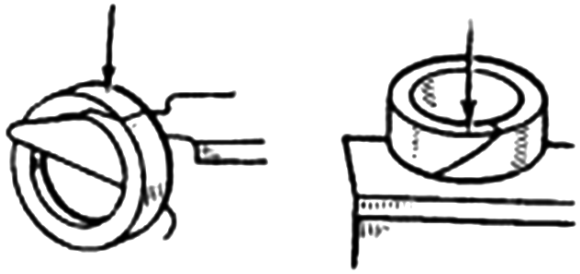
Сварка врасщеп. Сварку стальных полос незначительной толщины (5-10 мм) можно, производить внахлестку без высадки концов, но лучше применять способ сварки врасщеп, рис. 4.57, *г*. Свариваемые концы полос разрубают зубилом по ширине на три равные части, отгибают, нагревают до сварочной температуры, очищают от шлака и складывают, как показано на рис. 4.57, *г*, затем ударами кувалды концы сжимают и проковывают.

Сварка колец. При небольшом сечении стенки кольца работу ведут ручной ковкой на наковальне. Вид кузнечной сварки принимают внахлестку. Отрубленную по размерам полосовую заготовку подвергают первому этапу – подготовке свариваемых концов. Концы полосовой заготовки поочередно нагревают и протягивают на клин. Затем всю заготовку нагревают и изгибают на роге наковальни, пригоняя оттянутые концы один к другому. После этого разводят концы, чтобы обеспечить доступ к их поверхности при подаче флюсов и возможность очистки их от шлаков, Подготовленную заготовку закладывают в горн и разогревают до сварочной температуры, предохраняя от окисления флюсами. Тщательно очищенную от шлаков заготовку надевают на рог наковальни и шов проковывают, рис, 4.58.

Качество сварки определяется прочностью сварного шва. Если прочность его составляет не менее 85% прочности основного металла, то сварка считается хорошей. Качество

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

сварки пруткового и полосового материала проверяют изгибом по месту сварного шва. Если при изгибе на шве не появятся трещины, то сварка считается удовлетворительной.



а *б*

Рис. 4.58. Схема кузнечной сварки колец и полосового материала: *а* – проковка шва на роге наковальни; *б* – проковка «на ребро» под бойками пневматического молота

4.5. Контроль качества ковки

Наружным осмотром поковки устанавливают, нет ли на ее поверхности трещин, рванин, нажимов, вмятин, заусенцев, а также брака, вызванного не до конца выполненными операциями по прошивке отверстий, обрезке облоя и других дефектов.

Контроль геометрических размеров поковок производится универсальным и специальным инструментом. Поковки, полученные ручной ковкой, чаще всего контролируют универсальным инструментом – штангенциркулем, кронциркулем и нутромером с секторной шкалой.

Высоту, ширину, длину, а также диаметр поковки измеряют линейкой, штангенциркулем, обычным кронциркулем или кронциркулем с секторной шкалой. Выбор измерительного инструмента зависит от габаритных размеров поковки и требуемой точности измерения. Контроль указанных размеров выполняют предельными скобами, прутковыми шаблонами и гребенками.

Контроль поковок на изгиб (кривизну) и коробление поверхностей осуществляют на плите путем измерения расстояния от контрольных поверхностей поковки до поверхности плиты. Коробление круглой поковки определяют, перекатывая ее по плите и измеряя прогиб.

Главными причинами дефектов поковок являются: недоброкачественный исходный металл слитка или заготовки; неправильные режимы нагрева слитка или заготовки; неправильные приемы ковки; несоблюдение режима охлаждения поковки после ковки; работа неисправным инструментом.

Поковки, изготовленные с отступлением от технических условий и требующие дополнительных работ для устранения выявленных в них пороков, называются дефектными.

К исправимым дефектам поковок относят: малые трещины, перегрев металла, нажимы и складки, если они не входят в контур детали. Нажимы и складки, если они не входят в контур детали, удаляют зачисткой на наждачном круге или вырубкой.

К неисправимым дефектам поковок относятся: глубокие продольные и поперечные трещины, рванины, рыхлость и неметаллические включения, пережог. Поковки с неисправимыми дефектами являются негодными и их бракуют.

Рванины представляют глубокие разрывы металла, расположенные поперек направления наибольшей вытяжки при ковке или под углом к нему. Рванины образуются при ковке перегретого и пережженного металла; при низкой температуре начала ковки слитков, имеющих крупнокристаллическое строение; при высоком содержании серы в металле; при повышенном содержании меди; при плохом качестве металла. Рванины иногда располагаются с правильной ориентировкой, напоминая рыбью чешую. Причиной рванин часто служит повышенная газонасыщенность стали и, в частности, наличие в слитке подкорковых пузырей.

Возможные дефекты при вытяжных работах и способы их устранения.

- Наклеп образуется в виде твердого и хрупкого слоя металла на поверхности поковки, вследствие ковки при пониженной температуре. Для устранения этого дефекта поковку следует отжечь.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- Трещины. Появление трещин на поковках объясняется ковкой при низкой температуре или нарушением правильной последовательности переходов (например, при ковке квадратной заготовки сразу на круг). В большинстве случаев поковка с трещинами является неисправимым браком. Только неглубокие трещины можно устранить выточкой на наждачном круге.
- Изгиб заготовки во время ковки получается вследствие того, что удары кувалдой или молотом наносят по одной стороне заготовки или вследствие неравномерного нагрева заготовки. В местах, прогретых сильнее, заготовка изгибается от ударов кувалды или молота и принимает саблеобразную форму. Чтобы избежать этого дефекта, заготовку следует прогревать равномерно по всей длине и сечению и при вытяжке поворачивать через каждые один – три удара на 90°.

Дефекты при осадке. При выполнении операций осадки и высадки иногда обнаруживаются дефекты поковки – изгибы, наружные складки, косогранность и др., рис. 4.59. Эти дефекты в большинстве случаев являются результатом нарушения основных технологических требований: заготовка при осадке не поворачивалась вокруг вертикальной оси; удары наносились не по середине торца, а по краю; длина заготовки превышала допускаемую величину.

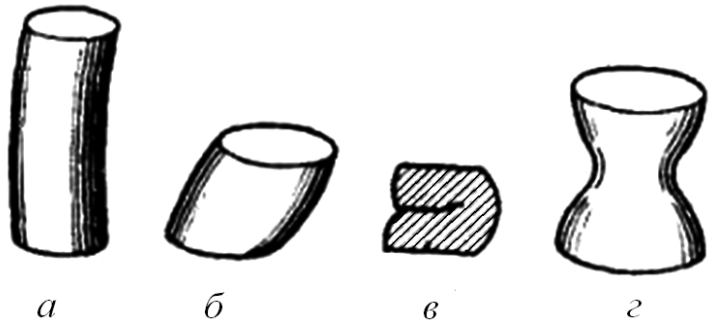


Рис. 4.59. Виды дефектов при осадке: *а* – продольный изгиб; *б* – косогранность; *в* – зажим; *г* – рюмкообразность

Изгибы выправляют ударами кувалды, неглубокие складки вырубывают зубилом или зачищают на наждаке. Косогранность, т.е. неправильное расположение граней поковки после полной осадки квадратной заготовки, можно выправить на наковальне ударами кувалды с предварительным подогревом поковки.

Дефекты при прошивке и пробивке. При неправильной прошивке и пробивке отверстий на поковках возможны следующие дефекты.

- Трещины по краям отверстия. Появляются вследствие недостаточного нагрева заготовки. Для предупреждения этого дефекта заготовку следует нагревать до температуры не менее 1000 °С.
- Заусенцы по краям отверстия на нижней стороне заготовки. Возникают вследствие того, что диаметр подкладного кольца значительно больше диаметра отверстия. Для предупреждения этого дефекта подкладное кольцо следует выбирать с отверстием, диаметр которого не превышает диаметра прошиваемого отверстия больше чем в 1,2 раза. Заусенцы можно удалить на наждаке.
- Смещение отверстия при пробивке или уклон в сторону при прошивке. Появляются вследствие неправильной установки бородка с обратной стороны заготовки или в результате того, что пробойник при прошивке был установлен не перпендикулярно к заготовке, а с наклоном в одну сторону. Для предупреждения этих дефектов необходимо тщательно проверять установку бородка или пробойника.
- Затяжка верхних краев отверстия вниз. Происходит вследствие того, что по пробойнику или бородку сразу наносились сильные удары кувалдой или бойком. Для устранения этого дефекта первые удары, наносимые по инструменту, должны быть легкими.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- Мятое отверстие со смещенной осью. Получается в результате сильного нагрева бородка от заготовки и искривления его. Для предупреждения этого дефекта бородок следует чаще вынимать из пробиваемого отверстия и охлаждать в воде.

Дефекты при гибке. Наиболее часто при гибке наблюдаются трещины, разрывы и утяжка металла.

- Трещины и разрывы металла. Появляются вследствие остывания или недостаточного нагрева заготовки при гибке. Неглубокие, поверхностные трещины можно устранить выточкой на наждаке. Глубокие трещины и разрывы являются неисправимым браком.
- Утяжка металла, т.е. уменьшение сечения заготовки на участке гибки. Является следствием того, что гибка производилась без предварительной высадки. Для предупреждения этого дефекта необходимо перед гибкой делать высадку заготовки в том месте, где предполагается гибка. Для устранения утяжки в готовой поковке следует нагреть ее на участке сгиба и произвести высадку.

Дефекты при скручивании. Операция скручивания в отличие от других операций основана на деформации одних слоев металла под действием других, расположенных на значительном расстоянии от первых. Например, металл в серединной части заготовки деформируется под действием крутящего момента, приложенного на некотором расстоянии от места деформации. Такая особенность операции может привести к дефекту в виде неравномерности деформации металла по длине. Чтобы металл деформировался одинаково на всех участках, необходимо отковать исходную заготовку, имеющую на всей длине одинаковое поперечное сечение. Аналогичный дефект может возникнуть в случае переохлаждения отдельных участков заготовки.

Неточность расстояния между развилинами возникает в том случае, если заготовку предварительно отковали без учета уменьшения длины скручиваемого участка.

Отклонение от параллельности развилин может быть вызвано искривлением продольной оси поковки в процессе скручивания, поэтому при выполнении операции следует следить за прямолинейностью поковки по длине. Лучшие результаты достигаются при скручивании заготовки воротком с двумя симметричными рукоятками.

Трещины на поверхности поковки могут образовываться и при достаточно высокой пластичности металла, если качество поверхности было низким. Имеющиеся дефекты, например волосовины, незаметные трещины, при скручивании раскрываются и приводят к браку. Во избежание этого исходные заготовки для скручивания должны иметь высокое качество поверхности и быть предварительно прокованными с достаточной степенью деформации.

Дефекты при сварке и способы их устранения. При выполнении кузнечной сварки наблюдаются следующие дефекты.

- Пережог свариваемых концов. Причина пережога – нагрев концов выше сварочной температуры. На концах появляются трещины, сварочный шов оказывается непрочным. Этот дефект является неисправимым браком.
- Сужение поперечного сечения в месте сварки. Является результат того, что свариваемые концы предварительно не высаживались или высаживались недостаточно и при проковке места сварки не хватило металла. Этот дефект неустраним. Поэтому вырубывают участок с суженным сечением и вновь сваривают концы.
- Неполная проварка. Состоит в том, что между сваренными поверхностями есть отдельные места (пятна), которые не соединились плотно, что делает сварочный шов непрочным и приводит к браку поковки. Этот дефект вызван плохой очисткой свариваемых поверхностей от шлака и окалины, которые заковываются и препятствуют образованию сплошного сварочного шва.

  Все поковки с неполной проваркой бракуются; места сварки следует разрубывать по шву и вновь сваривать.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

- Непрочный сварочный шов. Наблюдается при сварке сталей различных марок, резко отличающихся друг от друга по содержанию углерода. Причина этого дефекта заключается в неправильном нагреве свариваемых концов. Для его предупреждения нагрев обоих концов следует производить одновременно, но в различных горнах: конец с большим содержанием углерода нагревать до 1250-1275 °С, а конец с меньшим содержанием углерода – до 1300-1350 °С. При этих температурах оба свариваемых конца придут в пластичное состояние, необходимое для образования прочного шва.

Контрольные вопросы

1. Расскажите об устройстве кузницы.
2. Какие основные правила необходимо соблюдать перед началом работы в кузнице?
3. Какие основные правила техники безопасности необходимо соблюдать при выполнении кузнечных работ?
4. Какое оборудование для ручной ковки применяется в кузнице АПК?
5. Расскажите о назначении и устройстве пневматического молота.
6. Какие факторы оказывают влияние на течение металла в процессе ковки?
7. Как определить по внешним признакам излишек или недостаток подаваемого в печь или горн воздуха?
8. Какое топливо является наиболее подходящим для кузницы и почему?
9. Какова температура начала ковки для стали и цветных металлов?
10. Как устроен кузнечный горн?
11. Дайте краткое описание основных кузнечных операций и основного кузнечного инструмента, применяемого для ручной ковки.
12. Почему всегда следует сначала вести вытяжку металла на квадрат?
13. Перечислите виды вытяжных работ и вспомогательный инструмент для каждого вида вытяжных работ.
14. Какие дефекты возможны при выполнении вытяжных работ и как они устраняются?
15. Дайте краткое определение операции осадки и высадки.
16. Какие дефекты возможны при выполнении высадочных работ?
17. Дайте краткое определение операций прошивки и пробивки отверстий при ручной ковке.
18. Какие вспомогательные инструменты применяют для прошивки и пробивки отверстий?
19. Какие дефекты возможны при выполнении прошивки и пробивки отверстий?
20. Перечислите виды кузнечной рубки при ручной ковке и дайте краткое описание применяемых инструментов.
21. Перечислите виды кузнечной рубки при машинной ковке и дайте краткое описание применяемых инструментов.
22. Дайте краткое описание способов кузнечной гибки и инструментов, применяемых для гибки.
23. Перечислите и опишите способы закручивания металла и применяемые для этого приспособления.
24. Дайте краткое описание способов кузнечной сварки и укажите случаи их применения.
25. Какие правила техники безопасности следует соблюдать при ручной ковке?

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

Список литературы

1. Александров А.И., Кобяков Н.П. Разметочное дело – Новосибирск: Машгиз; 1953 г. – 262 с.
2. Биронт В.С. Теория термической обработки металлов: Учебное пособие – Красноярск: СФУ; 2007 г. – 629 с.
3. Винников И.З., Френкель М.И. Сверловщик: Учебник для индивидуальной и бригадной подготовки на производстве – М.; Высшая школа; 1971 г. – 288 с.
4. Горохов В.А. Справочник сельского ремонтника – Россельхозиздат; 1975 г. – 379 с.
5. Дубровский В.А. Пособие слесаря ремонтника – М.: Колос; 1973 г. – 239 с.
6. Козловский А.С. Жестяницкие работы – М.: Машгиз; 1955 г. – 136 с.
7. Крапивницкий Н.Н. – Общий курс слесарного дела – М.: Машгиз; 1963 г. – 407 с.
8. Комисаров В.И. Общий курс слесарного дела – М.: Трудрезервиздат; 1953 г. – 342 с.
9. Лихачев В.Л. Жестяночные и кровельные работы – М.: СОЛОН-Р; 2001 г. – 174 с.
10. Лихачев В.Л. Основы слесарного дела – М.: СОЛОН-ПРЕСС; 2008 г. – 608 с.
11. Макиенко Н.И. Слесарное дело – М.: Высшая школа; 1968 г. – 400 с.
12. Макиенко Н.И. Слесарное дело с основами материаловедения: Учебник для подготовки рабочих на производстве – М.: Высшая школа; 1973 г. – 464 с.
13. Макиенко Н.И. Практические работы по слесарному делу – М.: Высшая школа; 1982 г. – 207 с.
14. Макиенко Н.И. Практикум по слесарным работам: Учебное пособие для подготовки рабочих на производстве – М.: Машиностроение; 1983 г. – 220 с.
15. Попов В.М., Гладилина И.И. Сверловщик – М.: Трудрезевиздат; 1958 г. – 184 с.
16. Сысоев В.И. Справочник молодого сверловщика – М.: Профтехиздат; 1962 г. – 272 с.
17. Старичков В.С. Практикум по слесарным работам: Учебное пособие для подготовки рабочих на производстве – М.: Машиностроение; 1983 г. – 218 с.
18. Сухопаров А.А., Устинов Ю.Т. Слесарь по монтажу промышленного оборудования – М.: Машгиз; 1963 г. – 294 с.
19. Selvidge R.W. instruction manual for sheet-metal workers – America; 1925 г. – 167 с.
20. Шапиро А.А. Пособие для сельского кузнеца – М.: Высшая школа; 1967 г. – 176 с.

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР "СВОИМИ РУКАМИ - 2016" WWW.ENKOR.RU

ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

Учебное издание

Богатырев Николай Иванович
Лихачев Владимир Леонидович
Тарасенко Борис Федорович
Чеботарев Михаил Иванович

Слесарное дело

Учебное пособие

В авторской редакции.

Отпечатано с готового авторского оригинал-макета.
Компьютерная верстка — В.Л. Лихачев.

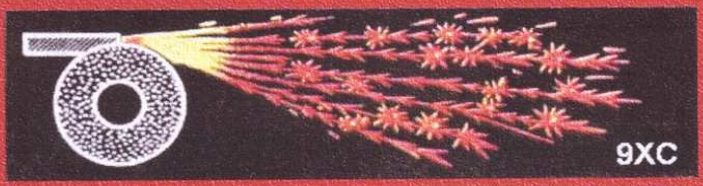
Подписано в печать 29.04.13. Формат 84x108 1/8.
Усл. печ. л. S9,0. Тираж 150 экз. Заказ 825
Отпечатано в типографии КубГАУ
350044, Краснодар, Калинина, 13

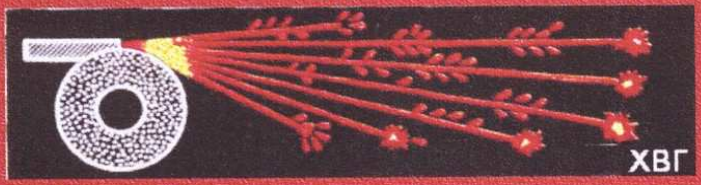
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

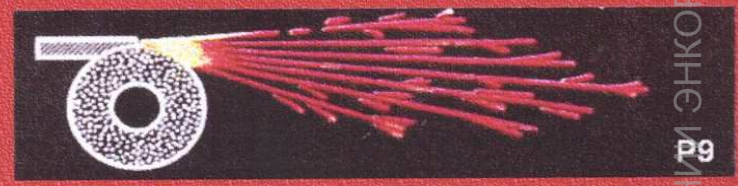
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

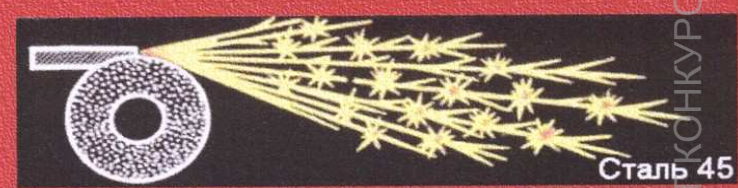
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU

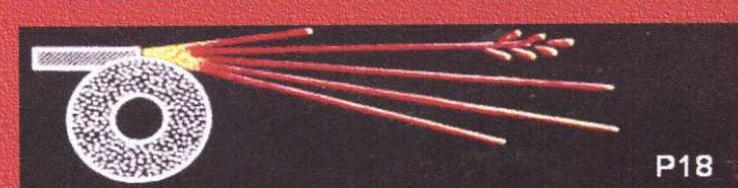
ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР “СВОИМИ РУКАМИ - 2016” WWW.ENKOR.RU











ЛАУРЕАТ КОНКУРСА КОМПАНИИ ЭНКОР СВОИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ ~2016" WWW.ENKOR.RU