Слесарь по ремонту технологических установок

СОДЕРЖАНИЕ

1. Слесарное дело
2. Материаловедение
3. Электротехника
4. Техническая подготовка ремонтных работ
5. Организация ремонтных служб на производстве
6. Грузоподъёмные машины, механизмы и приспособления

1. Слесарное дело

Основы слесарного дела

Слесарные работы состоят из разнообразных технологических операций: разметка, рубка, правка и гибка металлов, резка металлов ножовкой и ножницами, опиливание металла, сверление, зенкование и развертывание, нарезание резьбы, клепка, шабрение, притирка и доводка, паяние, лужение и др. Некоторые из перечисленных операций могут производиться и при горячем состоянии металлов (например, рубка, гибка, клепка). Многие слесарные операции могут выполняется не только ручным, но и механическим способом.

При изготовлении или обработке изделий из металлов слесарным способом важнейшие слесарные операции производятся в определенном порядке. Цель их заключается в придании куску металла (заготовке) формы, размера и состояния поверхности, которые по чертежу должно иметь готовое изделие. Сначала производятся слесарные операции по изготовлению или исправлению заготовки (резка, правка, гибка); их можно назвать подготовительными. Далее выполняется основная обработка заготовки, которая в большинстве случаев заключается в операциях рубки и опиливания; в результате обработки с заготовки снимаются лишние слои металла и она получает форму, размер и состояние поверхности, близкие или совпадающие с указанными на чертеже. Могут быть такие изделия, для изготовления которых требуются еще операции шабрения, шлифования, притирки, доводки, дающие возможность снимать с изготовляемого изделия последние, весьма тонкие слои металла.

Кроме того, детали могут быть соединены с другими, для чего выполняются операции сверления, зенкорования, нарезания резьбы, клепки, паяния. Эти операции обычно производятся после основной обработки, но перед шлифованием, притиркой и доводкой.

В зависимости от требований, предъявляемых к готовому изделию, могут также производиться дополнительные операции; цель их заключается в придании металлу, из которого сделано изделие, новых свойств: повышенной твердости или вязкости, устойчивости от разрушения – коррозии. К таким операциям относятся лужение, закалка, цементация, электронаплавка и др. В зависимости от того, в каком виде поступает для обработки изделие, некоторые операции могут совсем не производиться; однако взаимная связь и последовательность выполняемых операций не нарушается; более грубая обработка всегда предшествует более тонкой.

2.1. Разметка Разметкой называется операция нанесения на обрабатываемую деталь или заготовку рисок (контурных линий),

определяющих границы, до которых разрешается снимать излишние слои металла. Разность между размерами заготовки до и после обработки есть припуск на обработку. Припуски, последовательно удаляемые при определенных операциях обработки, называются операционными.

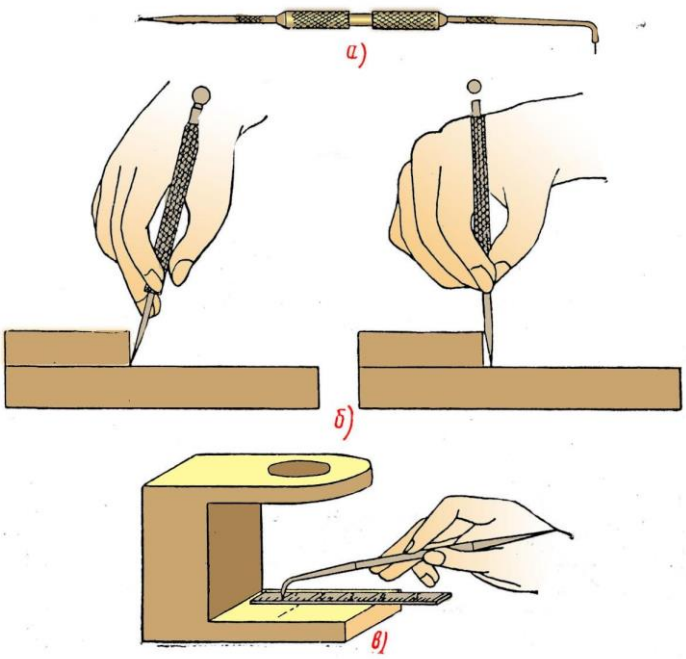
Точность разметки колеблется от 0,2 до 0,5мм. Степень точности разметки значительно влияет на точность дальнейшей обработки заготовки. Ошибки, допущенные при разметке, могут привести к тому, что окончательно обработанная деталь окажется браком. Но бывают и обратные случаи, когда заготовки, неточно отлитые и поэтому забракованные, можно исправить путем тщательной разметки, перераспределив припуски для каждой поверхности. Разметка делится на плоскостную и пространственную.

Плоскостная разметка выполняется на поверхностях плоских деталей, на полосовом и листовом материале, на поверхностях кованых и литых заготовок.

Пространственная разметка – это разметка поверхностей заготовки, расположенных в разных плоскостях под разными углами друг к другу.

Разметка выполняется с помощью различных инструментов и приспособлений, к которым относятся чертилка, циркуль, рейсмус, штангенрейсмус, масштабный высотомер, угольники, угольники-центроискатели, корнеры, колокол, молоток, разметочная плита. Чертилка употребляется для прочерчивания линий (рисок) на размечаемой поверхности по линейке, угольнику или шаблону. Риску проводят только один раз, она тогда получается чистой и правильной. Изготовляется из углеродистой инструментальной стали У10-У12. Концы ее на длине около 20мм закаливаются.

Чертилка и ее применение



а — чертилка, *б* — два положения чертилки при проведении риски: правильное (слева) и неправильное (справа), *в* — нанесение риски загнутым концом чертилки

Рис. 1

Циркуль служит для переноса линейных размеров с масштабной линейки на обрабатываемую деталь, деления линий на равные части, построения углов, разметки окружностей и кривых, для измерения расстояний между двумя точками с последующим определением размера по масштабной линейке. Существуют разметочные циркули простые (рис. 2а) и пружинные (рис. 2б). Простой циркуль состоит из двух соединенных шарнирно ножек 1, цельных или со вставными иглами. Для закрепления раскрытых ножек в требуемом положении на одной из них прикреплена дуга 3 с прорезью, а на другой – стопорный винт 2. 5

Циркули

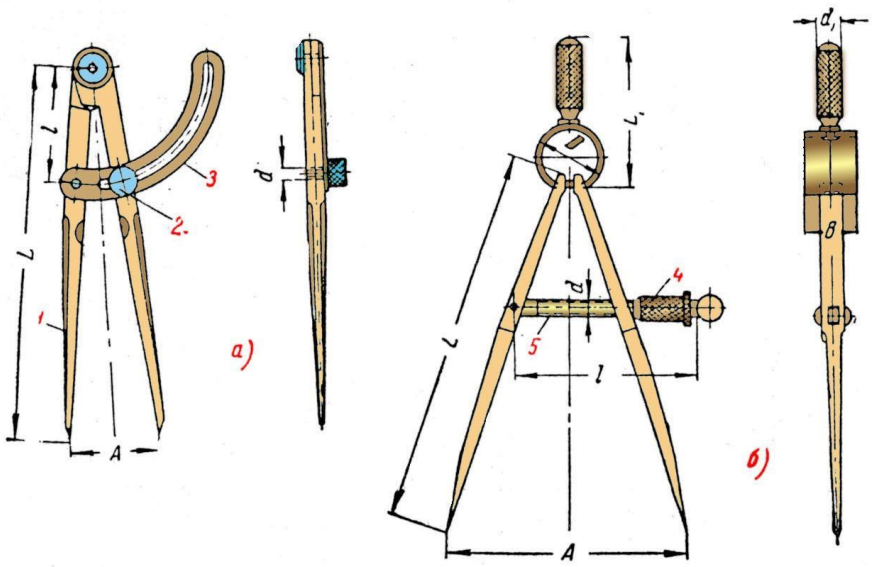


Рис. 2

У пружинного циркуля ножки соединены пружинным кольцом. Разведение и сближение ножек производят вращением в ту или иную сторону разъемной гайки 4 по установочному винту 5. Ножки циркуля изготовляют из стали марок 45 и 50. Концы рабочих частей ножек на длине около 20мм закаливают.

Рейсмус служит для проведения параллельных, вертикальных и горизонтальных линий, а также для проверки установки деталей на плите. Рейсмус (рис. 3) состоит из чугунного основания1, стойки 2 и чертилки 3. Чертилку можно закреплять на любом месте стойки, повертывать вокруг оси и наклонять под любым углом. 6

Общий вид рейсмуса

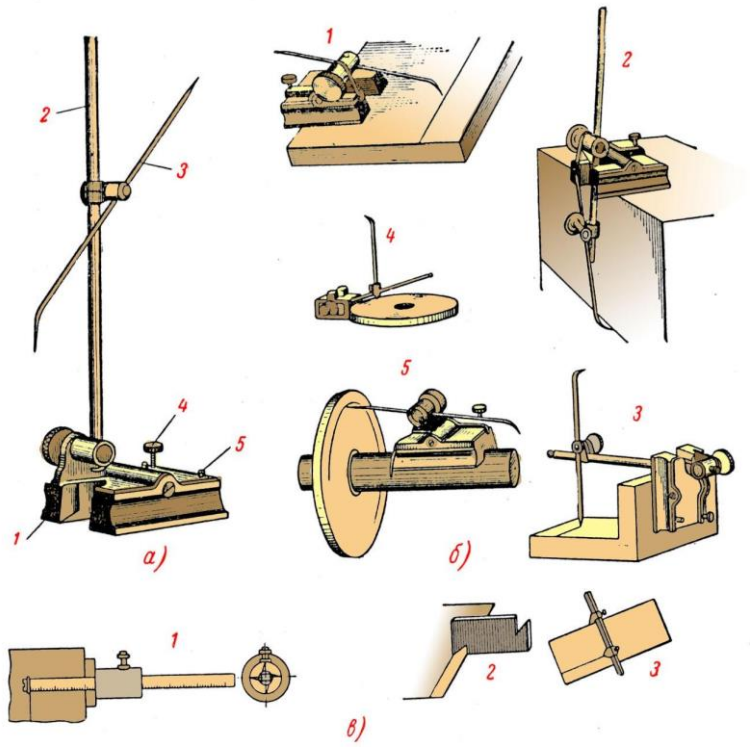


Рис. 3

1-основание; 2-стойка; 3-игла-чертилка; 4-установочный винт для подводки иглы на точную установку размера; 5-упорные штифты

Угольники-центроискатели применяются для нанесения рисок, проходящих через центр, на торцы круглых изделий. Угольник-центроискатель (рис. 4) состоит из двух планок, соединенных под углом, через середину угла проходит рабочее ребро линейки. Соединительная планка служит для жесткости прибора. 7 Угольник-центроискатель

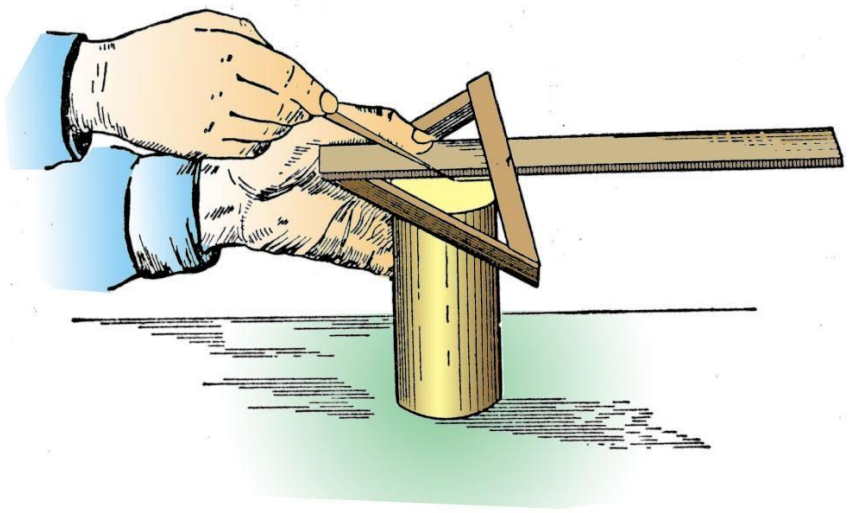
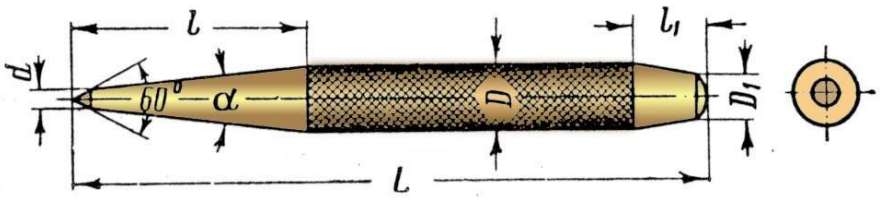


Рис. 4

При разметке центров, размечаемую деталь ставят на торец. На верхний торец накладывают угольник так, чтобы планки, соединенные под углом, касались детали. По линейке чертилкой проводят риску. Затем поворачивают деталь или угольник примерно на 900 и проводят вторую риску. Пересечение рисок определяет центр торца детали.

Кернер



(рис. 5) служит для нанесения небольших углублений на рисках. Этот инструмент представляет собой круглый с накаткой в средней части стержень, на одном конце которого имеется коническое острие с углом при вершине 45-600 ; другой конец кернера оттянут на конус; по этому концу при кернении наносят удары молотком. Кернер Рис. 5

Кернеры изготовляют из углеродистой инструментальной стали У7А. Их рабочую часть (острие) закаливают на длине около 20мм, а ударную часть на длине около 15мм. 8

Разметочная плита (рис. 6) – основное приспособление для разметки. Она представляет собой чугунную плиту с точно обработанными верхней поверхностью и боковыми сторонами.

Разметочная плита на столе

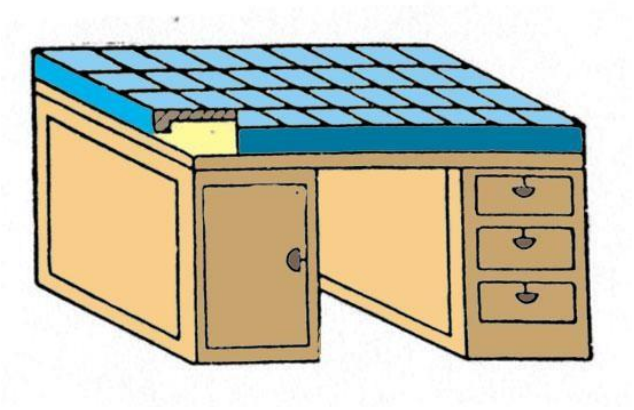


Рис. 6 На плоскости плиты устанавливают размечаемое изделие и производят разметку. При разметке употребляют различные приспособления в виде подкладок, призм, кубиков.

2.2. Основные этапы разметки

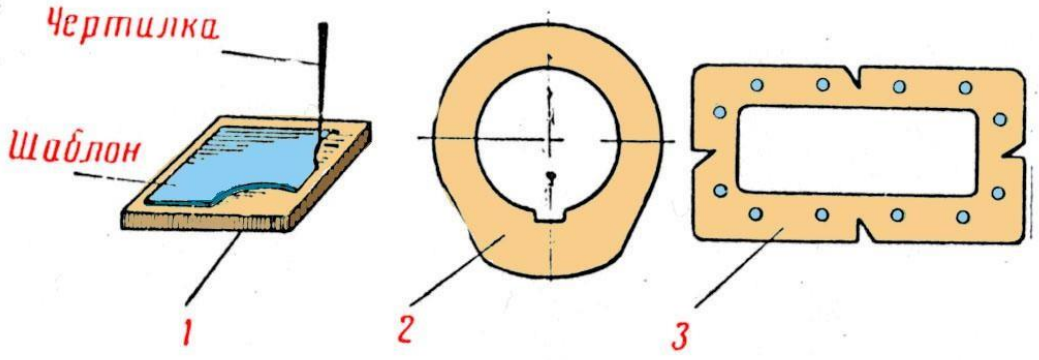
Перед разметкой заготовку осматривают, проверяя, нет ли у нее пороков – раковин, пузырей, трещин, перекосов, правильны ли ее размеры, достаточны ли припуски. После этого намеченную к разметке поверхность очищают от окалины и остатков формовочной земли и удаляют с нее неровности (бугорки, заусенцы), затем приступают к окрашиванию поверхности, чтобы разметочные линии были отчетливо видны при обработке. Черные, т.е. необработанные окрашивают мелом, свежесохнущими красками или лаками. Чисто обработанные поверхности – медным купоросом.

Перед нанесением на окрашенную поверхность разметочных рисок 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, центровые, средние, горизонтальные, вертикальные или наклонные. Если базой является наружная кромка (нижняя, верхняя или боковая), то ее нужно предварительно выровнять.

Риски обычно наносятся в следующем порядке: сначала проводят все горизонтальные риски, затем вертикальные, после этого наклонные и, наконец, окружности, дуги и закругления. Так как риски во время работы легко затереть руками, по линиям рисок набивают кернером небольшие углубления – керны. На обрабо- 9 танных поверхностях точных изделий разметочные линии не кернятся.

Разметка по шаблонам и по изделию шаблоном (рис. 7) называется простейшее приспособление, по которому изготовляют или проверяют однородные детали или изделия при серийном и массовом производстве. Разметочные шаблоны делают из листовой стали толщиной от 1,5 до 3мм. Разметка по шаблону значительно упрощает и ускоряет работу.

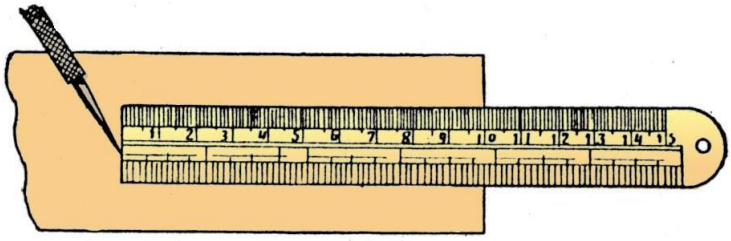
Шаблоны



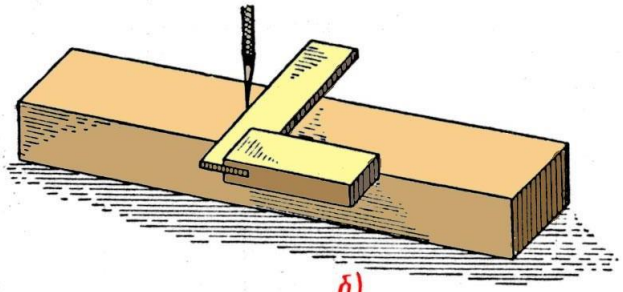
1 — для разметки контура плоской детали, *2* — для разметки шпоночного паза, *3* — для разметки отверстий

Рис. 7 Разметка линий от кромки детали. Наглядно этот способ показан на рис. 8 10

Разметка линий от кромки детали



а)



б)

а — засечка чертилкой метки по масштабной линейке, *б* — прочерчивание линии по угольнику

Рис. 8

Брак при разметке и меры его предупреждения. Брак может возникать как по причинам, не зависящим от разметчика, так и по его вине. Причины, не зависящие от разметчика – это работа по неверным чертежам, разметка на неправильной разметочной плите и неточных приспособлениях, пользование неточным или изношенным контрольно-измерительным инструментом.

Ошибка в размерах. Такая ошибка является результатом невнимательного чтения чертежа разметчиком, не разобравшемся в проставленных на чертеже размерах.

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.

Небрежная установка детали на разметочной плите, т.е. неточная выверка ее при новых установках.

Все эти ошибки разметки объясняются невнимательностью разметчика. После окончания разметки необходимо тщательно проверять правильность выполненной работы.

2.2. Рубка

Ударным инструментом при рубке служат слесарные и пневматические молотки, а режущим – зубила, крейцмейсели. Точность обработки, достигаемая при рубке, составляет 0,4-0,7мм. При помощи рубки можно производить:

- удаление (срезание) излишних слоев металла с поверхностей заготовок;

- выравнивание неровных и шероховатых поверхностей;

- удаление твердой корки и окалины;

- обрубание кромок и заусениц на кованых и литых заготовках;

- обрубание после сборки выступающих кромок листового материала, концов полос и уголков;

- разрубание на части листового и сортового материала;

- вырубание отверстий в листовом материале по намеченным контурам;

- прорубание кромок в стык под сварку;

- срубание головок заклепок при их удалении;

- вырубание смазочных канавок и шпоночных пазов.

Рубка производится в тисках на плите или на наковальне;

громоздкие детали могут обрабатываться рубкой в месте их нахождения.

Обрабатываемая рубкой деталь должна быть неподвижна. Поэтому небольшие детали зажимают в тиски, а крупные детали кладут на верстак плиту или наковальню или же ставят на пол и хорошо укрепляют. Глубина и ширина снимаемого зубилом слоя металла (стружки) зависят от физической силы работающего размеров зубила веса молотка и твердости обрабатываемого металла. Молоток выбирают по весу величину зубила – по длине его режущей кромки. На каждый миллиметр длины режущей кромки зубила требуется 40г веса молотка. Для рубки обычно употребляют молотки весом 600г. В зависимости от порядка операций рубка может быть черновой и чистовой. При черновой рубке сильными ударами молотка снимают за один проход слой металла толщиной от 1,5 до 2мм. При чистовой рубке – от 0,5 до 1,0мм, нанося более легкие удары. При рубке стали и меди следует смачивать зубило машинным маслом или мыльной водой; чугун следует рубить без смазки.

Рубка в тисках производится либо по уровню губок тисков, либо выше этого уровня – по намеченным рискам. По уровню тис- 12 ков чаще всего рубят тонкий полосовой или листовой металл, выше уровня тисков (по рискам) – широкие поверхности заготовок.

Слесарное зубило рис. 9, а является ударным режущим инструментом, применяемым при рубке металлов.

Зубило и крейцмейсель

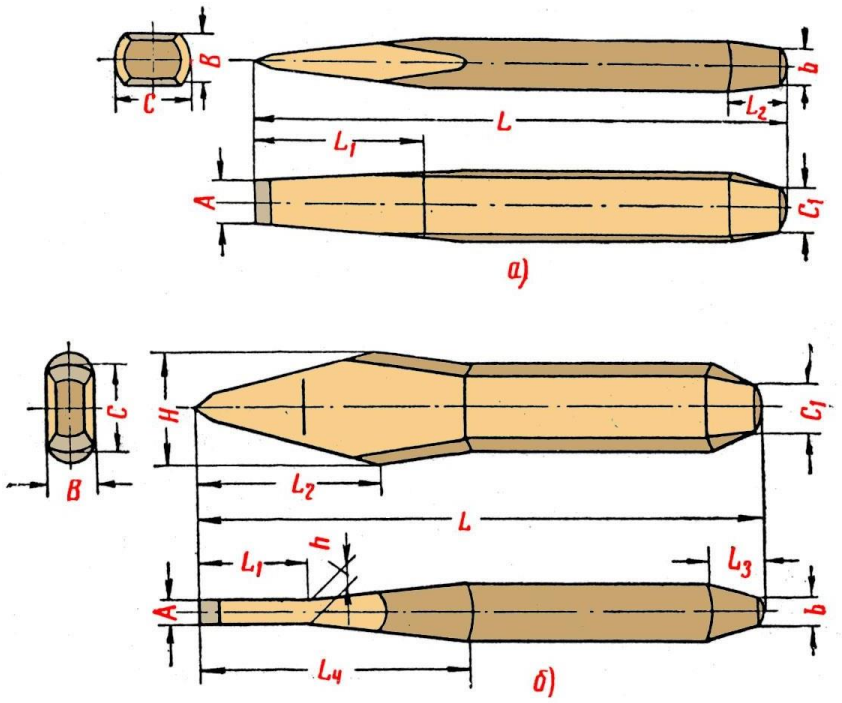


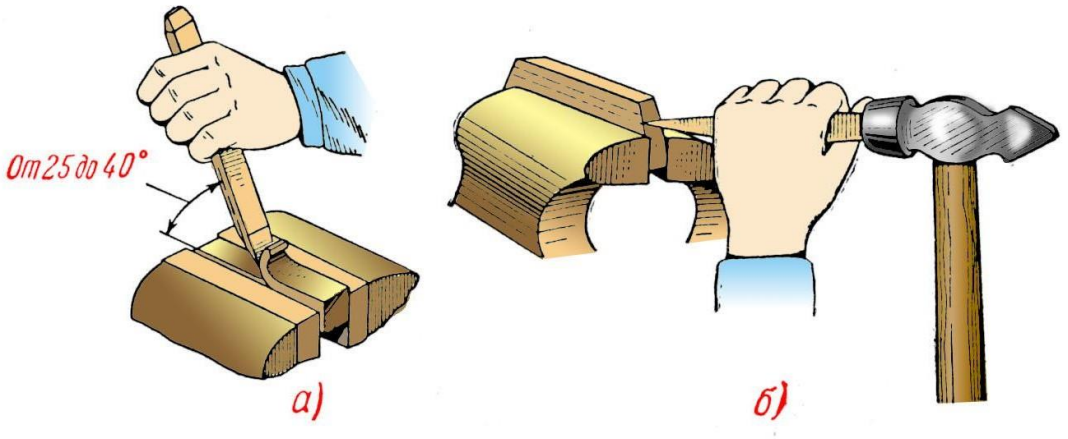
Рис. 9

Конец рабочей части зубила имеет клиновидную форму, которая создается заточкой под определенным углом двух симметричных поверхностей. Угол заострения, образуемый гранями зубила, выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого металла. Для твердых и хрупких металлов угол должен быть больше, чем для мягких и вязких металлов: для чугуна и бронзы – 700 , для стали 600 , меди и латуни – 450 , алюминия и цинка – 350 .

Крейцмейсель по существу является зубилом, имеющим узкое лезвие. Применяется он для прорубания узких канавок и шпоночных пазов. Углы заточки крейцмейселя такие же, как у зубила. Для прорубания полукруглых, острых и других канавок применяют крейцмейсели специальной формы, называемые канавочниками.

Для рубки зубило устанавливают на обрыбатываемый предмет, как правило, с наклоном задней грани к обрабатываемой поверхности под углом, но не более 50 (рис. 10). 13

Установка зубила на обрабатываемый предмет



а — рубка по уровню тисков, б — рубка по риске

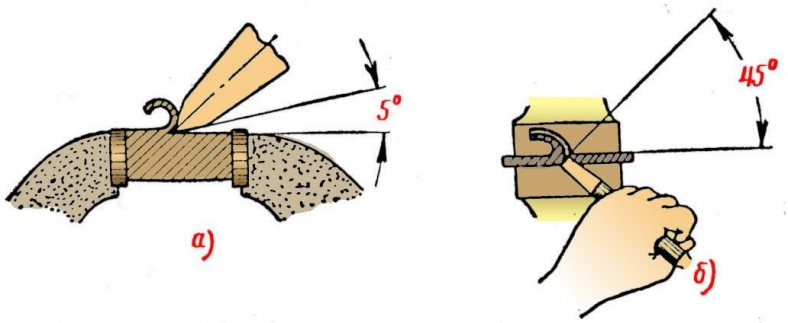


Рис. 10

По отношению к линии губок тисков зубило устанавливают под углом 450. На практике угол наклона зубила не измеряется. Но правильность наклона ощущается работающим, особенно при надлежащем навыке. Заточка производится на шлифовальном круге – на заточном станке (рис. 11)

Заточка зубила (крейцмейселя) на заточном станке и шаблон для проверки правильности заточки

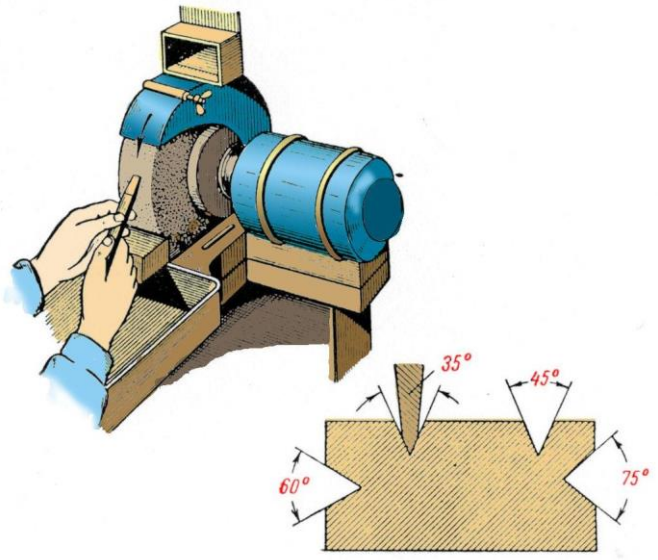


Рис. 11

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. Зубило можно затачивать с подачей охлаждающей жидкости и на сухом круге. В этом случае необходимо охлаждать затачиваемое зубило, отрывая его от круга и опуская в воду. При заточке режущая кромка должна быть прямолинейной, а грани плоскими, с одинаковыми углами наклона; угол заострения должен соответствовать твердости обрабатываемого металла (проверяется по шаблону). Крейцмейсель затачивается также как и зубило.

2.3. Правка и гибка металла

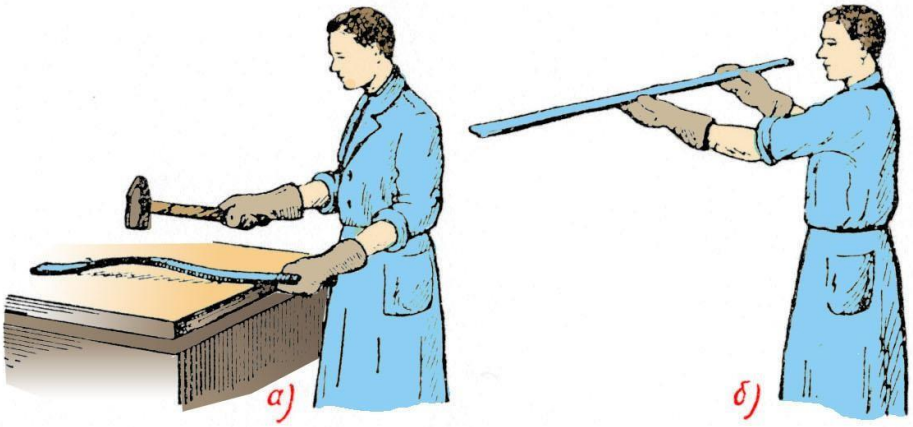
Правка может быть машинной или ручной, выполняемой слесарными молотками на стальной или чугунной плите или на наковальне. При ручной правке лучше пользоваться молотком с круглым, а не квадратным бойком, чтобы не повредить поверхность выпрямляемого листа.

Правка стальных листов, прутков и заготовок производится стальным молотком.

Правка деталей с обработанной поверхностью, а также тонких стальных изделий или деталей из цветных металлов и сплавов производится молотками из мягких материалов – меди, латуни, свинца, дерева. Правке не подвергаются

чугунные и бронзовые детали; они легко дают трещины и раскалываются. Правка стальной полосы на плите показана на рис. 12.

Правка стальной полосы на плите



а — прием правки, *б* — проверка результатов правки на глаз

Рис. 12

Исправленную полосу кладут на плиту и, придерживая ее левой рукой, правой наносят удары молотком по выпуклым местам, ударяя сначала по краям выпуклости и постепенно, по мере выпрямления полосы, приближая удары к середине выпуклости.

Тонкие листы правят деревянными молотками. Очень тонкие листы выглаживают на гладкой и ровной плите гладкими и ровными деревянными или металлическими брусками (рис. 13) 16

Правка тонкого листового материала

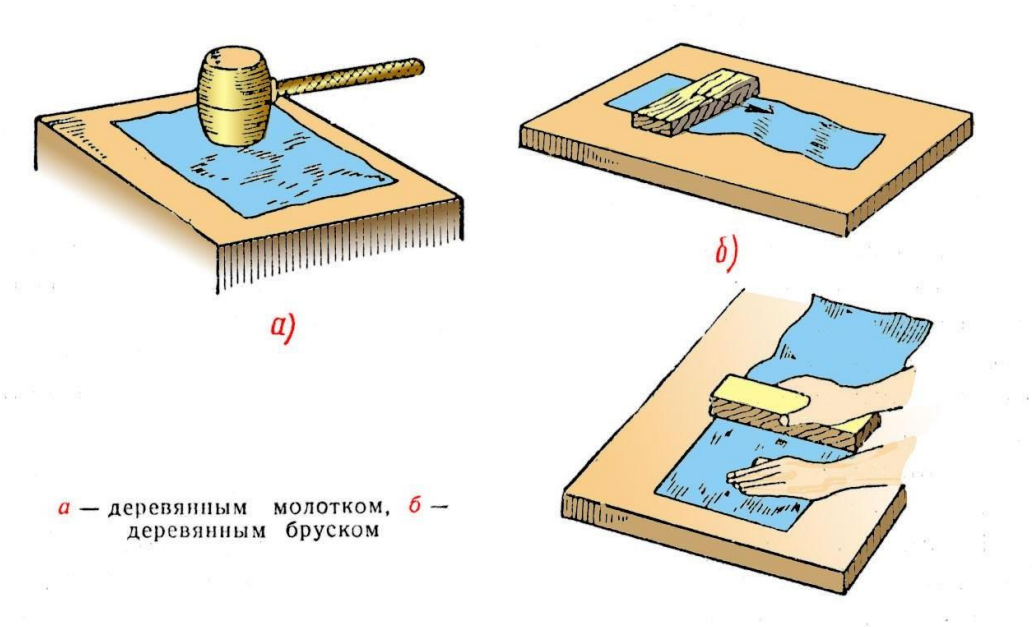


Рис. 13

Закаленные детали выправляют специальным молотком на плита с прямолинейной или выпуклой поверхностью, причем удары наносят не по выпуклым, а по вогнутым местам, работая очень осторожно, чтобы не сломать деталь.

Правка стальной линейки, покоробленной во время закалки

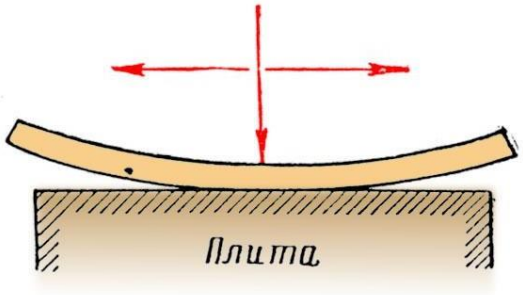


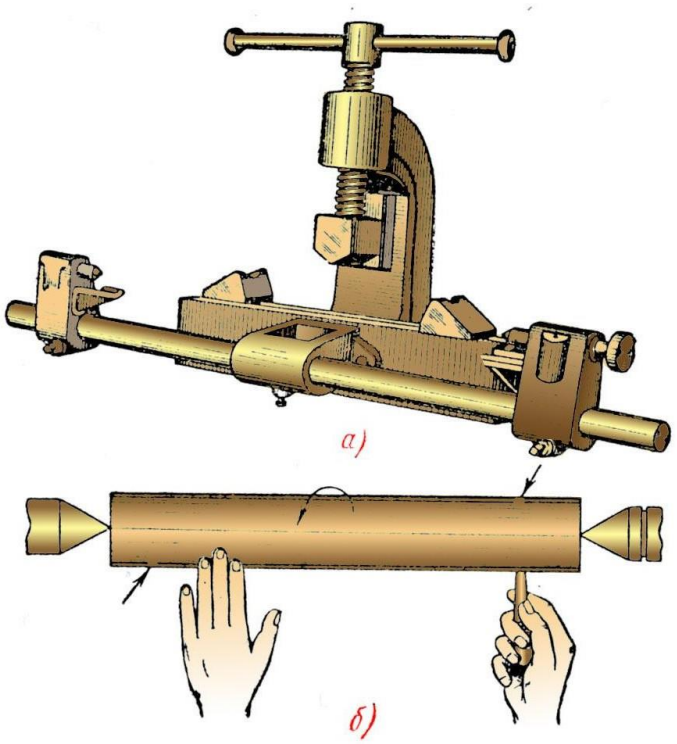
Рис. 14 Вертикальная стрелка показывает направление ударов, горизонтальные – перемещение ударов от середины к краям 17

Металл подвергается правке как в холодном, так и в нагретом состоянии. В последнем случае интервал температур 11000С – 8500С, т.к. нагрев выше указанных температур приводит к перегреву, а затем и к пережогу заготовок, т.е. к неисправному браку.

Машинная правка осуществляется путем использования различных приспособлений и правильных машин. Правка листового и сортового металла

производится на правильных вальцах и прессах. Машины для прокатки, в которых рабочими органами являются валки, называются правильными вальцами. При правке лист подается в валки и благодаря силе трения, возникающей между валками и листом, втягивается в них. Проходя между валками, лист перегибается то в одну, то в другую сторону, таким образом, выравниваются его волокна. Искривленный лист многократно пропускают сквозь вальцы (иногда до 5 раз).

Правка изогнутых валов



а — винтовой пресс для выправления вала, *б* — проверка вала в центрах мелком

Рис. 15

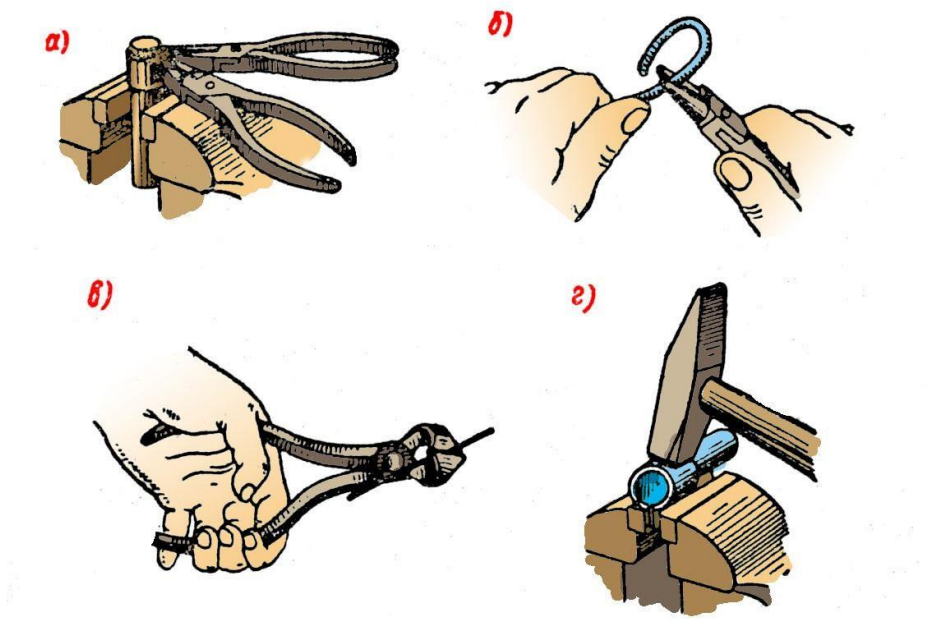
В правильных вальцах правят и сортовой металл. По конструкции эти вальцы сходны с листоправильными вальцами. На валках (роликах) таких вальцов имеются ручьи, соответствующие профилю выпрямляемого металла. Процесс правки аналогичен правке листов. Для правки давлением применяют также и прессы.

Гибка применяется для придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру: под углом, по радиусу и по фасонным 18 кривым. Ручную гибку часто производят в тисках с помощью слесарного молотка, используя

при этом различные приспособления. Гибку можно выполнять по образцу, по месту, по разметке и по шаблону.

При изготовлении деталей из тонкого полосового металла и проволоки методом гибки применяют плоскогубцы для захвата, зажима и удержания мелких деталей (рис. 16)

Приемы гибки тонкого полосового металла и проволоки



а—изгибание хомутика плоскогубцами на оправке в тисках; *б*—гибка ушка из проволоки круглогубцами; *в*—отрезание проволоки острогубцами (кусачками); *г*—отделка хомутика.

Рис. 16

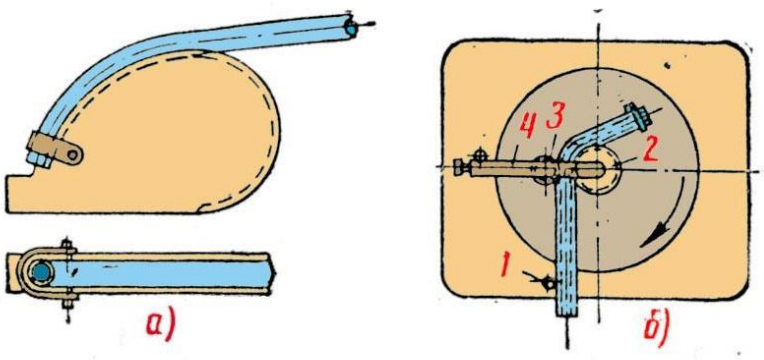
Окончательное формирование хомутика производят на оправке в тисках с помощью молотка.

Круглогубцами пользуются при загибании проволоки (рис.68,б) W. Их губки имеют круглую конусную форму. Отрезку проволоки в процессе изготовления пружин и стержней сечением до 3мм производят острогубцами.

В условиях современного производства применяется главным образом механизированная гибка, выполняемая в основном на гибочных прессах, листогибочных вальцах. Гибка труб производится в холодном и горячем состоянии. Чтобы при гибке не помять трубу., ее предварительно набивают наполнителем (песком). Трубы с наполнителем обычно гнут на стальных оправках, шаблонах и роликовых приспособлениях. Гибка труб в холодном состоянии производится с наполнителями или без них, а в нагретом состоянии – преимущественно с наполнителями. Трубы небольшого диаметра (примерно

до 20мм) при радиусе загиба до 50мм мож- 19 но гнуть в холодном состоянии без наполнителей. На рис.17,а показана гибка трубы по кривой большого радиуса в холодном состоянии с наполнителями при помощи шаблона., а на рис. 17,б – при помощи роликового приспособления. В этом случае гибка производится между гибочными 2 и нажимным 3 роликами. Радиус и угол загиба зависит от диаметра гибочного ролика.

Гибка труб



а — по шаблону, *б* — при помощи роликового приспособления: *1* — упор для трубы, *2* — неподвижный гибочный ролик, *3* — подвижный нажимной ролик, *4* — ручка приспособления

Рис.17

Гибку трубы холодным способом с наполнителем – песком осуществляют следующим образом:

- отжигают место гибки;

- изготовляют две деревянные пробки длиной, равной 2-3 диаметром трубы;

- забивают пробку в один конец трубы;

- насыпают совком сухой песок в трубу и при этом постукивают по ней для уплотнения песка;

- забивают деревянную пробку в другой конец трубы;

- закладывают конец трубы в приспособлении так, чтобы сварной шов 9если труба цельнотянутая) находился сверху;

- взяв обеими руками трубу за длинный конец, осторожно сгибают ее на требуемый угол.

После этого трубу снимают, вынимают пробки и высыпают песок. Гибка труб без нагрева производится на ручных и приводных трубогибочных станках разных типов.

Приспособление для гибки труб

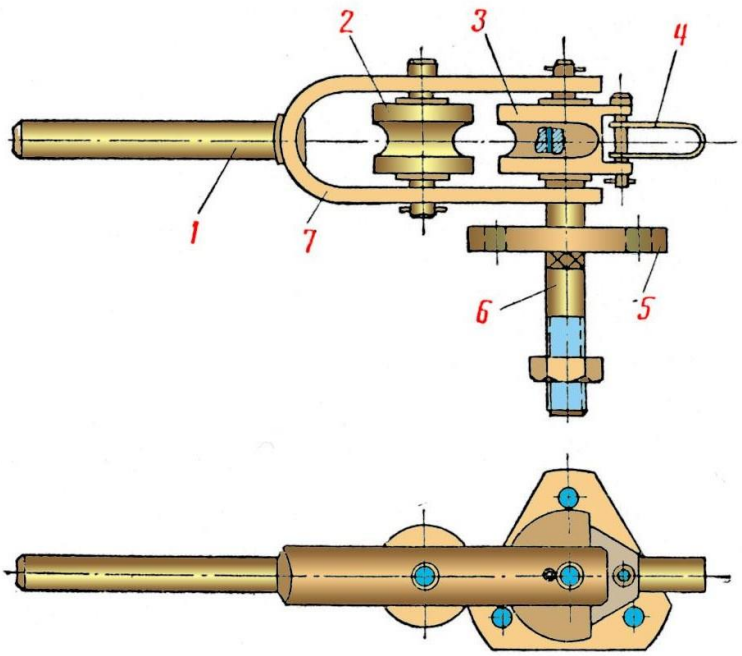


Рис. 18

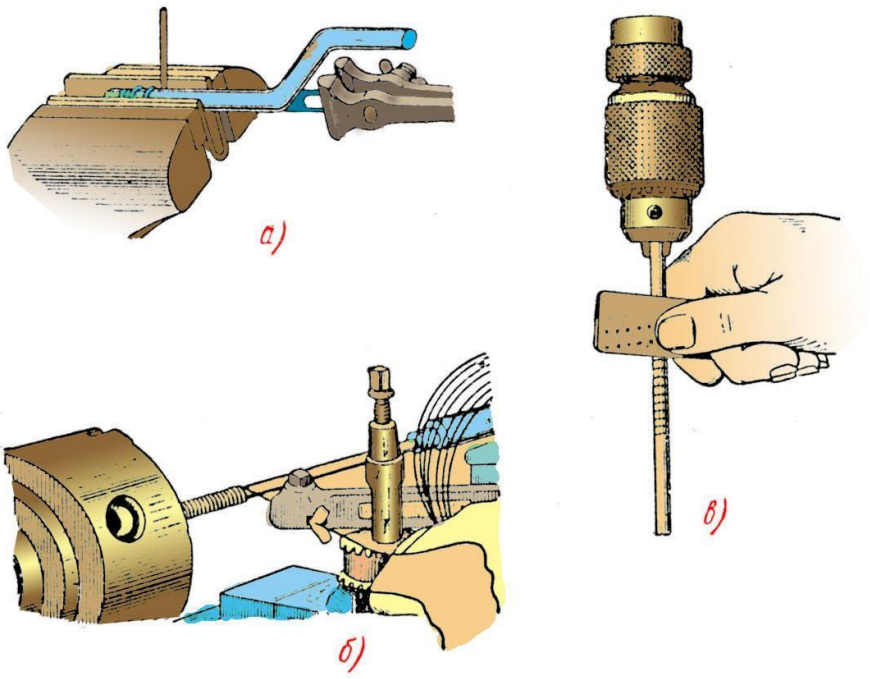
На рис. 18 показано приспособление для гибки труб оно имеет опорную планку 5, с помощью которой крепится болтами к верстаку. Рабочими органами приспособления являются неподвижный ролик 3 с хомутиком 4, укрепленный на стержне 6, скоба 7, подвижный ролик 2 и рукоятка 1. Изгибаемую трубу концом закладывают в хомутик между роликами, затем вращают скобу вокруг оси неподвижного ролика до получения требуемого изгиба, возвращают скобу в исходное положение и вынимают трубу.

Вальцовка труб. Эта операция заключается в раскатывании (расширении) концов труб изнутри особым инструментом – вальцовкой. Вальцевание применяют с целью укрепления труб во во фланцах паропроводов и для других целей.

Навивка пружин. Пружины небольшого диаметра навивают в тисках на цилиндрической оправке. Диаметр оправки должен быть меньше внутреннего диаметра пружины, т.к. пружина после снятия ее с оправки немного расходится, т.е. увеличивается в диаметре. На конце оправки сверлят отверстие диаметром на 0,1- 0,2мм больше диаметра проволоки, из которой

навивается пружина. Конец пружинной проволоки заправляют в отверстие и загибают под углом, чтобы она при навивке не соскочила с оправки. Оправку со вставленной в ее отверстие проволокой зажимают в тисках между деревянными нагубниками.

Навивка пружины

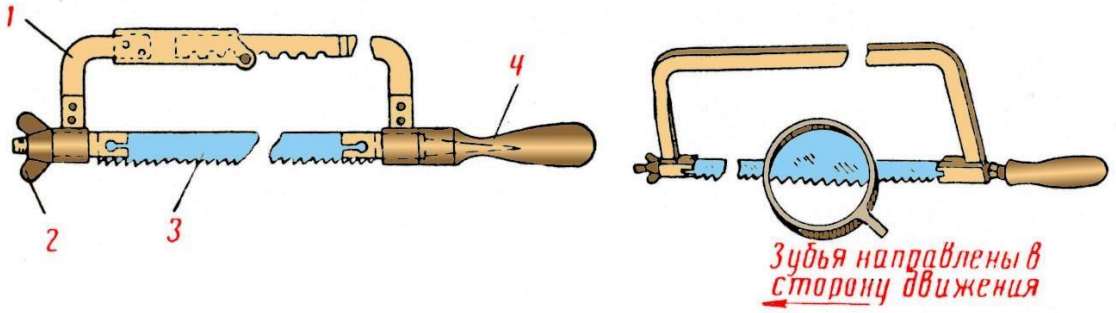


а — в тисках при помощи ручных тисков или с помощью изогнутого стержня, *б* — на токарном станке, *в* — на сверлильном станке

Резка металла Резка может производиться ручной и механической ножовкой, а также ножницами – ручными и механическими, рычажными, параллельными, дисковыми (круглыми). Для резки крупного сортового металла (круглого, полосового, углового, двутаврового, коробчатого и т.п.) применяют приводные ножовки и дисковые пилы, а также огневую резку – электрическую и газовую. Листовой металл разрезают ножницами и ручными и приводными.

Резка труб вручную производится ножовкой и труборезом; механическая – на специальных станках. Для резки незакаленной твердой стали, закаленной стали и твердых сплавов применяют тонкие дисковые шлифовальные круги.

Ручная ножовка.



1 — станок, 2 — барашек для натяжного винта, 3 — ножовочное полотно, 4 — ручка

Этот инструмент (рис. 21) состоит из двух главных частей – ножовочного полотна и станка, в котором оно помещается. Ручная ножовка Рис. 21 Слева – с раздвижной рамкой, справа – с цельной рамкой

У ножовочных полотен для резки металлов различной твердости и вязкости углы зубьев разные: передний угол колеблется в пределах 0-120, а задний угол в пределах 30-350 . Шаг зубьев: для мягких и вязких металлов (медь, латунь) t=1мм, для твердых металлов (сталь, чугун) t=1,5мм, для мягкой стали t=2мм. Для слесарных работ пользуются преимущественно ножовочным полотном с шагом в 1,5мм, при котором на длине 25мм насчитывается примерно 17 зубьев.

Чтобы избежать защемления зубьев полотна разводят, т.е. каждые два смежных зуба отгибают в противоположные стороны на 0,25-0,6мм. Полотна для ручных ножовок изготавливают длиной от 150 до 400мм, шириной от 10 до 25мм и толщиной от 0,6 до 1,25мм. 23

Ножовочные полотна в зависимости от назначения разделяются на ручные и станочные. Ручные полотна изготавливают из стали марок У10; У10М; У12; У12А, а станочные – из стали марок Р9 и ШХ15. Ножовочные полотна закаливают на высокую твердость. Работа ножовкой. Во время резки ножовку держат преимущественно в горизонтальном положении. Двигать ее нужно плавно и без рывков. Нормальная длина размаха должна быть не менее 2/3 длины полотна. Ножовкой работают со скоростью от 30 до 60 ходов в минуту (двойных – вперед и назад). Твердые металлы – с меньшей скоростью, мягкие – с большей.

В слесарной практике допускается ручная резка металлов диаметром только до 60-70мм; более крупные диаметры передают на обрезные станки.

Резка труб. Полотно подбирают с мелкими зубьями. С помощью шаблона из жести, в виде пластинки, изогнутой по трубе, проводят риску по

окружности трубы. Зажимают в тисках в горизонтальном положении. Тонкостенные трубы со специальными деревянными нагубниками. Применяют также труборезы, у которых режущим элементом служат стальные диски.

Резка металла ножницами. Ножницы применяют как для ручной, так и для машинной резки металлов. Ручные ножницы для металла показаны на рис. 23. Делятся на правые и левые. Ножи ножниц изготавливаются из стали У7; их режущая часть закаливается. 24

Правые (верхние) и левые (нижние) ручные ножницы и пользование правыми ножницами

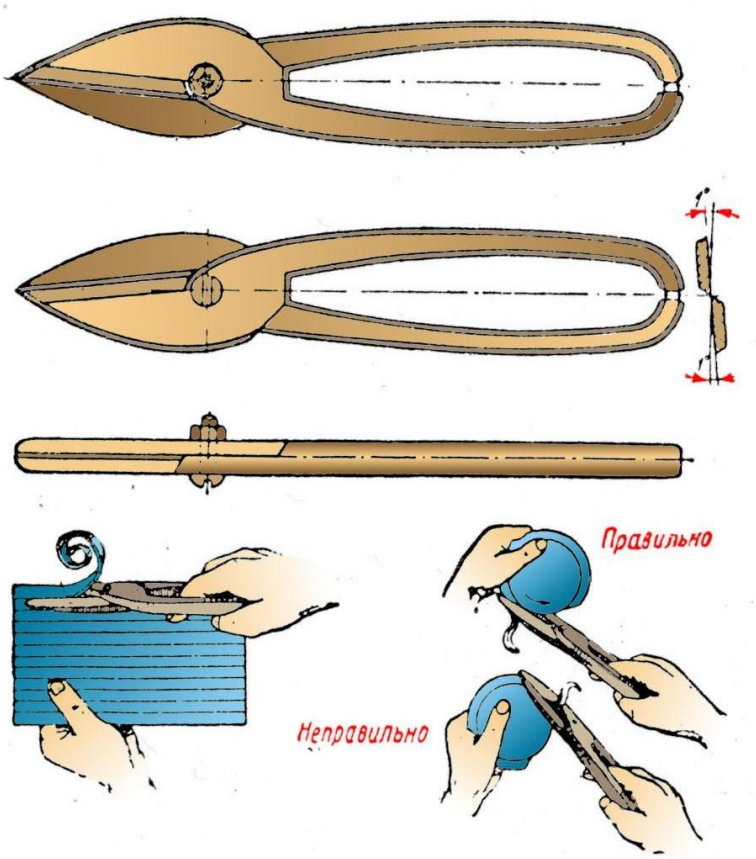
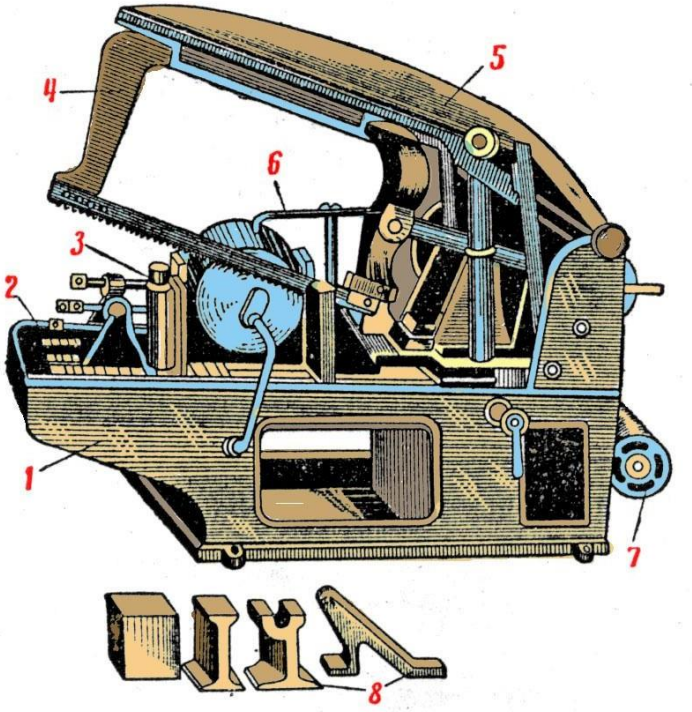


Рис. 23 Ручными ножницами можно резать листовую сталь толщиной до 0,7мм, листы меди и латуни – толщиной до 1,5мм.

Резка металла приводными ножовками. Приводная ножовка (рис. 24) представляет собой металлорежущий станок. Резка производится с охлаждением маслом, водой или мыльной эмульсией. 25

Приводная ножовка



1 — станина, 2 — стол, 3 — зажимные тиски, 4 — рамка с ножовкой, 5 — хобот, 6 — трубка для охлаждающей жидкости, 7 — электродвигатель, 8 — отрезанные куски металла различного профиля

Рис. 24

Электроножницы. Эти ножницы переносные (рис. 25) предназначены для резки листового материала толщиной до 2,7мм.

Электроножницы, сменная режущая головка с гибким валом

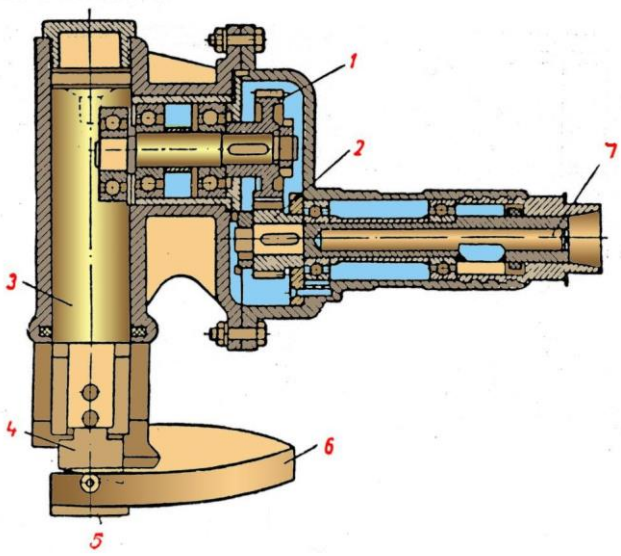


Рис. 25

2.5. Опиливание металла Опиливание производится, как правило, после операций рубки или резки для отделки поверхности обрабатываемого изделия и придания ему более точных размеров. В слесарном деле основными видами опиловочных работ являются:

- опиливание плоских наружных и криволинейных поверхностей;

- опиливание наружных и внутренних углов, а также сложных или фасонных поверхностей;

- опиливание углублений и отверстий, пазов и выступов, пригонка их к друг к другу.

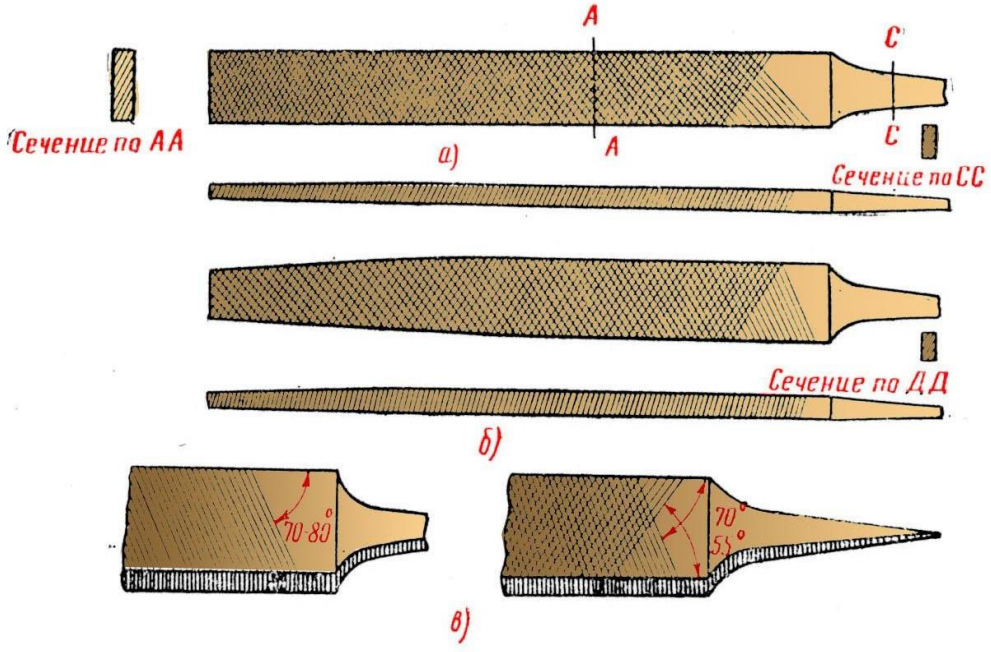
Опиливание подразделяется на предварительное (черновое) и окончательное (чистовое и отделочное), выполняемое различными напильниками. Напильник подбирают в зависимости от заданной точности обработки и величины припуска, оставляемого на опиливание; данные в таблице дают представление об этой зависимости. Напильники Точность обработки, мм Припуск на обработку. мм Слой металла, снимаемый напильником за один ход в мм Драчевые 0,2-0,5 0,5-1,0 0,08-0,15 Личные 0,02-0,15 0,1-0,5 0,02-0,08 Бархатные 0,005-0,01 0,025-0,05 0,025-0,05 2.5.1. Напильники и их конструкция

Напильники представляют собой режущие инструменты в виде стальных закаленных брусков различного профиля с насеченными на рабочих поверхностях зубьями. Этими зубьями напильник срезает небольшие слои металла в виде стружки (опилок). Напильники бывают различной длины (за длину принимается насеченная часть напильника).

Виды насечек напильников.

Насечка напильников бывает одинарной (простой) и двойной (перекрестной). Напильники с одинарной насечкой срезают металл широкой стружкой, равной всей длине зуба, поэтому работа ими требует больших усилий. 27

Напильники



а — плоский тупоносый, *б* — плоский остроносый, *в* — виды насечек (слева одинарная, справа двойная, или перекрестная)

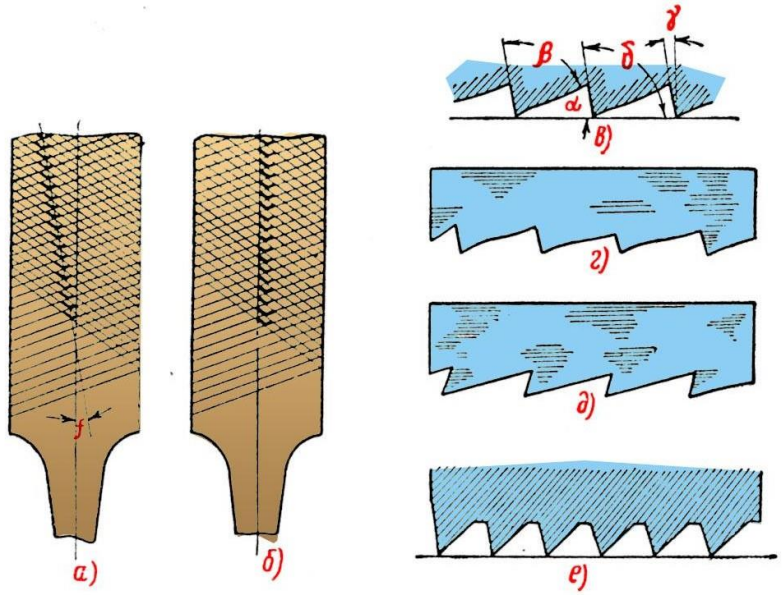
Рис. 26

Такими напильниками опиливают мягкие металлы (медь, бронзу, латунь, баббит, алюминий). Одинарная насечка наносится под углом 70-800 к ребру напильника.

В напильниках с двойной насечкой одна насечка называется основной, или нижней, а другая – верхней. Перекрестная насечка раздробляет стружку, что облегчает работу. У напильников с перекрестной насечкой нижняя обычно выполняется под углом 550, а верхняя – под углом 700. Наиболее целесообразными углами наклона насечек при обработке различных металлов являются углы, указанные в таблице: Обрабатываемый материал Угол наклона в градусах Нижней насечки Верхней насечки Сталь малоуглеродистая 45 50 Сталь углеродистая 50 60 Чугун 60 70 Латунь 30 85 Дуралюмин 50 60 Бронза 45 60

Шаг, т.е. расстояние между двумя соседними зубьями, делают у нижней насечки большим, чем у верхней. В результате зубья располагаются друг за другом по прямой, составляющей некоторый угол с осью напильника (рис. 27), при движении напильни- 28 ка следы зубьев частично перекрывают друг друга. Благодаря этому на обрабатываемой поверхности не остаются глубокие канавки и она получается более чистой и гладкой.

Насечка и зубья напильников



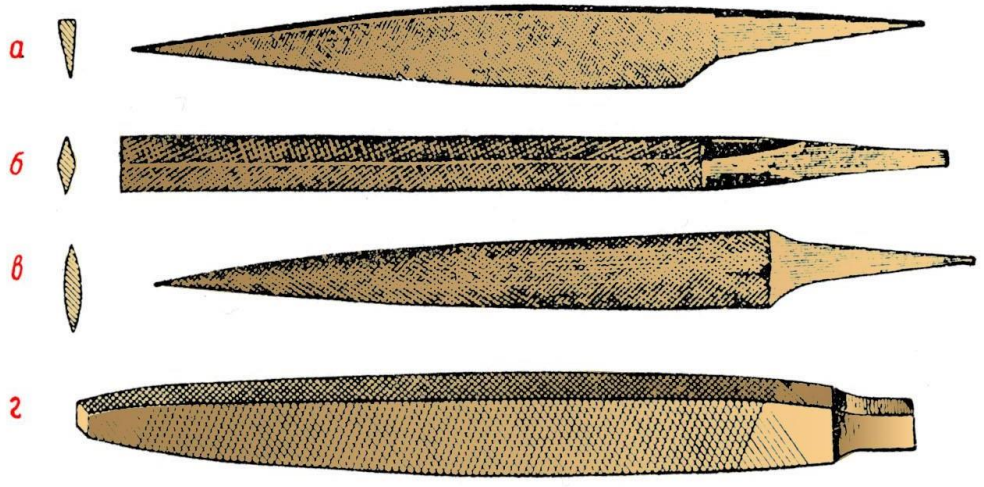
а — правильная насечка, *б* — неправильная, *в* — углы зубьев, *г* — насеченный зуб, *д* — фрезерованный или шлифованный зуб, *е* — зуб, полученный протягиванием

Рис. 27

2.5.2. Классификация напильников и их применение

Напильники делятся на обыкновенные, специальные, рашпили и надфили. К обыкновенным относятся напильники плоские (тупоносые и остроносые), квадратные, трехгранные, полукруглые и круглые. 29 Специальные напильники

Рис. 28



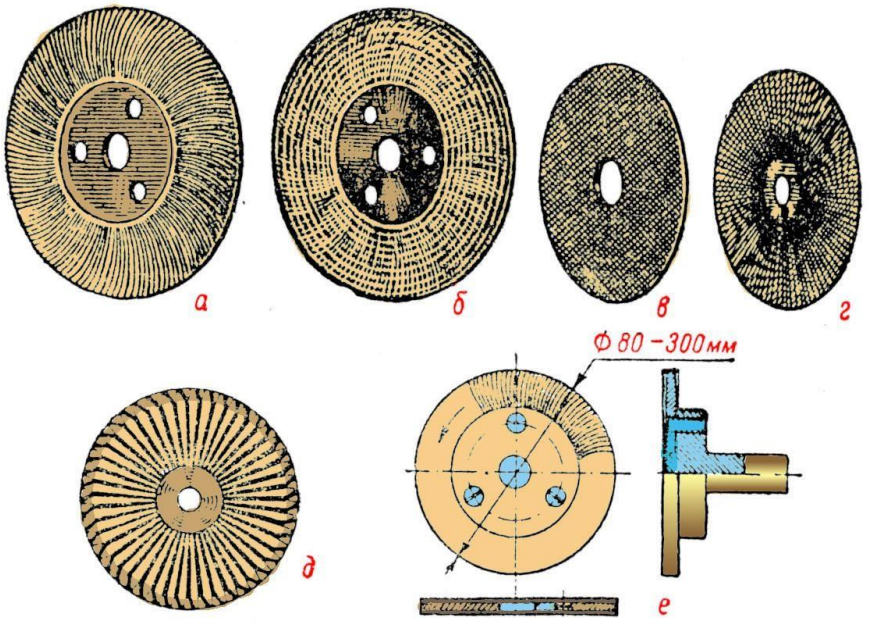
а — ножовочный, *б* — ромбический, *в* — овальный, *г* — напильник-брусовка

К специальным напильникам относятся:

- ножовочные, ромбические (мечевидные), плоские с овальными ребрами, овальные, а также напильникибрусовки (рис. 28) и др.;

- напильники в виде круглых дисков с насечками, нанесенными по окружности и на боковых сторонах (рис. 29).

Напильники-диски



а— *д*— виды дисковых напильников, *е* — приспособление, в котором закрепляется дисковый напильник для работы

Рис. 29

Рашпили – напильники с особым видом насечки, называемой рашпильной (рис. 30). Подразделяются они на плоские тупоносые, плоские остроносые, полукруглые, круглые.

Рашпиль и рашпильная насечка

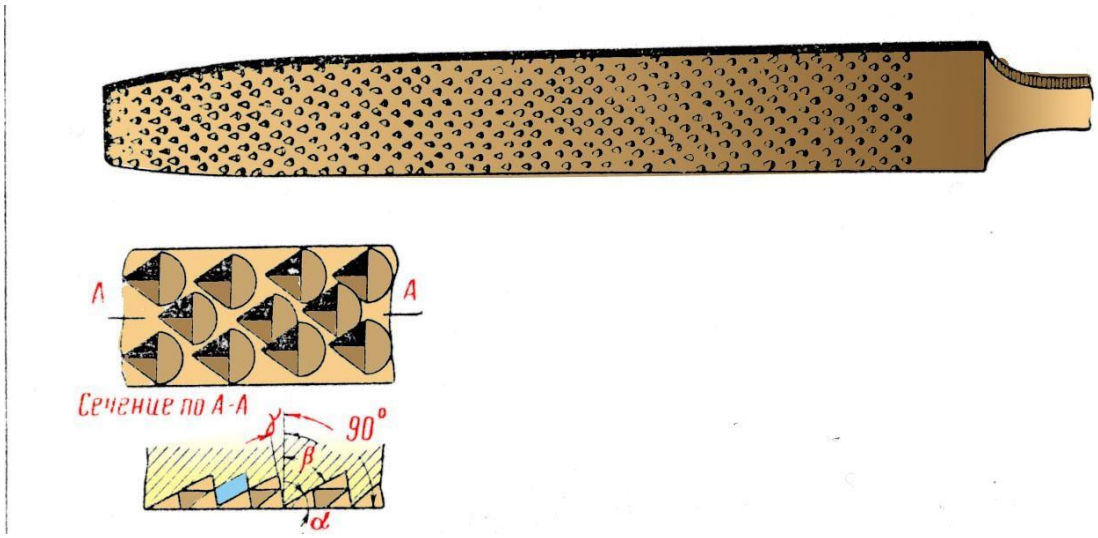


Рис. 30

Надфили (мелкие напильники) делятся на плоские тупоносые, плоские остроносые, трехгранные, квадратные, полукруглые, круглые, овальные, ромбические, ножовочные (рис. 31).

Надфили

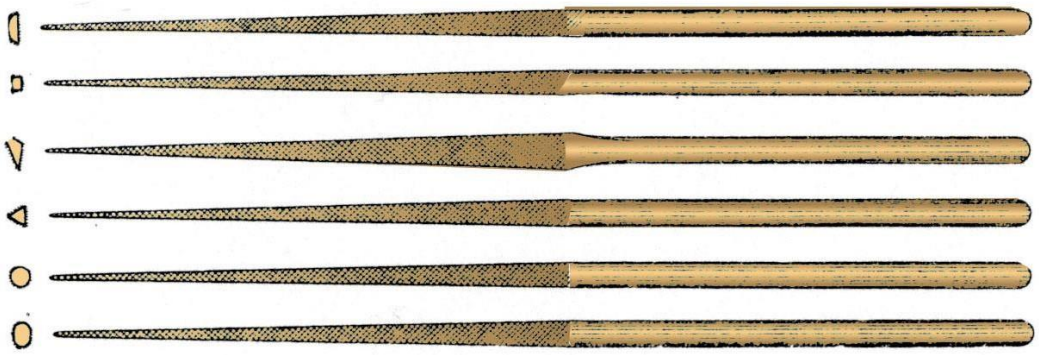


Рис. 31

Классы напильников. По числу насечек, приходящихся на 1см длины, напильники делятся на шесть классов:

- 1-й класс – напильники драчевые (крупная насечка); применяются для грубого чернового опиливания;

- 2-й класс – напильники личные (мелкая насечка); применяются для чистовой обработки поверхностей;

- 3-й, 4-й, 5-й и 6-й классы – напильники бархатные с мелкой и очень мелкой насечкой; применяются для подгонки деталей, для отделки, доводки и шлифования поверхностей.

Напильники-брусовки имеют всего один класс. Это драчевые с очень крупной насечкой напильники, применяемые для самого грубого опиливания. Рашпили применяются для грубого опиливания баббитов, свинца, цинка и других материалов; они делятся на два класса. Рашпили 2-го класса имеют более мелкую насечку, чем рашпили 1-го класса, поэтому ими можно пользоваться и для чистовой обработки (там, где не требуется высокое качество чистоты поверхности).

Насечки подразделяются на шесть номеров. Первый номер имеет 22 насечки, шестой 80 насечек на 1см длины. Надфили применяются при опиливании очень точных и мелких изделий, при опиливании изделий в местах, не доступных для обычных напильников, при изготовлении инструментов и обработке штампов.

2.5.3. Обращение с напильниками и уход за ними

Напильники во время работы изнашиваются. Износ напильника сопровождается потерей его режущих способностей. Преждевременный износ напильника является обычно результатом неумелой работой или небрежного обращения с ним. Очень быстро, практически мгновенно, изнашивается напильник в случае опили- 32 вания поверхности, не очищенной от окалины и корки, или закаленной поверхности.

На продолжительность службы напильника влияют твердость обрабатываемого металла, острота насечки и качество закалки напильника, умение пользоваться им. Для удлинения срока службы напильников нужно соблюдать определенные правила.

Зубья нового напильника имеют заусенцы. При обработке твердого металла эти заусенцы быстро обламываются, а напильник тупится раньше срока. Следовательно, нельзя употреблять им, нужно опиливать мягкую сталь, бронзу, латунь. Лишь когда заусенцы на зубьях окончательно сработаются, можно перейти к обработке более твердых металлов.

Новыми напильниками нельзя опиливать поверхности с окалиной или литейной коркой, а также твердые, стальные неотожженные детали. Корку и окалину нужно срубить зубилом или снять на обдирочном наждачном точиле или, в крайнем случае, опилить старым напильником.

Личный напильник нельзя употреблять для опиливания мягких металлов (свинца, олова и т.п.), так как стружка этих металлов быстро забивает впадины между зубьями, и напильник будет только скользить по обрабатываемой поверхности. Забитые стружкой напильники очищают вдоль зуба стальной щеткой или пластинкой.

Всегда следует пользоваться только одной стороной напильника, вторую нужно пускать в дело лишь после затупления первой стороны или же в том случае, когда обработка обязательно должна производиться острыми зубьями, как при работе, так и при хранении нельзя укладывать напильники один на другой, бросать их в кучу с другими инструментами и предметами.

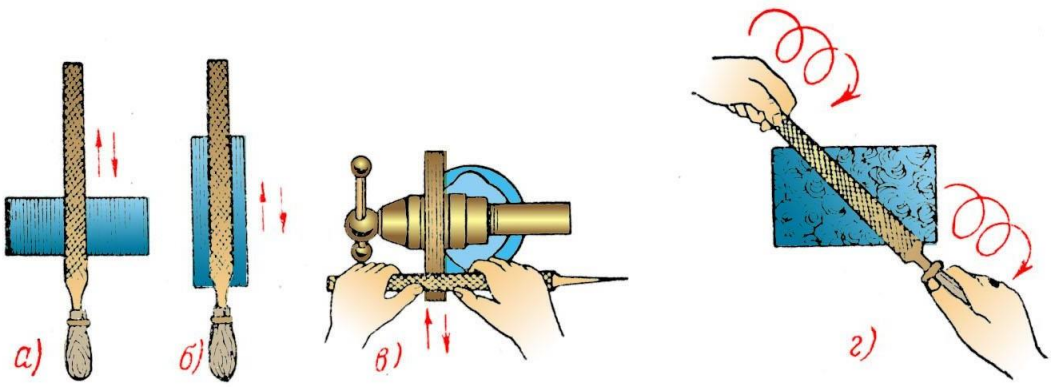
Надо беречь напильники от ржавления, следить, чтобы на них не попала вода. Не следует также допускать попадания на напильники наждачной пыли, так как при опиливании она затупляет зубья инструмента. Затупившиеся и изношенные напильники надо сдавать на восстановление.

2.5.4. Отделка обработанной поверхности

Опиливание поверхности обычно заканчивается ее отделкой, которая производится различными способами. В слесарном деле поверхности отделывают личным и бархатным напильниками, бумажной или полотняной абразивной шкуркой, абразивными брусками.

Отделка напильниками производится поперечным, продольным и круговым штрихами (рис. 32)

Отделка поверхности напильником



а — поперечным штрихом, *б* и *в* — продольным штрихом, *г* — круговым штрихом

Рис. 32

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 или минеральным маслом. Еще более тщательно надо прочищать и натирать мелом или маслом (а при опиливании алюминия – стеарином) насечку отделочных напильников, особенно при работе по вязким металлам.

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 пользуются также деревянными брусками с наклеенной на них абразивной шкуркой. Иногда шкурку навертывают на плоский напильник (в один слой) или же натягивают на напильник полоску шкурки, придерживая ее при работе.

При отделке криволинейной поверхности, а также в тех случаях отделки прямолинейной поверхности, когда возможный небольшой завал краев не будет считаться браком, шкурку навертывают на напильник в несколько слоев.

Измерение и контроль при опиливании. Чтобы убедиться в правильном опиливании плоскости, необходимо время от времени проверять ее проверочной линейкой на просвет. Если линейка ложится на плоскость плотно, без просвета, это значит, что плоскость опилена чисто и правильно. Если обозначается ровный по 34 всей длине линейки просвет, - плоскость опилена правильно, но грубо. Такой просвет образуется оттого, что насечка напильника оставляет на поверхности металла тонкие бороздки и линейка опирается на их вершинки. На неправильно опиленной плоскости при наложении линейки обнаружатся неровные просветы. Проверка на просвет производится по всем направлениям контролируемой плоскости: вдоль и поперек и с угла на угол, т.е. по диагонали. Линейку надо держать тремя пальцами правой руки – большим, указательным и средним. Нельзя передвигать линейку по проверяемой плоскости: она от этого изнашивается и теряет прямолинейность. Чтобы переместить линейку, ее надо приподнять и осторожно наложить на новое место.

При проверке угольником его осторожно и плотно прикладывают длинной стороной к широкой плоскости детали; короткую сторону подводят к проверяемой боковой стороне и смотрят на свет. Если деталь с этой стороны опилена правильно, короткая сторона угольника плотно ляжет поперек

боковой стороны детали. В случае неправильного опиливания угольник коснется либо только середины боковой стороны (если эта сторона выпуклая), либо какого-нибудь края (если боковая сторона косая). Для проверки параллельности двух плоскостей пользуются кронциркулем. Расстояние между параллельными плоскостями в любом месте должно быть одинаковым. Кронциркуль держат правой рукой за шайбу шарнирного соединения. Установка раствора ножек кронциркуля на определенный размер производится легким постукиванием одной из ножек по какому-нибудь твердому предмету. Ножки кронциркуля надо устанавливать на детали так, чтобы их концы находились друг против друга. При косо установленных ножках, смещениях и наклонах при проверке будут получены неверные результаты.

Для проверки устанавливают раствор ножек кронциркуля точно по расстоянию между плоскостями в каком-либо одном месте и перемещают кронциркуль по всей поверхности. Если при перемещении кронциркуля между его ножками ощущается качка, это значит, что в данном месте расстояние между плоскостями меньше; если же кронциркуль перемещается туго (без качки), это значит, что расстояние между плоскостями в данном месте больше, чем в другом.

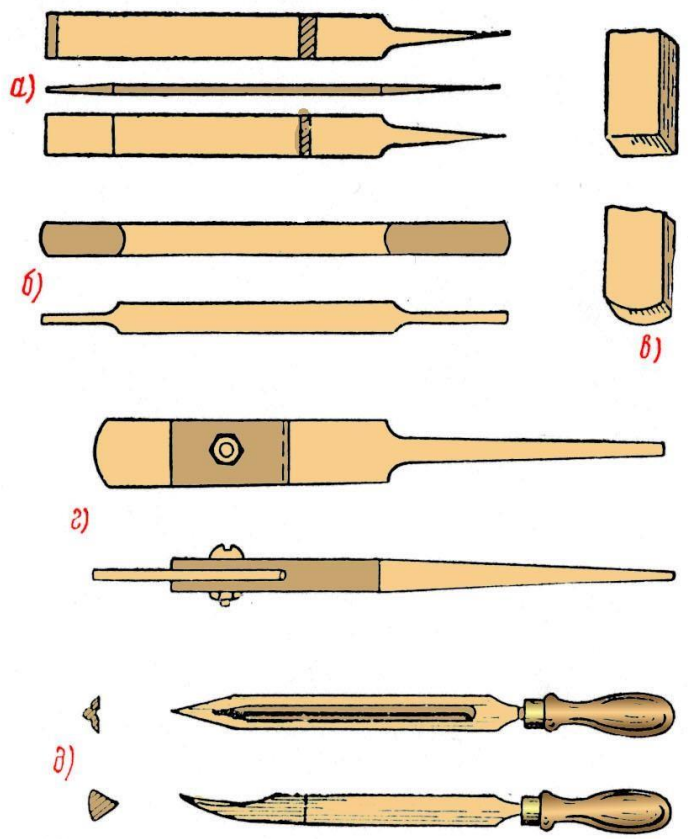
Две плоскости могут считаться параллельными между собой, если ножки перемещаемого кронциркуля скользят по ним с легким трением равномерно.

2.6. Шабрение

Производится, как правило, после работы резцом, напильником для придания лучшей отделки, более точных размеров. Шабрением можно обеспечить точность обработки до 0,005 – 0,01мм. Качество шабрения определяется по числу точек соприкосновения сопрягаемых поверхностей, считается плотным, если количество точек соприкосновения на участке 25х25мм2 будет не менее трех (для герметичных соединений не менее пяти). Для проверки количества точек на шабруемой поверхности пользуются специальной проверочной рамкой.

Для шабрения плоскостей употребляют односторонние и двухсторонние шаберы с прямолинейной или криволинейной режущей кромкой (рис 33). Режущую часть шабера для обдирочных работ делают наклонной, а для чистовых работ под прямым углом. Режущими кромками плоских шаберов являются торцевые ребра.

Шаберы



а — плоские односторонние, *б* — плоские двухсторонние, *в* — рабочие концы шаберов, *г* — вставные шаберы, *д* — трехгранные шаберы

Рис. 33

Шаберы изготовляют из углеродистой инструментальной стали марок У10 – У12 с закалкой рабочей части. Часто шаберы делают из старых плоских напильников, стачивая насечки на их концах для образования режущей части. Длина плоских шаберов: односторонних 200-300мм, двухсторонних 200-400мм. Ширина шаберов: для грубого шабрения 20-30мм, точного 15-20мм, самого точного (мелкого) 5-12мм. Толщина конца режущей части 2-4мм. Угол заострения плоских шаберов равен 900 .

Для шабрения внутренних поверхностей применяют трехгранные шаберы с углом заострения 600 ; они имеют на гранях продольные канавки (желобки) для удобства заточки. Рабочее движение шаберами для обработки внутренних поверхностей боковое – вправо- влево.

Кроме режущего инструмента, при шабрении употребляют проверочные инструменты. К ним относятся проверочная плита, плоская проверочная линейка, трехгранные (угловые) линейки, угловая призма, угловая плита.

Неровности становятся видимыми на 37 обрабатываемой поверхности после ее наложения на окрашенный проверочный инструмент или наоборот, после наложения окрашенного проверочного инструмента на обрабатываемую поверхность.

При шабрении работа ведется по краске, наносимой на проверочную плиту. 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 нельзя оставлять сухих крупинок. Наносят краску тампоном равномерным слоем на поверхности.

Заточка и заправка шаберов (рис. 34). Предварительная заточка шаберов производится на заточных станках; после этого шаберы заправляют на абразивных брусках или оселках зернистостью 90 и выше. Поверхность бруска смазывают тонким слоем машинного масла. Установив шабер на брусок торцевой частью, сообщают ему движение вдоль торца, слегка покачивая брусок с целью получения криволинейной режущей кромки. После заправки торца правят широкие плоскости шабера, двигая его вдоль режущей кромки. Заточка и заправка шаберов

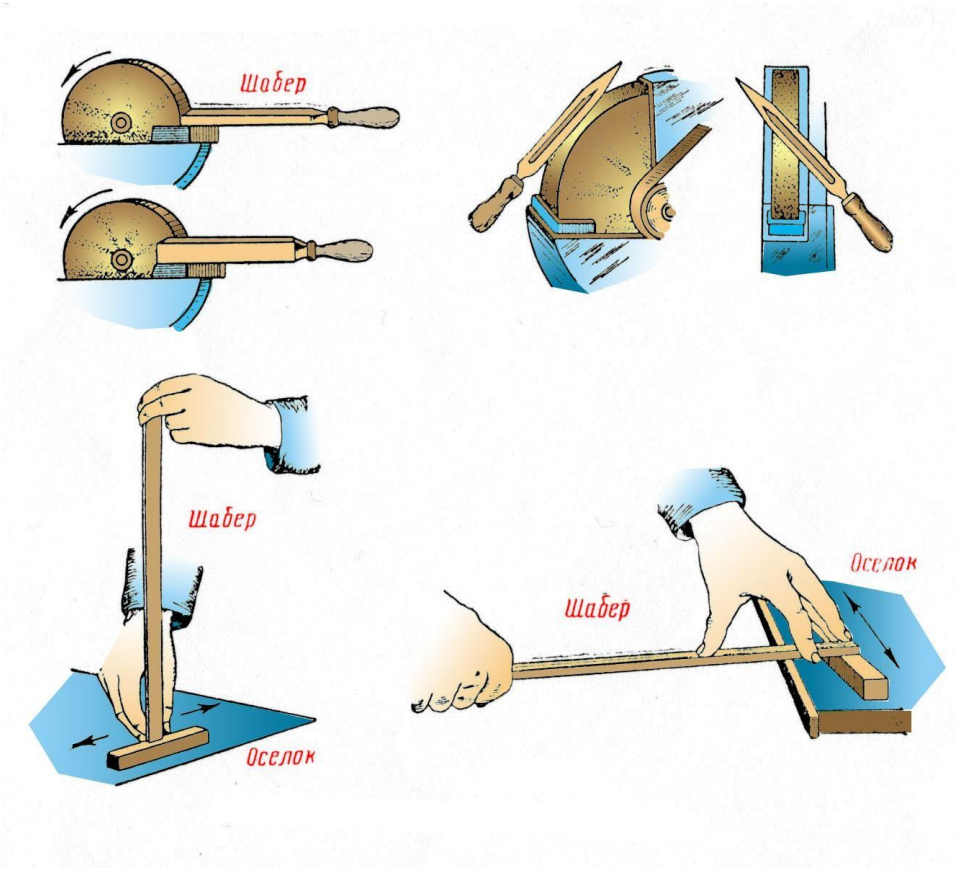


Рис. 34

Для особо точных работ шабер сначала заправляют на карборундовых брусках с мелким зерном, а затем на чугунных плит- 38 ках с применением очень мелкого наждачного порошка и масла. При такой заправке шаберы дают хорошую гладкую поверхность. Заправлять шабер надо не менее четырех-пяти раз за 8 час. Работы.

Подготовка поверхности к шабрению. 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 0,5-1мм на длине 1000мм, то предварительную обработку производят на строгальных, фрезерных или шлифовальных станках. Иногда, при небольших поверхностях, предварительная обработка выполняется опиливанием напильниками (драчевыми и личными) «под краску», т.е. с проверкой обрабатываемой поверхности окрашенными проверочным инструментом.

Поверхность считается подготовленной к шабрению, если при наложении на нее лекальной линейки образуется ровный просвет не более 0,05мм. 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 устанавливают на козлах; очень тяжелые детали (например, станины) шабрят на месте.

Шабрение поверхности (например, плоскости чугунной плитки) производят следующим образом. Сначала тщательно насухо протирают тряпками или концами рабочую поверхность проверочной плиты, затем наносят на нее тонкий и ровный слой краски. После этого поверхность плитки, подлежащей шабрению, тщательно насухо вытирают чистой тряпкой, накладывают плитку на поверхность проверочной плиты и передвигают ее вкруговую дватри раза с легким нажимом. Окрашенную таким образом плитку зажимают в тисках и шабером соскабливают окрашенные места.

Шабрение плоских поверхностей производится плоскими шаберами с криволинейными режущими кромками; края этих поверхностей обрабатывают шабером с прямыми режущими кромками. Такой шабер можно выводить немного (не больше ¼ его ширины) за края шабруемой поверхности, не опасаясь, что он соскочит с детали и завалит ее края.

При шабрении двигают шабер вперед и назад. При рабочем движении (вперед) шабер снимает слой металла толщиной 0,01- 0,02мм, обратное его движение является холостым, т.е. не сопровождается снятием металла.

5.7. Притирка

Толщина слоя металла, снимаемого притиром за один проход, не превышает 0,002мм. Притирка производится, как правило, после работы напильником или шабером для окончательной отделки поверхности обрабатываемого изделия и придания ему наибольшей точности. В частности, притирка применяется в тех случаях, когда требуется получить плотное или герметическое (непроницаемое) соединение деталей кранов, клапанов и др., хорошо удерживающее жидкость и газы.

Точность притирки от 0,001 до 0,002мм или практически до полного совпадения поверхностей. Припуск на притирку оставляется в пределах 0,01-0,02мм. Притирка выполняется на плите. В качестве абразива применяют электрокорунд, наждак (окись алюминия), карбид кремния, крокус (окись железа), окись хрома, венскую известь, трепел, толченое стекло, алмазную пыль, пасты ГОИ и другие материалы. Из смазывающих веществ наиболее часто употребляют машинное масло, керосин, бензин, толуол, спирт.

Чтобы произвести притирку детали, на притирочную плиту наносят тонким равномерным слоем смешанный с маслом абразивный порошок. Деталь кладут притираемой поверхностью на плиту и круговыми движениями перемещают ее по всей плите до получения матового или глянцевого (блестящего) вида поверхности.

В качестве притиров применяют вращающиеся диски, цилиндры, конусы, плиты, бруски, пластины, трубы, кольца и специальные фасонные притиры. Материал притиров должен быть мягче материала обрабатываемого изделия, чтобы в поверхность притира вдавливались зерна шлифующего порошка. Притиры изготовляют из чугуна, мягкой стали, красной меди, латуни,свинца, твердого дерева. Наиболее часто пользуются притирами из чугуна, красной меди и латуни. Свинец и дерево употребляют лишь для наведения блеска после того, как притиркой изделию приданы окончательные размеры.

Перед притиркой поверхности притиров покрывают абразивным порошком, зерна которого вдавливают в поверхность притиров сильным нажимом стального закаленного бруска или валика. Этот процесс называется шаржированием притира.

Из притирочных веществ наиболее твердым является алмазный порошок; им притирают твердые закаленные изделия. Однако алмазный порошок слишком дорого, поэтому его употребляют 40 редко. Следующий по твердости идет карборунд, за ним – корунд, наждак и крокус; более часто применяют наждак.

Притирочные порошки сортируют по величине зерен. Это производится двумя способами. Первый способ – просеивание через сито, имеющее от 80 до 220 отверстий на 1 пог. Дюйм (по числу отверстий устанавливается номер порошка). Второй способ – отмачивание, при котором порошок пропускают через сосуд высотой 1м, наполненный водой; наиболее крупные и тяжелые зерна быстро оседают на дно, мелкие же зерна оседают медленнее и некоторое время плавают в жидкости. Такие порошки названы минутками – по числу минут, необходимых на прохождение зерен разной крупности через столб воды. Порошки из зерен, полученных отмачиванием, сортируют так: №1 - 5-минутный, №2 – 10- минутный, №3 – 15-минутный, №4 – 30-минутный, №5 – 60- минутный, №6 – 120-минутный и №7 – 180-минутный.

Абразивные порошки и паста обладают различной притирочной способностью.

Эту способность принято обозначать толщиной слоя в микронах, снимаемого с закаленной стальной пластинки после 100 движений притира вручную с нажимом средней силы, при пройденном притиром пути 40м.

Абразивные порошки имеют следующую притирочную способность: №1 – 24 микрона, №2 – 20, №3 – 14, №4 – 10 и т.д. Для обычных слесарных работ употребляют порошки первых пяти номеров; порошки №6 и №7 чаще всего применяют для притирки лекал, шаблонов, мерительных плиток. Их называют микрошлиф порошками, обозначают буквой М (микро) и цифрой, показывающей размер зерна в микронах.

С большим успехом применяется паста ГОИ, выпускаемая заводами в виде кусков цилиндрической формы или в пластинках. Подразделяется паста на грубую, среднюю и тонкую. О составе пасты ГОИ дает представление таблица: Наименование веществ Грубая Средняя Тонкая Состав в % Окись хрома (прокаленная) 81 76 74 Силикагель 2 2 1,8 Стеариновая кислота 10 10 10 Расщепленный жир 5 10 10 Олеиновая кислота - - 2 Двууглекислая сода - - 0,2 Керосин 2 2 2 Цвет пасты Темно-зеленый (почти черный) Темно-зеленый Светлозеленый

Каждый сорт пасты имеет свое назначение. Грубую пасту применяют для снятия металла, измеряемого десятыми долями миллиметра, например, для удаления следов обработки строгани- 41 ем, шлифованием, опиливанием, грубым шабрением, эта паста дает матовую поверхность. Среднюю пасту, которой снимают слой, измеряемый сотыми и тысячными долями миллиметра, употребляют для получения полузеркальной блестящей поверхности после ее обработки грубой пастой. Тонкая паста применяется главным образом для придания поверхности зеркального блеска (декоративное полирование).

Различные притиры требуют различных видов смазки. Для притиров из чугуна в качестве смазки нужен керосин или бензин, для притиров из мягкой стали – машинное масло, для медных притиров – машинное масло, спирт и содовая вода; при особенно высоких требованиях к качеству стальной поверхности применяют венскую известь, разведенную в спирте, или крокус в вазелине. Притирку алюминия производят трепелом, разведенным в толуоле со стеариновой кислотой или в деревянном масле.

При притирке медных сплавов в качестве смазывающей жидкости употребляют смесь машинного масла и животного жира. Выбранную жидкость смешивают с абразивными порошками и смесь тщательно растирают.

Притирку можно вести и всухую, но тогда изделие получает не совсем гладкую поверхность; кроме того, процесс обработки замедляется вследствие быстрого затупления зерен шлифующего порошка. Вдобавок притираемое изделие быстро нагревается, что грозит потерей точности. Все эти явления делают употребление смазки при притирке обязательным.

Притирка плоских поверхностей. Притирка чаще всего производится на неподвижных притирочных плитах, размеры которых зависят от формы и величины притираемых изделий. Притирка подразделяется на предварительную и окончательную. Предварительную притирку делают на плите с канавками (рис. 35,а), окончательную – на плитах с гладкой поверхностью (рис. 35,б).

Притирочные плиты

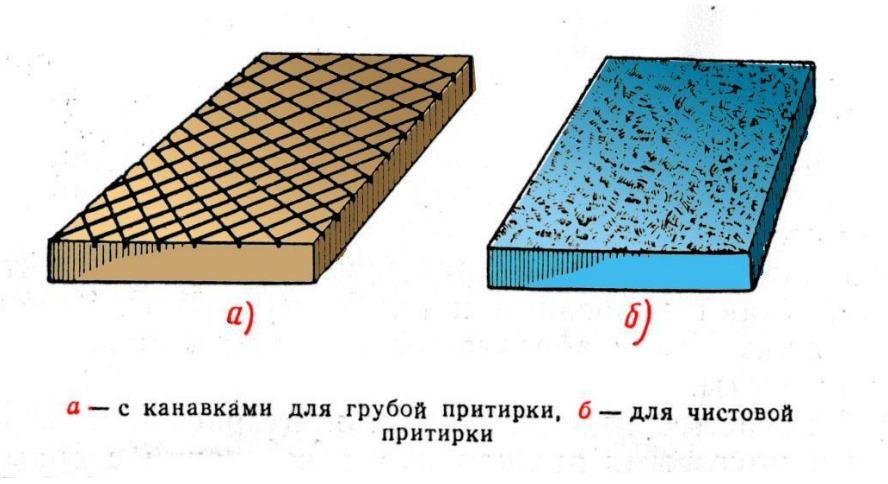
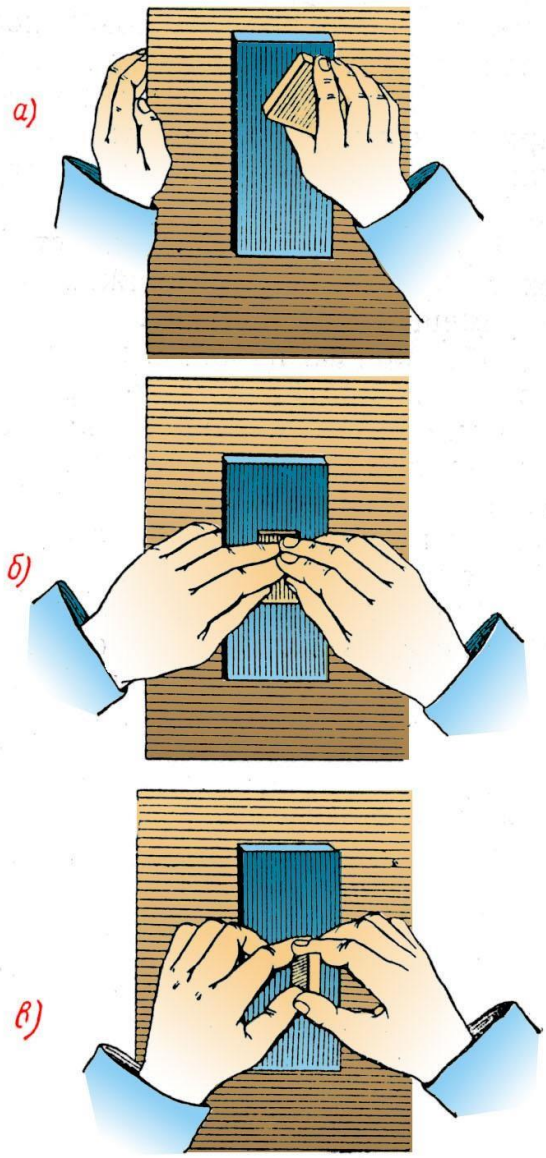


Рис. 35

Притирка на плитах дает очень точные результаты, поэтому на них притирают детали, требующие наивысшей точности, например лекальные линейки, шаблоны, калибры, плитки (рис. 36).

Приемы притирки плоских плиток



а — притирка поверочной плитки, *б* — притирка широкой плоскости мерительной плитки, *в* — притирка узкой стороны мерительной плитки

Рис. 36

Перед началом притирки рабочую поверхность притирочной плиты смачивают керосином и насухо вытирают. Затем на нее наносят тонким слоем абразивный порошок в виде полужидкой массы или пасты.

Обрабатываемое изделие кладут притираемой поверхностью на плиту и круговыми движениями в сочетании с прямыми перемещают его по всей поверхности плиты. Нажим на изделие должен быть равномерным и несильным, работать надо осторожно, чтобы избежать сильного нагрева

изделий, который может привес- 44 ти к короблению или изменению размеров. Если изделие нагрелось, притирку приостанавливают и дают изделию охладиться.

Притирку узких поверхностей ведут при помощи металлического бруска. Брусок прижимают к детали сбоку и вместе с ней перемещают по притиру. Абразивный порошок или паста срабатываются после 10-12 движений притираемой поверхности по одному и тому же месту плиты. Сделав указанное количество движений, абразивную массу удаляют с поверхности плиты чистой тряпкой и наносят свежий слой. Притирка со сменой слоя абразивной массы повторяется несколько раз, пока обрабатываемая поверхность не получит надлежащего вида.

Окончательная притирка для придания поверхности блеска производится на одном масле с прибавлением остатков абразивного порошка от предварительной притирки.

3. Резюме Изучив данный учебный элемент, слесарь по ремонту вентиляционного оборудования получил достаточные знания по выполнению основных слесарных операций, по правильному применению нужной технологии обработки заготовок, подбору нужного инструмента и приспособлений

2. Материаловедение

Материаловедение — наука о связях между составом, строением и свойствами материалов и закономерностях их изменений при внешних физико-химических воздействиях.

Все материалы по химической основе делятся на две основные группы — металлические и неметаллические. К металлическим относятся металлы и их сплавы. Металлы составляют более 2/3 всех известных химических элементов.

В свою очередь, металлические материалы делятся на черные и цветные. К черным относятся железо и сплавы на его основе — стали и чугуны. Все остальные металлы относятся к цветным. Чистые металлы обладают низкими механическими свойствами по сравнению со сплавами, и поэтому их применение ограничивается теми случаями, когда необходимо использовать их специальные свойства (например, магнитные или электрические).

Практическое значение различных металлов не одинаково. Наибольшее применение в технике приобрели черные металлы. На основе железа изготавливают более 90% всей металлопродукции. Однако цветные металлы обладают целым рядом ценных физико-химических свойств, которые делают их незаменимыми. Из цветных металлов наибольшее промышленное значение имеют алюминий, медь, магний, титан и др.

Кроме металлических, в промышленности значительное место занимают различные неметаллические материалы — пластмассы, керамика, резина и др. Их производство и применение развивается в настоящее время опережающими темпами по сравнению с металлическими материалами. Но использование их в промышленности невелико (до 10%) и предсказание тридцатилетней давности о том, что неметаллические материалы к концу века существенно потеснят металлические, не оправдалось.

1. Качество и свойства материалов

1.1 Качество материалов и его оценка

Качеством материала называется совокупность его свойств, удовлетворяющих определенные потребности в соответствии с назначением. Уровень качества определяется соответствующими показателями, представляющими собой количественную характеристику одного или нескольких свойств материалов, которые определяют их качество применительно к конкретным условиям изготовления и использования. По количеству характеризуемых свойств показатели качества подразделяются на

единичные и комплексные. Единичный показатель качества характеризуется только одним свойством (например, твердость стали). Комплексный показатель характеризуется несколькими свойствами продукции. При этом продукция считается качественной только в том случае, если весь комплекс оцениваемых свойств удовлетворяет установленным требованиям качества. Примером комплексного показателя качества стали могут служить оценка химического состава, механических свойств, микро- и макроструктуры. Комплексные показатели качества устанавливаются государственными стандартами.

Методы контроля качества могут быть самые разнообразные: визуальный осмотр, органолептический анализ и инструментальный контроль. По стадии определения качества различают контроль предварительный, промежуточный и окончательный.

При предварительном контроле оценивается качество исходного сырья, при промежуточном — соблюдение установленного технологического процесса. Окончательный контроль определяет качество готовой продукции, ее годность и соответствие стандартам. Годной считается продукция, полностью отвечающая требованиям стандартов и технических условий. Продукция, имеющая дефекты и отклонения от стандартов, считается, браком.

Качество материала определяется главным образом его свойствами, химическим составом и структурой. Причем свойства материала зависят от структуры, которая, в свою очередь, зависит от химического состава. Поэтому при оценке качества могут определяться свойства, состав и оцениваться структура материала. Свойства материалов и методы определения некоторых из них изложены в следующих разделах. Химический состав может определяться химическим анализом или спектральным анализом.

Существуют различные методы изучения структуры материалов. С помощью макроанализа изучают структуру, видимую невооруженным глазом или при небольшом увеличении с помощью лупы. Макроанализ позволяет выявить различные особенности строения и дефекты (трещины, пористость, раковины и др.). Микроанализом называется изучение структуры с помощью оптического микроскопа при увеличении до 3000 раз. Электронный микроскоп позволяет изучать структуру при увеличении до 25000 раз.

Рентгеновский анализ применяют для выявления внутренних дефектов. Он основан на том, что рентгеновские лучи, проходящие через материал и через дефекты, ослабляются в разной степени. Глубина проникновения рентгеновских лучей в сталь составляет 80 мм. Эту же физическую основу имеет просвечивание гамма-лучами, но они способны проникать на большую глубину (для стали — до 300мм). Просвечивание радиолучами

сантиметрового и миллиметрового диапазона позволяет обнаружить дефекты в поверхностном слое неметаллических материалов, так как проникающая способность радиоволн в металлических материалах невелика.

Магнитная дефектоскопия позволяет выявить дефекты в поверхностном слое (до 2 мм) металлических материалов, обладающих магнитными свойствами и основана на искажении магнитного поля в местах дефектов.

Ультразвуковая дефектоскопия позволяет осуществлять эффективный контроль качества на большой «дубине. Она основана на том, что при наличии дефекта интенсивность проходящего через материал ультразвука меняется.

Капиллярная дефектоскопия служит для выявления невидимых глазом тонких трещин. Она использует эффект заполнения этих трещин легко смачивающими материал жидкостями.

1.2 Механические свойства материалов

Механические свойства характеризуют способность материалов сопротивляться действию внешних сил. К основным механическим свойствам относятся прочность, твердость, ударная вязкость, упругость, пластичность, хрупкость и др.

Прочность — это способность материала сопротивляться разрушающему воздействию внешних сил.

Твердость — это способность материала сопротивляться внедрению в него другого, более твердого тела под действием нагрузки. Вязкостью называется свойство материала сопротивляться разрушению под действием динамических нагрузок.

Упругость — это свойство материалов восстанавливать свои размеры и форму после прекращения действия нагрузки. Пластичностью называется способность материалов изменять свои размеры и форму под действием внешних сил, не разрушаясь при этом.

Хрупкость — это свойство материалов разрушаться под действием внешних сил без остаточных деформаций.

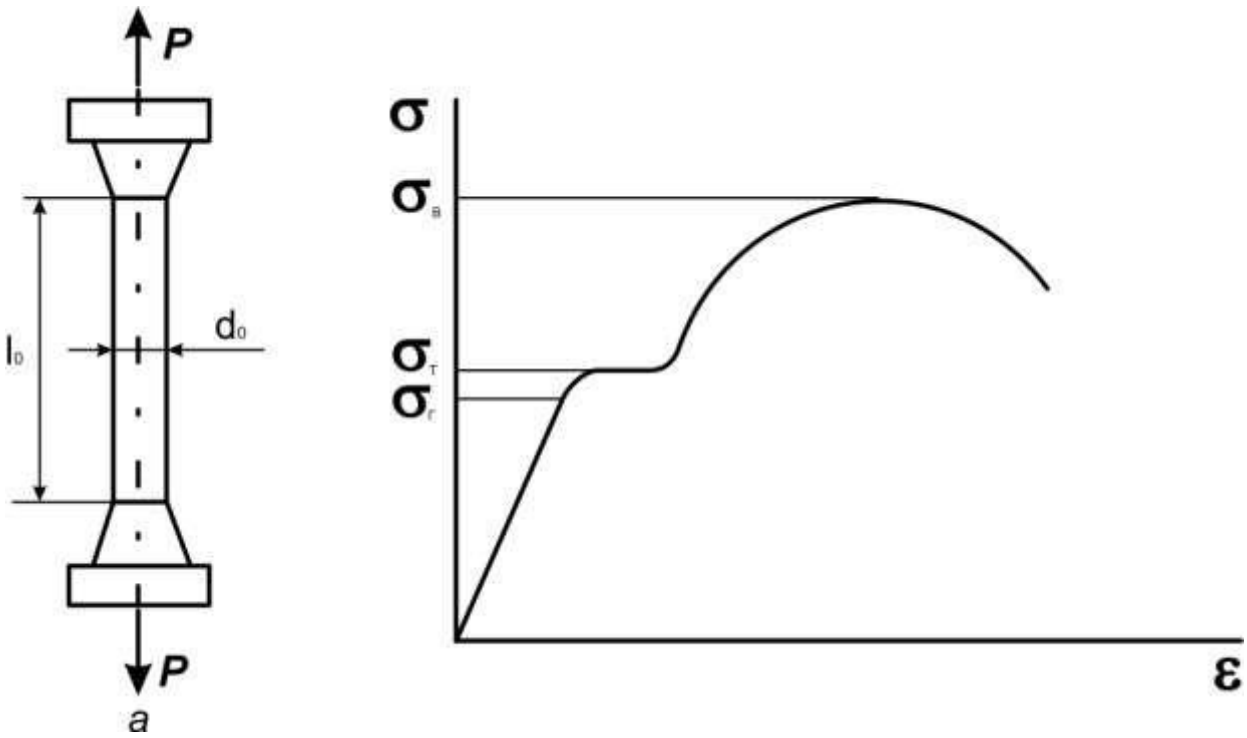


Рис. 1 Статические испытания на растяжение: а – схема испытания; б – диаграмма растяжения

При статических испытаниях на растяжение определяют величины, характеризующие прочность, пластичность и упругость материала. Испытания производятся на цилиндрических (или плоских) образцах с определенным соотношением между длиной l0 и диаметром d0. Образец растягивается под действием приложенной силы P (рис. 1,а) до разрушения. Внешняя нагрузка вызывает в образце напряжение и деформацию. Σ — это отношение силы P к площади поперечною сечения F, Мпа:

$$\sigma = \frac{P}{F},$$

Деформация характеризует изменение размеров образца под действием нагрузки, %:

$$\varepsilon = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100,$$

где: l — длина растянутого образца.

Деформация может быть упругой (исчезающей после снятия нагрузки) и пластической (остающейся после снятия нагрузки).

При испытаниях стоится диаграмма растяжения, представляющая собой зависимость напряжения от деформации. На рис. 1,б приведена такая диаграмма для низкоуглеродистой стали. После проведения испытаний определяются следующие характеристики механических свойств.

Предел упругости σу— это максимальное напряжение, при котором в образце не возникают пластические деформации.

Предел текучести σТ — это напряжение, соответствующее площадке текучести на диаграмме растяжения (рис. 1,6). Если на диаграмме нет площадки текучести (что наблюдается для хрупких материалов), то определяют условный предел текучести σ0,2 — напряжение, вызывающее пластическую деформацию, равную 0,2%.

Предел прочности (или временное сопротивление) σв — это напряжение, отвечающее максимальной нагрузке, которую выдерживает образец при испытании.

Относительное удлинение после разрыва δ — отношение приращения длины образца при растяжении к начальной длине l0, %:

$$\delta = \frac{\ell_к - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100,$$

где lk —длина образца после разрыва.

Относительным сужением после разрыва ψ называется уменьшение площади поперечного сечения образца, отнесенное к начальному сечению образца, %:

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

где Fk — площадь поперечного сечения образца в месте разрыва. Относительное удлинение и относительное сужение характеризуют пластичность материала.

Твердость металлов измеряется путем вдавливания в испытуемый образец твердого наконечника различной формы.

Метод Бринелля основан на вдавливании в поверхность металла стального закаленного шарика под действием определенной нагрузки. После снятия нагрузки в образце остается отпечаток. Число твердости по Бринеллю НВ определяется отношением нагрузки, действующей на шарик, к площади поверхности полученного отпечатка.

Метод Роквелла основан на вдавливании в испытуемый образец закаленного стального шарика диаметром 1,588 мм (шкала В) или алмазного конуса с углом при вершине 120° (шкалы А и С). Вдавливание производится под действием двух нагрузок — предварительной равной 100 Н и окончательной равной 600, 1000. 1500 Н для шкал А, В и С соответственно.

Число твердости по Роквеллу HRA, HRB и HRC определяется по разности глубин вдавливания.

В методе Виккерса применяют вдавливание алмазной четырехгранной пирамиды с углом при вершине 136°. Число твердости по Виккерсу HV определяется отношением приложенной нафузки к площади поверхности отпечатка.

Ударная вязкость определяется работой А, затраченной на разрушение образца, отнесенной к площади его поперечного сечения F; Дж/м2 :

$$KC = \frac{A}{F}$$

Испытания проводятся ударом специального маятникового копра. Дпя испытания применяется стандартный надрезанный образец, устанавливаемый на опорах копра. Маятник определенной массы наносит удар по стороне противоположной надрезу.

1.3 Технология материалов и технологические свойства

Технология материалов представляет собой совокупность современных знаний о способах производства материалов и средствах их переработки в целях изготовления изделий различного назначения. Металлы и сплавы производят путем выплавки при высоких температурах из различных металлических руд. Отрасль промышленности, занимающаяся производством металлов и сплавов, называется металлургией. Полимеры (пластмассы, резина, синтетические волокна) изготовляются чаще всего с помощью процессов органического синтеза. Исходным сырьем при этом служат нефть, газ, каменный уголь.

Готовые изделия и заготовки для дальнейшей обработки из металлов и сплавов производятся путем литья или обработки давлением. Литейное производство занимается изготовлением изделий путем заливки расплавленного металла в специальную форму, внутренняя полость которой имеет конфигурацию изделия. Различают литье в песчаные формы (в землю) и специальные способы литья. Песчаные литейные формы изготовляются путем уплотнения формовочных смесей, основой которых является кварцевый песок. К специальным способам относится литье в кокиль, литье под давлением, центробежное литье, литье в оболочковые формы, литье по выплавляемым моделям. Кокиль — это специальная металлическая форма. При литье под давлением заливка металла в металлическую форму и его застывание происходит под избыточным давлением. При центробежном литье металл заливается во вращающуюся металлическую форму. Оболочковые

формы состоят из мелкого песка со связующим. При литье по выплавляемым моделям керамическая форма изготовляется путем погружения модели из легкоплавкого материала (парафина, стеарина) в керамическую суспензию и последующей выплавки модели из формы. Сплавы, предназначенные для получения деталей литьем, называются литейными.

Обработкой металлов давлением называют изменение формы заготовки под воздействием внешних сил. К видам обработки металлов давлением относятся прокатка, прессование, волочение, ковка и штамповка. Прокатка заключается в обжатии заготовки между вращающимися валками. При прессовании металл выдавливается из замкнутого объема через отверстие. Волочение заключается в протягивании заготовки через отверстие. Ковкой называется процесс свободного деформирования металла ударами молота или давлением пресса. Штамповкой получают детали с помощью специального инструмента — штампа, представляющего собой металлическую разъемную форму, внутри которой расположена полость, соответствующая конфигурации детали. Сплавы, предназначенные для получения деталей обработкой давлением, называют деформируемыми.

Сравнительно новым направлением производства металлических деталей является порошковая металлургия, которая занимается производством деталей из металлических порошков путем прессования и спекания.

Изделия из пластмасс получают путем прессования, литья или выдавливания. Резиновые изделия получают обработкой между валами (каландрированием), выдавливанием, прессованием или литьем с последующей. Изделия из керамических материалов получают путем формования и обжига или прессования и спекания.

Сваркой называется технологический процесс получения неразъемных соединений материалов путем установления межатомных связей между свариваемыми частями при их нагреве или пластическом деформировании или совместном действии того и другого. Сваркой соединяют однородные и разнородные металлы и их сплавы, металлы с некоторыми неметаллическими материалами (керамикой, графитом, стеклом), а также пластмассы.

Заключительной стадией изготовления изделий часто является обработка резанием, заключающаяся в снятии с заготовки режущим инструментом слоя материала в виде стружки. В результате этого заготовка приобретает правильную форму, точные размеры, необходимое качество поверхности.

Технологические свойства определяют способность материалов подвергаться различным видом обработки. Литейные свойства

характеризуются способностью металлов и сплавов в расплавленном состоянии хорошо заполнять полость литейной формы и точно воспроизводить ее очертания (жидкотекучестыо), величиной уменьшения объема при затвердевании (усадкой), склонностью к образованию трещин и пор, склонностью к поглощению газов в расплавленном состоянии.

Ковкость — это способность металлов и сплавов подвергаться различным видам обработки давлением без разрушения.

Свариваемость определяется способностью материалов образовывать прочные сварные соединения.

Обрабатываемость резанием определяется способностью материалов поддаваться обработке режущим инструментом.

1.4 Физические, химические и эксплуатационные свойства материалов

К физическим свойствам материалов относится плотность, температура плавления, электропроводность, теплопроводность, магнитные свойства, коэффициент температурного расширения и др.

Плотностью называется отношение массы однородного материала к единице его объема. Это свойство важно при использовании материалов в авиационной и ракетной технике, где создаваемые конструкции должны быть легкими и прочными.

Температура плавления — это такая температура, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое. Чем ниже температура плавления металла, тем легче протекают процессы его плавления, сварки и тем они дешевле.

Электропроводностью называется способность материала хорошо и без потерь на выделение тепла проводить электрический ток. Хорошей электропроводностью обладают металлы и их сплавы, особенно медь и алюминий. Большинство неметаллических материалов не способны проводить электрический ток, что также является важным свойством, используемом в электроизоляционных материалах.

Теплопроводность — это способность материала переносить теплоту от более нагретых частей тел к менее нагретым. Хорошей теплопроводностью характеризуются металлические материалы.

Магнитными свойствами т.е. способностью хорошо намагничиваться обладают только железо, никель, кобальт и их сплавы.

Коэффициенты линейного и объемного расширения характеризуют способность материала расширяться при нагревании. Это свойство важно

учитывать при строительстве мостов, прокладке железнодорожных и трамвайных путей и т.д.

Химические свойства характеризуют склонность материалов к взаимодействию с различными веществами и связаны со способностью материалов противостоять вредному действию этих веществ. Способность металлов и сплавов сопротивляться действию различных афессивных сред называется коррозионной стойкостью, а аналогичная способность неметаллических материалов — химической стойкостью.

К эксплуатационным (служебным) свойствам относятся жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, радиационная стойкость, коррозионная и химическая стойкость и др. Жаростойкость характеризует способность металлического материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре. Жаропрочность характеризует способность материала сохранять механические свойства при высокой температуре. Износостойкость — это способность материапа сопротивляться разрушению его поверхностных слоев при трении. Радиационная стойкость характеризует способность материала сопротивляться действию ядерного облучения.

2. Металлы и сплавы

2.1 Строение металлов

В технике под металлами понимают вещества, обладающие комплексов металлических свойств: характерным металлическим блеском, высокой электропроводностью, хорошей теплопроводностью, высокой пластичностью.

Кристаллические решетки. Все вещества в твердом состоянии могут иметь кристаллическое или аморфное строение. В аморфном веществе атомы расположены хаотично, а в кристаллическом — в строго определенном порядке. Все металлы в твердом состоянии имеют кристаллическое строение.

Для описания кристаллической структуры металлов пользуются понятием кристаллической решетки. Кристаллическая решетка — это воображаемая пространственная сетка, в узлах которой расположены атомы. Наименьшая часть кристаллической решетки, определяющая структуру металла, называется элементарной кристаллической ячейкой. На рис. 2 изображены элементарные ячейки для наиболее распространенных кристаллических решеток. В кубической объемно-центрированной решетке (рис. 2,а) атомы расположены в узлах ячейки и один атом в центре куба. Такую решетку имеют хром, вольфрам, молибден и др.

В кубической гранецентрированной решетке (рис. 2,б) атомы расположены в вершинах куба и в центре каждой грани. Эту решетку имеют алюминий, медь, никель и другие металлы. В гексагональной

плотноупакованной решетке (рис. 2,в) атомы расположены в вершинах и центрах оснований шестигранной призмы и три атома в середине призмы. Такой тип решетки имеют магний, цинк и некоторые другие металлы.

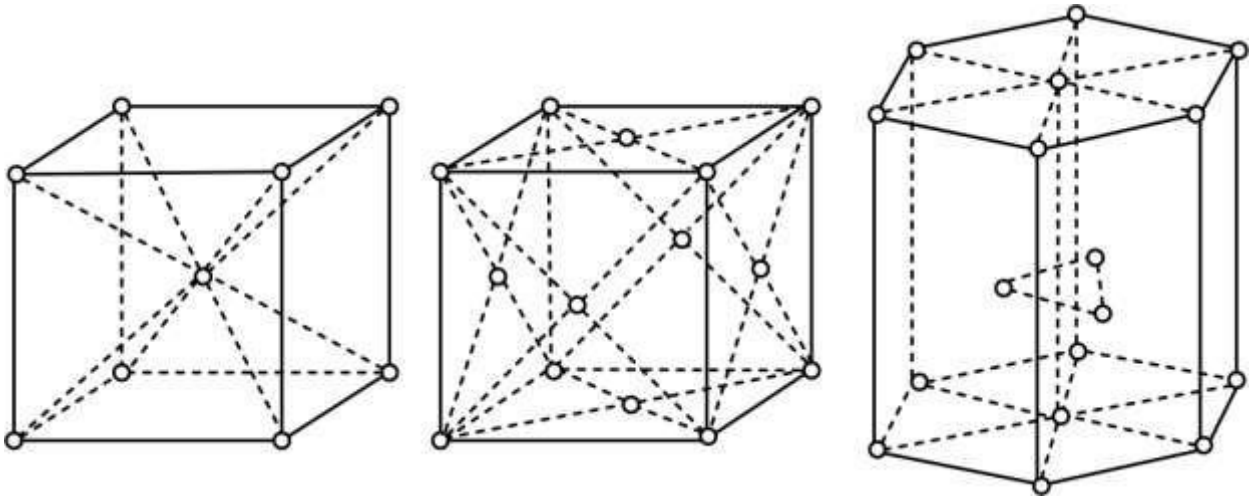


Рис. 2. Основные виды кристаллических решеток.

Кристаллизация металлов. Процесс образования в металлах кристаллической решетки называется кристаллизацией. Для изучения процесса кристаллизации строят кривые охлаждения металлов, которые показывают изменение температуры (t) во времени (τ). На рис. 3 приведены кривые охлаждения аморфного и кристаллического веществ. Затвердевание аморфного вещества (рис. 3,а) происходит постепенно, без резко выраженной границы между жидким и твердым состоянием. На кривой охлаждения кристаллического вещества (рис. 3,6) имеется горизонтальный участок с температурой tкр), называемой температурой кристаллизации. Наличие этого участка говорит о том, что процесс сопровождается выделением скрытой теплоты кристаллизации. Длина горизонтального участка — это время кристаллизации.

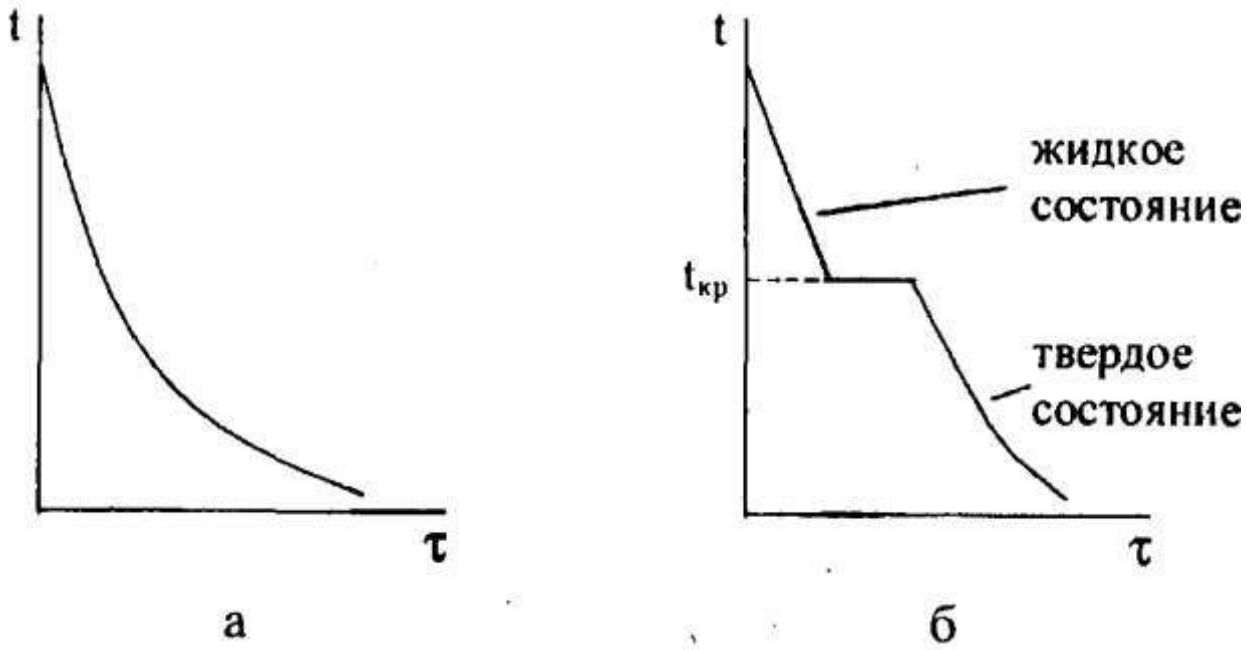


Рис. 3. Кривые охлаждения аморфного и кристаллического тел Кристаллизация металла происходит постепенно. Она объединяет два процесса, происходящих одновременно: возникновение центров кристаллизации и рост кристаллов. В процессе кристаллизации когда растущий кристалл окружен жидкостью, он имеет правильную геометрическую форму. При столкновении растущих кристаллов их правильная форма нарушается (рис. 4.)

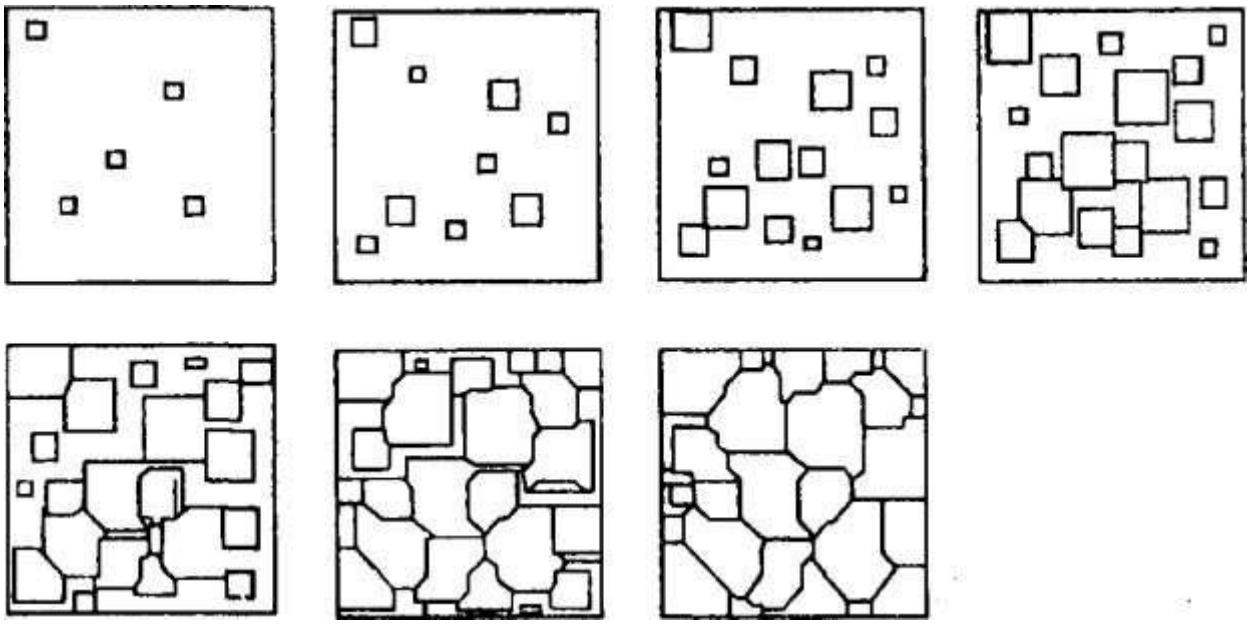


Рис. 4. Схема процесса кристаллизации металла После окончания кристаллизации образуются кристаллы неправильной формы, которые называются зернами или кристаллитами. Внутри каждого зерна имеется определенная ориентация кристаллической решетки, отличающаяся от ориентации решеток соседних зерен.

Полиморфизм. Некоторые металлы в зависимости от температуры могут существовать в различных кристаллических формах. Это явление называется полиморфизм или аллотропия, а различные кристаллические формы одного вещества называются полиморфными модификациями. Процесс перехода от одной кристаллической формы к другой называется полиморфным превращением.

Полиморфные превращения протекают при определенной температуре. Полиморфные модификации обозначают строчными греческими буквами α, β, γ, δ и т. д., причем, α соответствует модификации, существующей при наиболее низкой температуре. Полиморфизм характерен для железа, олова, кобальта, марганца, титана и некоторых других металлов.

Важное значение имеет полиморфизм железа. На рис. 5 изображена кривая охлаждения железа. Полиморфные превращения характеризуются горизонтальными участками на кривой охлаждения, так как при них происходит полная перекристаллизация металла. До 911° С устойчиво Feα , имеющее кубическую объемно-центрированную решетку. В интервале 911-1392° С существует Feγ с кубической гранецентрированной кристаллической решеткой. При 1392-1539° С вновь устойчиво Feα . Часто высокотемпературную модификацию Feα обозначают Feδ . Остановка на кривой охлаждения при 768° С связана не с полиморфным превращением, а с изменением магнитных свойств. До 768° С железо магнитно, а выше — немагнитно.

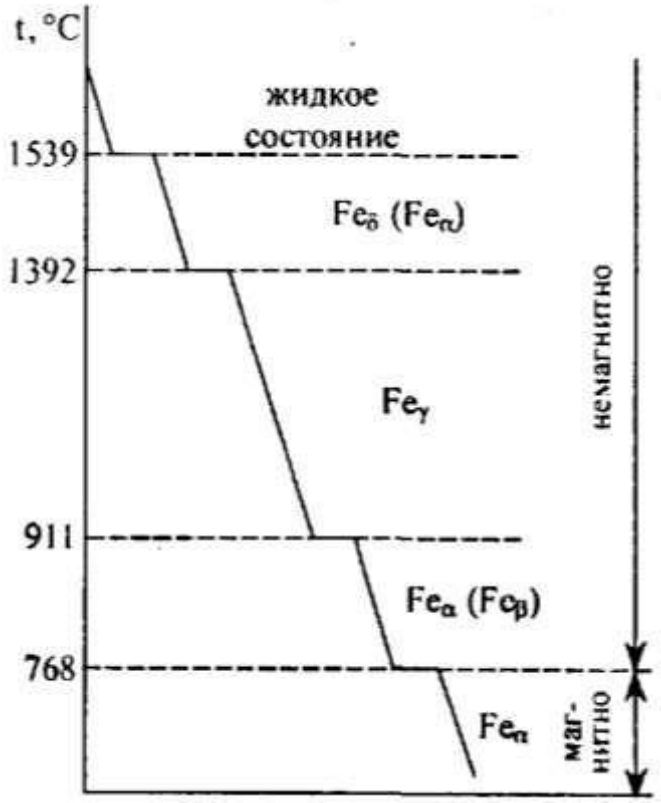


Рис. 5. Кривая охлаждения железа

Дефекты кристаллического строения. Реальный металлический кристалл всегда имеет дефекты кристаллического строения. Они подразделяются на точечные, линейные и поверхностные.

Точечные дефекты малы во всех трех измерениях. К точечным дефектам относятся вакансии, представляющие собой узлы кристаллической решетки в которых отсутствуют атомы (рис. 6,а), а также замещенные атомы примеси (рис. 6,6) и внедренные атомы (рис. 6,в) которые могут быть как примесными, так и атомами основного металла. Точечные дефекты вызывают местные искажения кристаллической решетки, которые затухают достаточно быстро по мере удаления от дефекта.

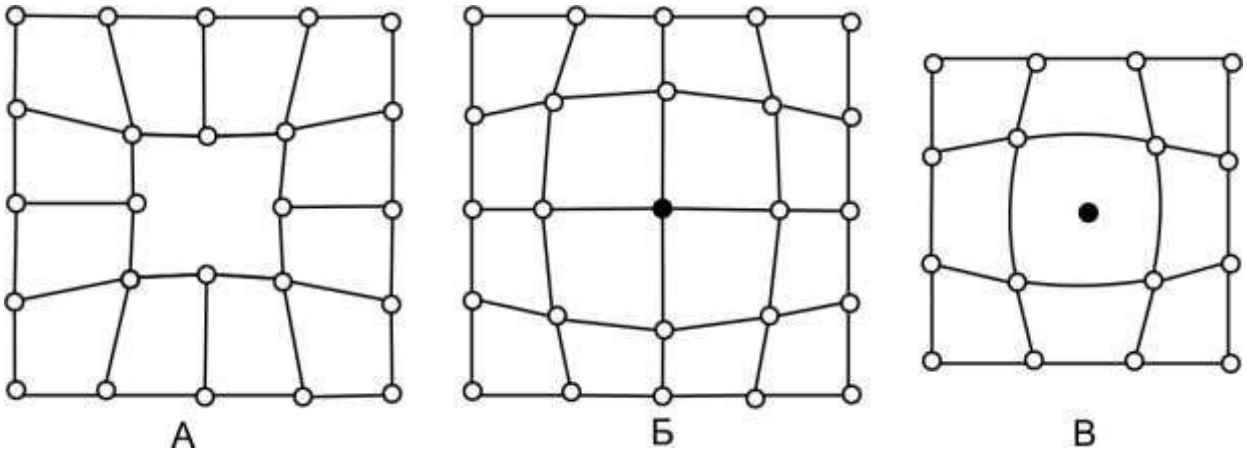


Рис. 6. Схемы точечных дефектов в кристаллах

Линейные дефекты имеют малые размеры в двух измерениях и большую протяженность в третьем. Эти дефекты называют дислокациями. Краевая дислокация (рис. 7) представляет собой искажение кристаллической решетки, вызванное наличием «лишней» атомной полуплоскости.

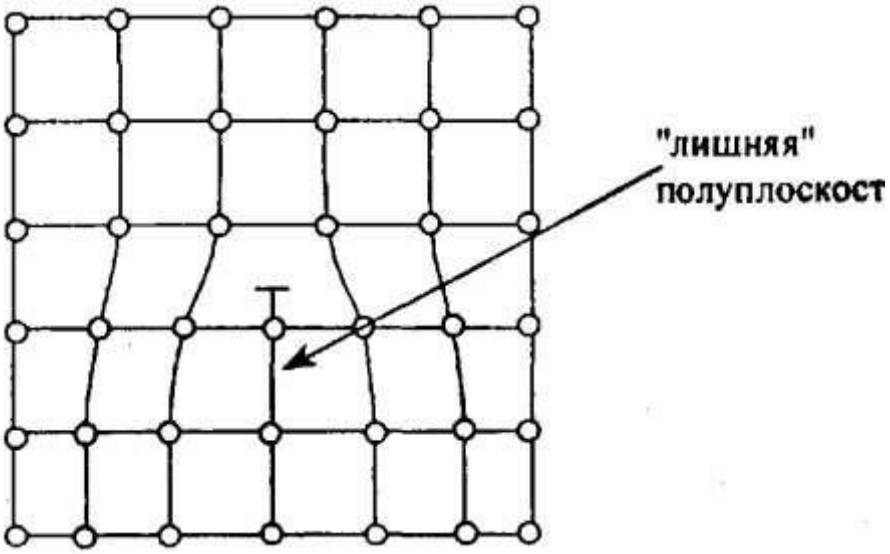


Рис. 7. Схема краевой дислокации Поверхностные дефекты малы только в одном измерении. К ним относятся, например, границы между отдельными зернами или группами зерен.

Наклеп и рекристаллизация. При пластической деформации изменяется не только форма и размеры металла, но также его внутреннее строение и механические свойства. Зерна разворачиваются, деформируются и сплющиваются, вытягиваясь в направлении деформации. Образуется волокнистая структура. При этом прочность и твердость металла повышаются, а пластичность и вязкость снижаются. Явление упрочнения металла при пластической деформации называется наклепом.

Волокнистое строение и наклеп могут быть устранены при нагреве металла. Частичное снятие наклепа происходит уже при небольшом нагреве (до 300-400°С для железа). Но волокнистая структура при этом сохраняется. При нагреве до более высокой температуры в металле происходит образование новых равноосных зерен. Этот процесс называется рекристаллизацией. Наклеп при этом снимается полностью.

Температура, при которой начинается процесс рекристаллизации называется температурой рекристаллизации. Абсолютная температура рекристаллизации Тр связана с абсолютной температурой плавления простой зависимостью: Тр=а·Тпт где а — коэффициент, зависящий от состава и структуры металла. Для особо чистых металлов а = 0,2, для металлов технической чистоты а = 0,3-0,4, для сплавов а = 0,5-0,6.

Если деформирование металла происходит при температуре, которая выше температуры рекристаллизации, то наклеп после деформации не возникает. Такая деформация называется горячей. При горячей деформации идут одновременно процессы упрочнения и рекристаллизации. Деформация, которая происходит ниже температуры рекристаллизации, называется холодной.

2.2 Металлические сплавы

Металлическим сплавом называется материал, полученный сплавлением двух или более металлов или металлов с неметаллами, обладающий металлическими свойствами. Вещества, которые образуют сплав называются компонентами. Фазой называют однородную часть сплава, характеризующуюся определенными составом и строением и отделенную от других частей сплава поверхностью раздела. Под структурой понимают форму размер и характер взаимного расположения фаз в металлах и сплавах. Структурными составляющими называют обособленные части сплава, имеющие одинаковое строение с присущими им характерными особенностями.

Виды сплавов но структуре. По характеру взаимодействия компонентов все сплавы подразделяются на три основных типа: механические смеси, химические соединения и твердые растворы.

Механическая смесь двух компонентов А и В образуется, если они не способны к взаимодействию или взаимному растворению. Каждый компонент при этом кристаллизуется в свою кристаллическую решетку. Структура механических смесей неоднородная, состоящая из отдельных зерен компонента А и компонента В. Свойства механических смесей зависят от количественного соотношения компонентов: чем больше в сплаве данного компонента, тем ближе к его свойствам свойства смеси.

Химическое соединение образуется когда компоненты сплава А и В вступают в химическое взаимодействие. При этом при этом соотношение чисел атомов в соединении соответствует его химической формуле AmBn. Химическое соединение имеет свою кристаллическую решетку, которая отличается от кристаллических решеток компонентов. Химические соединения имеют однородную структуру, состоящую из одинаковых по составу и свойствам зерен.

При образовании твердого раствора атомы одного компонента входят в кристаллическую решетку другого. Твердые растворы замещения образуются в результате частичного замещения атомов кристаллической решетки одного компонента атомами второго (рис. 6,6.). Твердые растворы внедрения образуются когда атомы растворенного компонента внедряются в кристаллическую решетку компонента -растворителя (рис. 6,в.). Твердый раствор имеет однородную структуру, одну кристаллическую решетку. В отличие от химического соединения твердый раствор существует не при строго определенном соотношении компонентов, а в интервале концентраций. Обозначают твердые растворы строчными буквами греческого алфавита α, δ, β, τ, и т. д. Диаграмма состояния.

Диаграмма состояния показывает строение сплава в зависимости от соотношения компонентов и от температуры. Она строится экспериментально по кривым охлаждения сплавов (рис. 8). В отличие от чистых металлов сплавы кристаллизуются не при постоянной температуре, а в интервале температур. Поэтому на кривых охлаждения сплавов имеется две критические точки. В верхней критической точке, называемой точкой ликвидус (tл), начинается кристаллизация. В нижней критической точке, которая называется точкой солидус (tс), кристаллизация завершается. Кривая охлаждения механической смеси (рис. 8,а) отличается от кривой охлаждения твердого раствора (рис. 8,б) наличием горизонтального участка. На этом участке происходит кристаллизация эвтектики. Эвтектикой называют механическую смесь двух фаз, одновременно кристаллизовавшихся из жидкого сплава. Эвтектика имеет определенный химический состав и образуется при постоянной температуре.

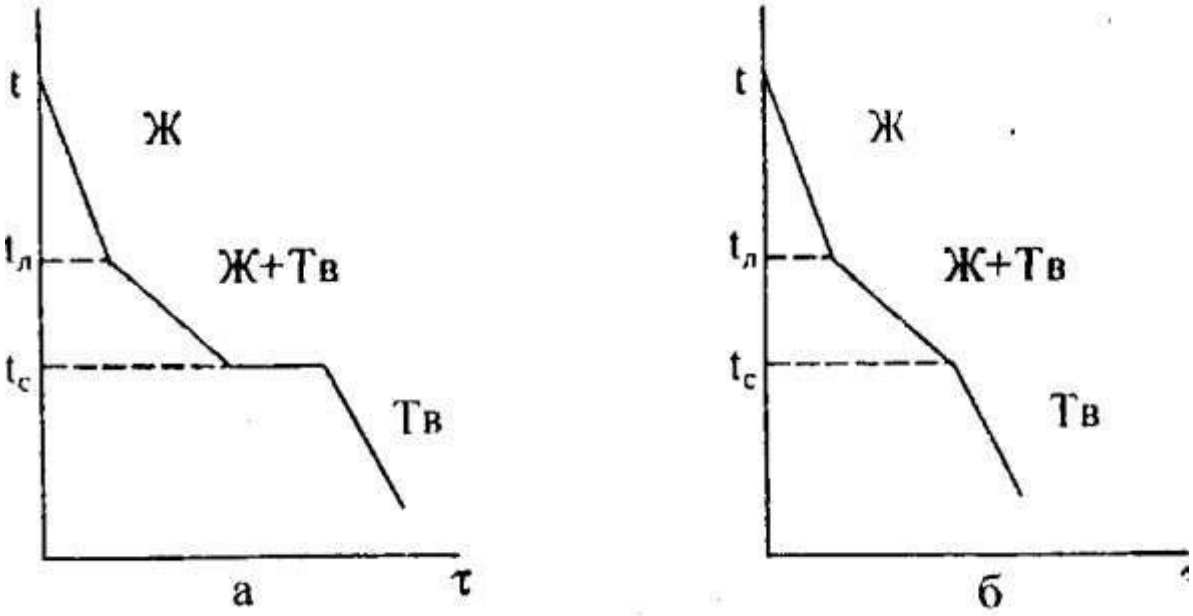


Рис. 8. Кривые охлаждения сплавов: а - механической смеси, б - твердого раствора Диаграмму состояния строят в координатах температура-концентрация. Линии диаграммы разграничивают области одинаковых фазовых состояний. Вид диаграммы зависит от того, как взаимодействуют между собой компоненты. Для построения диаграммы состояния используют большое количество кривых охлаждения для сплавов различных концентраций. При построении диаграммы критические точки переносятся с кривых охлаждения на диаграмму и соединяются линией. В получившихся на диаграмме областях записывают фазы или структурные составляющие. Линия диаграммы состояния на которой при охлаждении начинается кристаллизация сплава называется линией ликвидус, а линия на которой кристаллизация завершается — линией солидус.

Виды диаграмм состояния.

Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси (рис. 9), характеризуется отсутствием растворения компонентов в твердом состоянии. Поэтому в этом сплаве возможно образование грех фаз: жидкого сплава Ж, кристаллов А и кристаллов В. Линия АСВ диаграммы является линией ликвидус: на участке АС при охлаждении начинается кристаллизация компонента А, а на участке CD — компонента В. Линия DC B является линией солидус, на ней завершается кристаллизация А или В и при постоянной температуре происходит кристаллизация эвтектики Э. Сплавы концентрация которых соответствует точке С диаграммы называются эвтектическими, их структура представляет собой чистую эвтектику. Сплавы, расположенные на диаграмме левее эвтектического, называются доэвтектическими, их структура состоит из зерен А и эвтектики. Те сплавы которые на диаграмме расположены правее эвтектического, называются заэвтектическими, их структура представляет собой зерна В, окруженные эвтектикой.

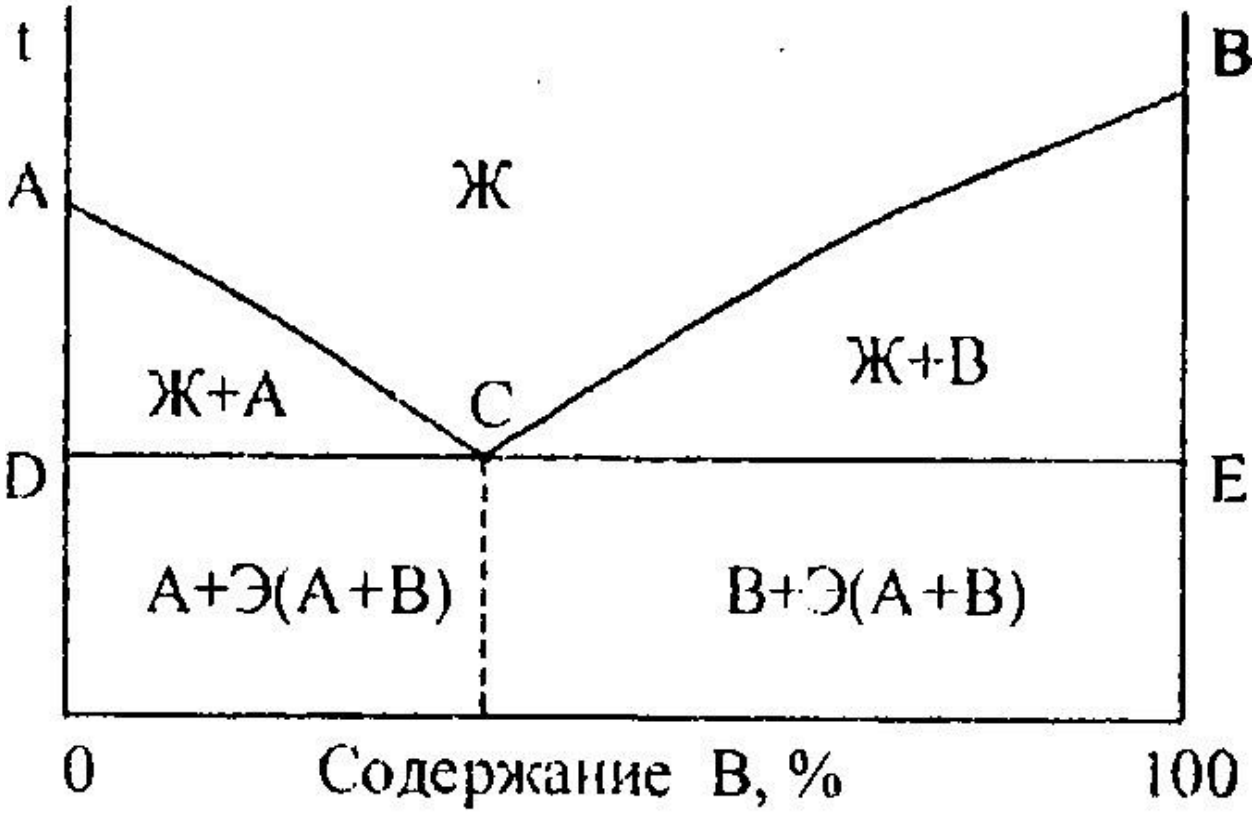


Рис. 9. Диаграмма состояния сплавов, образующих механические смеси

Диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии изображена на рис. 10. Для этого сплава возможно образование двух фаз: жидкого сплава и твердого раствора а. На диаграмме имеется всего две линии, верхняя является линией ликвидус, а нижняя — линией солидус. Диаграмма состояния сплавов с ограниченной

растворимостью компонентов в твердом состоянии показана на рис. 11. В этом сплаве могут существовать три

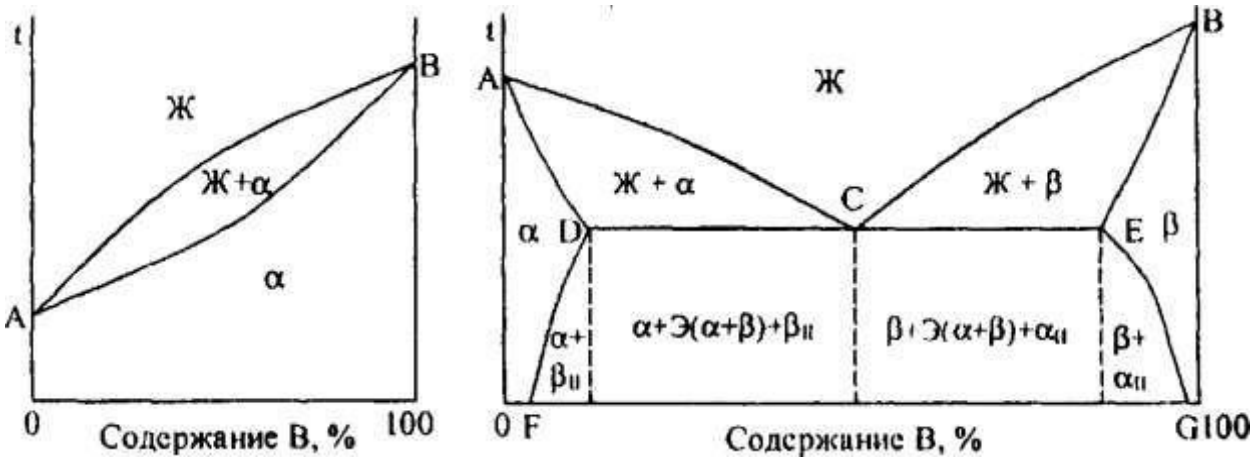


Рис. 10. Диаграмма с неограниченной растворимостью

Рис. 11. Диаграмма состояния сплавов с состояния сплавов с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии фазы — жидкий сплав, твердый раствор α компонента B в компоненте A и твердый раствор β компонента A в компоненте B. Данная диаграмма содержит в себе элементы двух предыдущих. Линия ACB является линией ликвидус, линия ADCEB — линией солидус. Здесь также образуется эвтектика, имеются эвтектический, доэвтектический и заэвтектический сплавы. По линиям FD и EG происходит выделение вторичных кристаллов aII и βII (вследствие уменьшения растворимости с понижением температуры). Процесс выделения вторичных кристаллов из твердой фазы называется вторичной кристаллизацией. Диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение (рис.12) характеризуется наличием вертикальной линии, соответствующей соотношением компонентов в химическом соединении AmBn. Эта линия делит диаграмму на две части, которые можно рассматривать как самостоятельные диаграммы сплавов, образуемых одним из компонентов с химическим соединением. На рис. 12 изображена диаграмма для случая, когда каждый из компонентов образует с химическим соединением механическую смесь.

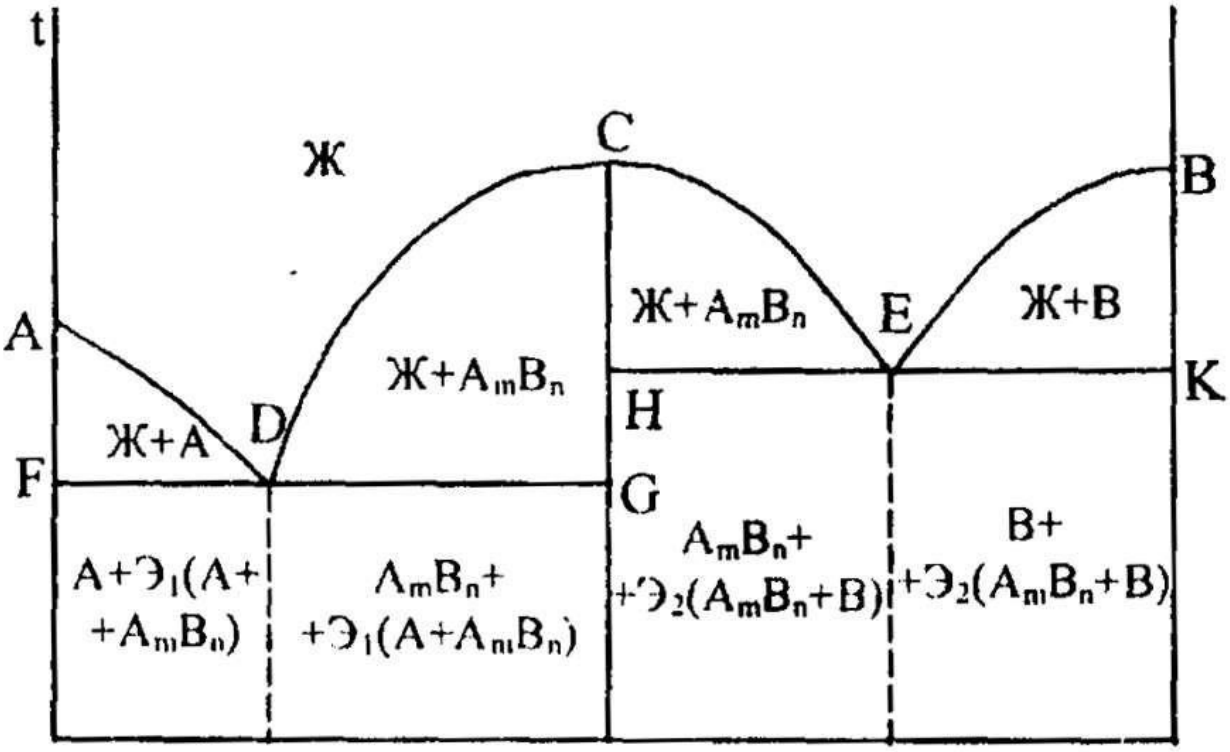


Рис. 12. Диаграмма состояния сплавов образующих химическое соединение

3. Сплавы железа с углеродом

3.1 Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов дает представление о строении основных конструкционных сплавов — сталей и чугунов. Компоненты, фазы и структурные составляющие сплавов железа с углеродом.

Железо — пластичный металл серебристо-белого цвета с невысокой твердостью (НВ 80). Температура плавления — 1539°С, плотность 7,83 г/см3 . Имеет полиморфные модификации (см. раздел 2.1.). С углеродом железо образует химическое соединение и твердые растворы.

Ферритом называется твердый раствор углерода в а- железе. Содержание углерода в феррите очень невелико — максимальное 0,02% при температуре 727°С. Благодаря столь малому содержанию углерода свойства феррита совпадают со свойствами железа (низкая твердость и высокая пластичность). Твердый раствор углерода в высокотемпературной модификации Feα (т.е. в Feδ) часто называют δферритом или высокотемпературным ферритом.

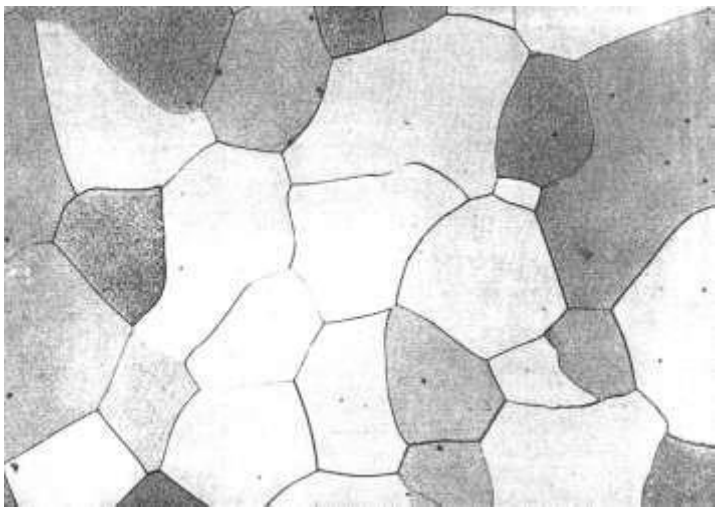
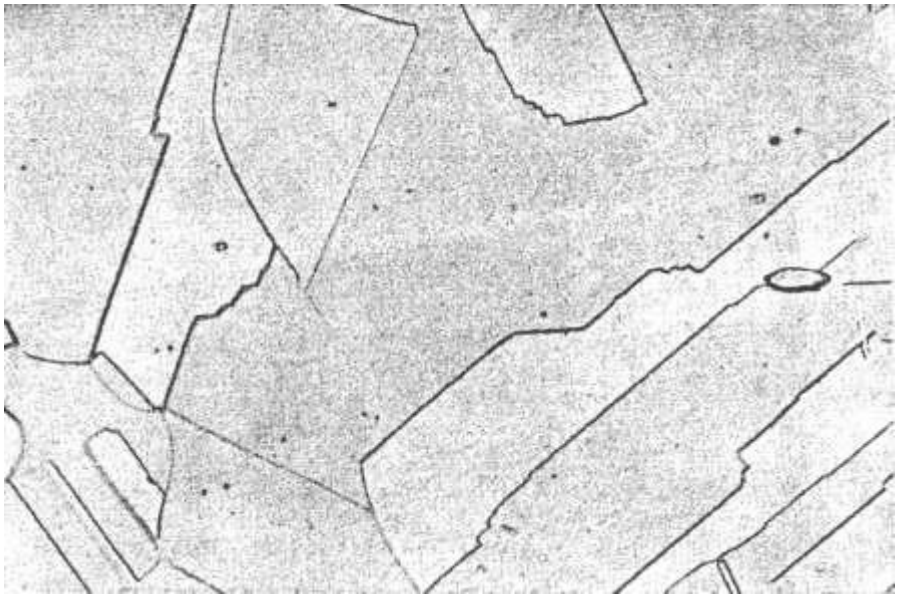


Рис. 13 Феррит

Аустенит — это твердый раствор углерода в γ- железе. Максимальное содержание углерода в аустените составляет 2,14% (при температуре 1147°С). Имеет твердость НВ 220. Рис.



14 Аустенит

Цементит — это химическое соединение железа с углеродом (карбид железа) Fe3C. В нем содержится 6,67 % углерода (по массе). Имеет сложную ромбическую кристаллическую решетку. Характеризуется очень высокой твердостью (НВ 800), крайне низкой пластичностью и хрупкостью.

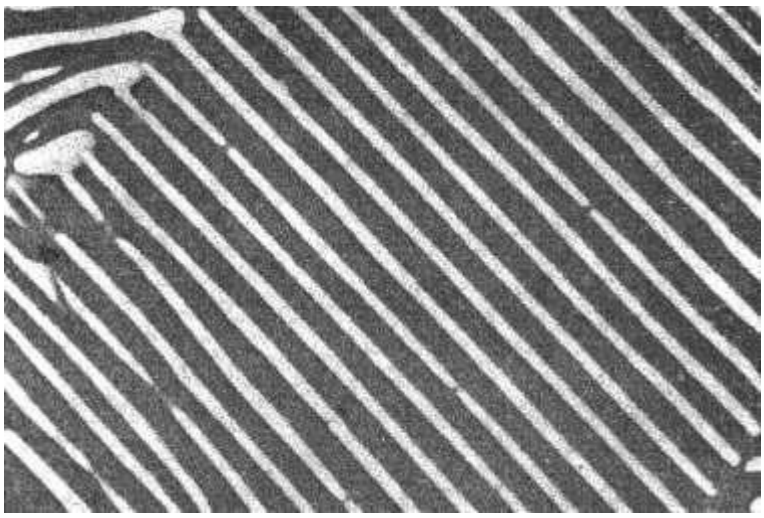


Рис. 15 Пластинчатый перлит

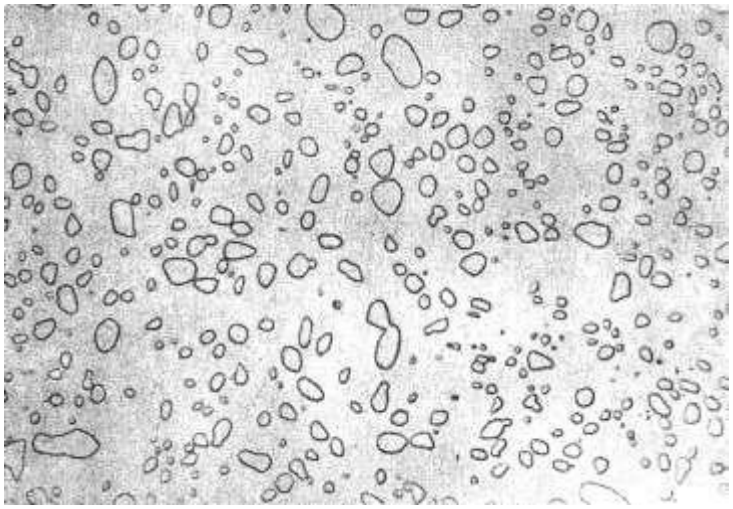


Рис. 16 Зернистый перлит

Перлит — это механическая смесь феррита с цементитом. Содержит 0,8% углерода, образуется из аустенита при температуре 727°С. Имеет пластинчатое строение, т.е. его зерна состоят из чередующихся пластинок феррита и цементита. Перлит является эвтектоидом.

Эвтектоид — это механическая смесь двух фаз, образующаяся из твердого раствора (а не из жидкого сплава, как эвтектика). Ледебурит представляет собой эвтектическую смесь аустенита с цементитом. Содержит 4,3% углерода, образуется из жидкого сплава при температуре 1147°С. При температуре 727°С аустенит, входящий в состав ледебурита превращается в перлит и ниже этой температуры ледебурит представляет собой механическую смесь перлита с цементитом. Фаза цементита имеет пять структурных форм: цементит первичный, образующийся из жидкого сплава; цементит вторичный, образующийся из аустенита; цементит третичный, образующийся из феррита; цементит ледебурита; цементит перлита.

Диаграмма Fe-Fe3C.

На рис. 17 приведена диаграмма состояния сплавов железа с цементитом.

На горизонтальной оси концентраций отложено содержание углерода от 0 до 6,67%. Левая вертикальная ось соответствует 100% содержанию железа. На ней отложены температура плавления железа и температуры его полиморфных превращений. Правая вертикальная ось (6,67% углерода) соответствует 100% содержанию цементита. Буквенное обозначение точек диаграммы принято согласно международному стандарту и изменению не подлежит. Точка Температура при нагреве, °С Предельная концентрация углерода, % Характеристика точки A 1539 0 Температура плавления железа B 1499 0,51 Состав жидкой фазы при перитектической реакции C 1147 4,3 Состав эвтектики - ледебурита D 1260 6,67 Температура плавления цементита E 1147 2,14 Предельная растворимость углерода в γ- железе J 1499 0,16 Состав аустенита при перитектической реакции H 1499 0,1 Состав феррита при перитектической реакции N 1399 0 Превращение δ - железа в γ - железо G 911 0 Превращение α - железа в γ - железо S 727 0,8 Состав эвтектоида - перлит P 727 0,025 Предельная растворимость углерода в α - железе Q 20 0,01 Минимальная растворимость углерода в α - железе Рис. 17 Диаграмма состояния железо-углерод Железоуглеродистые сплавы в зависимости от содержания углерода делятся на техническое железо (до 0,02% С), сталь (от 0,02 до 2,14 % С) и чугун (от 2,14 до 6,67% С). Сталь, содержащая до 0,8% С

называется доэвтектоидной, 0,8% С — эвтектоидной и свыше 0,8% С — заэвтектоидной. Чугун, содержащий от 2,14 до 4,3% С называется доэвтектическим, ровно 4,3% — эвтектическим и от 4,3 до 6,67% С — заэвтектическим. Структура техническою железа представляет собой зерна феррита или феррит с небольшим количеством третичного цементита. Обязательной структурной составляющей стали является перлит. Структура доэвтектоидной стали, состоит из равномерно распределенных зерен феррита и перлита. Эвтектоидная сталь состоит только из перлита. Структура заэвтектоидной стали представляет собой зерна перлита, окруженные сплошной или прерывистой сеткой вторичного цементита. Для чугуна характерно наличие ледебурита в структуре. Структура доэвтектического чугуна состоит из перлита, вторичного цементита и ледебурита, эвтектическою — из ледебурита и заэвтектического — из ледебурита и первичного цементита.

Значение диаграммы железо - цементит состоит в том, что она позволяет объяснить зависимость структуры и, соответственно, свойств сталей и чугунов от содержания углерода и определить режимы термической обработки для изменения свойств сталей.

3.2 Стали

Сталью называется сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится не более 2,14%. Это теоретическое определение. На практике в сталях, как правило, не содержится углерода более 1,5%.

Влияние углерода и примесей на свойства стали. Углерод существенно влияет на свойства стали даже при незначительном изменении ею содержания. В стали имеются две фазы — феррит и цементит (частично в виде перлита). Количество цементита возрастает прямо пропорционально содержанию углерода. Как уже говорилось, феррит характеризуется высокой пластичностью и низкой твердостью, а цементит, напротив, очень низкой пластичностью и высокой твердостью. Поэтому с повышением содержания углерода до 1,2% снижаются пластичность и вязкость стали и повышаются твердость и прочность.

Повышение содержания углерода влияет и на технологические свойства стали. Ковкость, свариваемость и обрабатываемость резанием ухудшаются, но литейные свойства улучшаются.

Кроме железа и углерода в стали всегда присутствуют постоянные примеси. Наличие примесей объясняется технологическими особенностями производства стали (марганец, кремний) и невозможностью полного удаления примесей, попавших в сталь из железной руды (сера, фосфор, кислород,

водород, азот). Возможны также случайные примеси (хром, никель, медь и др.).

Марганец и кремний вводят в любую сталь для раскисления, т.е. для удаления вредных примесей оксида железа FeO. Марганец также устраняет вредные сернистые соединения железа. При этом содержание марганца обычно не превышает 0,8%, а кремния — 0,4%. Марганец повышает прочность, а кремний упругость стали.

Фосфор растворяется в феррите, сильно искажает кристаллическую решетку, снижая при этом пластичность и вязкость, но повышая прочность. Вредное влияние фосфора заключается в том, что он сильно повышает температуру перехода стали в хрупкое состояние, т.е. вызывает ее хладноломкость. Вредность фосфора усугубляется тем, что он может распределяться в стали неравномерно. Поэтому содержания фосфора в стали офаничивается величиной 0,045%.

Сера также является вредной примесью. Она нерастворима в железе и образует с ним сульфид железа FeS, который образует с железом легкоплавкую эвтектику. Эвтектика располагается по границам зерен и делает сталь хрупкой при высоких температурах. Это явление называется красноломкостью. Количество серы в стали ограничивается 0,05%.

Водород, азот и кислород содержатся в стали в небольших количествах. Они являются вредными примесями, ухудшающими свойства стали.

Классификация сталей. По химическому составу стали могут быть углеродистыми, содержащими железо, углерод и примеси и легированными, содержащими дополнительно легирующие элементы, введенные в сталь с целью изменения ее свойств.

По содержанию углерода стали делятся на низкоуглеродистые (до 0,25% С), среднеуглеродистые (0,25 — 0,7% С) и высокоуглеродистые (более 0,7% С).

По назначению различают стали конструкционные, идущие на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений, инструментальные, идущие на изготовление различного инструмента, а также стали специального назначения с особыми свойствами: нержавеющие, жаростойкие, жаропрочные, износостойкие, с особыми электрическими и магнитными свойствами и др. По показателям качества стали классифицируются на обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные. Качество стали характеризуется совокупностью свойств, определяемых процессом производства, химическим составом, содержанием газов и вредных примесей (серы и фосфора). В соответствии с

ГОСТом стали обыкновенного качества должны содержать не более 0,045% P и 0,05% S, качественные — не более 0,035% P и 0,04% S, высококачественные — не более 0,025% P и 0,025% S и особовысококачественные — не более 0,025% P и 0,015% S. Углеродистые конструкционные стали могут быть только обыкновенного качества и качественными.

Углеродистые стали обыкновенного качества в зависимости от назначения и гарантируемых свойств делятся натри группы: А. Б и В.

Стали группы А имеют гарантируемые механические свойства. Они используются в состоянии поставки без горячей обработки или сварки. Эти стали маркируются буквами Ст и цифрами, обозначающими порядковый номер марки. Выпускается семь марок сталей группы А: Ст0, Ст1, Ст2, Ст6. Чем выше номер марки, тем больше содержание углерода и, соответственно, выше прочность и ниже пластичность.

Стали группы Б имеют гарантируемый химический состав. Эти стали подвергаются горячей обработке. При этом их механические свойства не сохраняются, а химический состав важен для определения режима обработки. Маркируются они так же, как стали группы А, но перед буквами Ст ставится буква Б. Чем выше номер марки, тем больше содержание в стали углерода, марганца и кремния.

Стали группы В имеют гарантируемые механические свойства и химический состав. Эти стали используются для сварки, так как для выбора режима сварки надо знать химический состав, а механические свойства частей изделий, не подвергшихся тепловому воздействию, остаются без изменений. В марках сталей этой группы на первое место ставится буква В. При этом механические свойства соответствуют свойствам аналогичной марки из группы А, а химический состав — составу аналогичной марки из группы Б.

Качественные конструкционные углеродистые стали маркируются цифрами 08, 10, 15, 20, 25, 85, которые обозначают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Эти стали отличаются от сталей обыкновенного качества большей прочностью, пластичностью и ударной вязкостью. Если для сталей обыкновенного качества максимальная прочность составляет 700 МПа, то для качественной она достигает 1100 Мпа.

3.3 Чугуны Чугуном называют сплав железа с углеродом, содержащий от 2,14 до 6,67% углерода. Но это теоретическое определение. На практике содержание углерода в чугунах находится в пределах 2,5-4,5%. В качестве примесей чугун содержит Si, Mn, S и P.

Классификация чугунов. В зависимости от того, в какой форме содержится углерод в чугунах, различают следующие их виды. В белом чугуне

весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита. Структура белого чугуна соответствует диаграмме Fe-Fe3C. В сером чугуне большая часть углерода находится в виде графита, включения которого имеют пластинчатую форму. В высокопрочном чугуне графитные включения имеют шаровидную форму, а в ковком — хлопьевидную. Содержание углерода в виде цементита в сером, высокопрочном и ковком чугунах может составлять не более 0,8%.

Белый чугун обладает высокой твердостью, хрупкостью и очень плохо обрабатывается. Поэтому для изготовления изделий он не используется и применяется как передельный чугун, т.е. идет на производство стали. Для деталей с высокой износостойкостью используется чугун с отбеленной поверхностью, в котором основная масса металла имеет структуру серого чугуна, а поверхностный слой — белого чугуна. Машиностроительными чугунами, идущими на изготовление деталей, являются серый, высокопрочный и ковкий чугуны. Детали из них изготовляются литьем, так как чугуны имеют очень хорошие литейные свойства. Благодаря графитным включениям эти чугуны хорошо обрабатываются, имеют высокую износостойкость, гасят колебания и вибрации. Но графитные включения уменьшают прочность.

Серый чугун имеет пластинчатые графитные включения. Структура серого чугуна схематически изображена на рис. 18,а. Получают серый чугун путем первичной кристаллизации из жидкого сплава.

На графитизацию (процесс выделения графита) влияют скорость охлаждения и химический состав чугуна. При быстром охлаждении графитизации не происходит и получается белый чугун. По мере уменьшения скорости охлаждения получаются, соответственно, перлитный, феррито-перлитный и ферритный серые чугуны. Способствуют графитизации углерод и кремний. Кремния содержится в чугуне от 0,5 до 5%. Иногда его вводят специально. Марганец и сера препятствуют графитизации. Кроме того, сера ухудшает механические и литейные свойства. Фосфор не влияет на графитизацию, но улучшает литейные свойства.

Механические свойства серого чугуна зависят от количества и размера графитных включений. По сравнению с металлической основой графит имеет низкую прочность. Поэтому фафитные включения можно считать нарушениями сплошности, ослабляющими металлическую основу. Так как пластинчатые включения наиболее сильно ослабляют металлическую основу, серый чугун имеет наиболее низкие характеристики, как прочности, так и пластичности среди всех машиностроительных чугунов. Уменьшение размера графитных включений улучшает механические свойства. Измельчению графитных включений способствует кремний.

Маркируется серый чугун буквами СЧ и числом, показывающем предел прочности в десятых долях мегапаскаля. Имеются следующие марки серых чугунов: СЧ 10, СЧ 15, СЧ 20, СЧ 45.

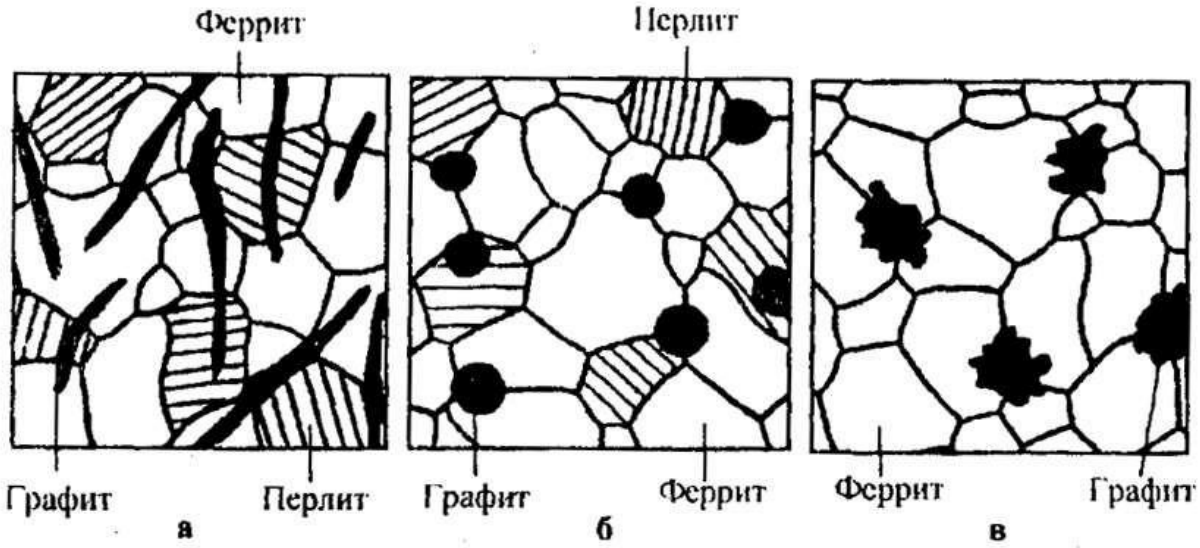


Рис. 18. Схематическое изображение структур чугунов: а - серого, б - высокопрочного, в - ковкого

Высокопрочный чугун имеет шаровидные графитные включения. Структура высокопрочного чугуна изображена на рис. 18,б.

Получают высокопрочный чугун добавкой в жидкий чугун небольшого количества щелочных или щелочноземельных металлов, которые округляют графитные включения в чугуне, что объясняется увеличением поверхностного натяжения графита. Чаще всего для этой цели применяют магний в количестве 0,03-0,07%. По содержанию других элементов высокопрочный чугун не отличается от серого.

Шаровидные графитные включения в наименьшей степени ослабляют металлическую основу. Именно поэтому высокопрочный чугун имеет более высокие механические свойства, чем серый. При этом он сохраняет хорошие литейные свойства, обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации и т.д.

Маркируется высокопрочный чугун буквами. ВЧ и цифрами, показывающими предел прочности в десятых долях мегапаскаля. Например, чугун ВЧ 60 имеет а = 600 МПа. Существуют следующие марки высокопрочных чугунов: ВЧ 35, ВЧ 40, ВЧ 45, ВЧ-50, ВЧ 60, ВЧ 70, ВЧ S0, ВЧ 100. Применяются высокопрочные чугуны для изготовления ответственных деталей — зубчатых колес, валов и др.

Ковкий чугун имеет хлопьевидные графитные включения (рис. 18,в). Его получают из белою чугуна путем графитизирующего отжига, который заключается в длительной (до 2 суток) выдержке при температуре 950-970°С. Если после этого чугун охладить, то получается ковкий перлитный чугун, металлическая основа которого состоит- из перлита и небольшого количества (до 20%) феррита. Такой чугун называют также светлосердечным. Если в области эвтектоидного превращения (72()-760°С) проводить очень медленное охлаждение или даже дать выдержку, то получится ковкий ферритный чугун, металлическая основа которого состоит из феррита и очень небольшого количества перлита (до 10%). Этот чугун называют черносердечным, так как он содержит сравнительно много графита.

Маркируется ковкий чугун буквами КЧ и двумя числами, показывающими предел прочности в десятых долях мегапаскаля и относительное удлинение в %. Так, чугун КЧ 45-7 имеет σв= 450 МПа и δ = 7%. Ферритные ковкие чугуны (КЧ 33- 8, КЧ 37"-12) имеют более высокую пластичность, а перлитные (КЧ 50-4, КЧ 60-3) более высокую прочность. Применяют ковкий чугун для деталей небольшого сечения, работающих при ударных и вибрационных нагрузках.

4. Термическая и химико-термическая обработка стали

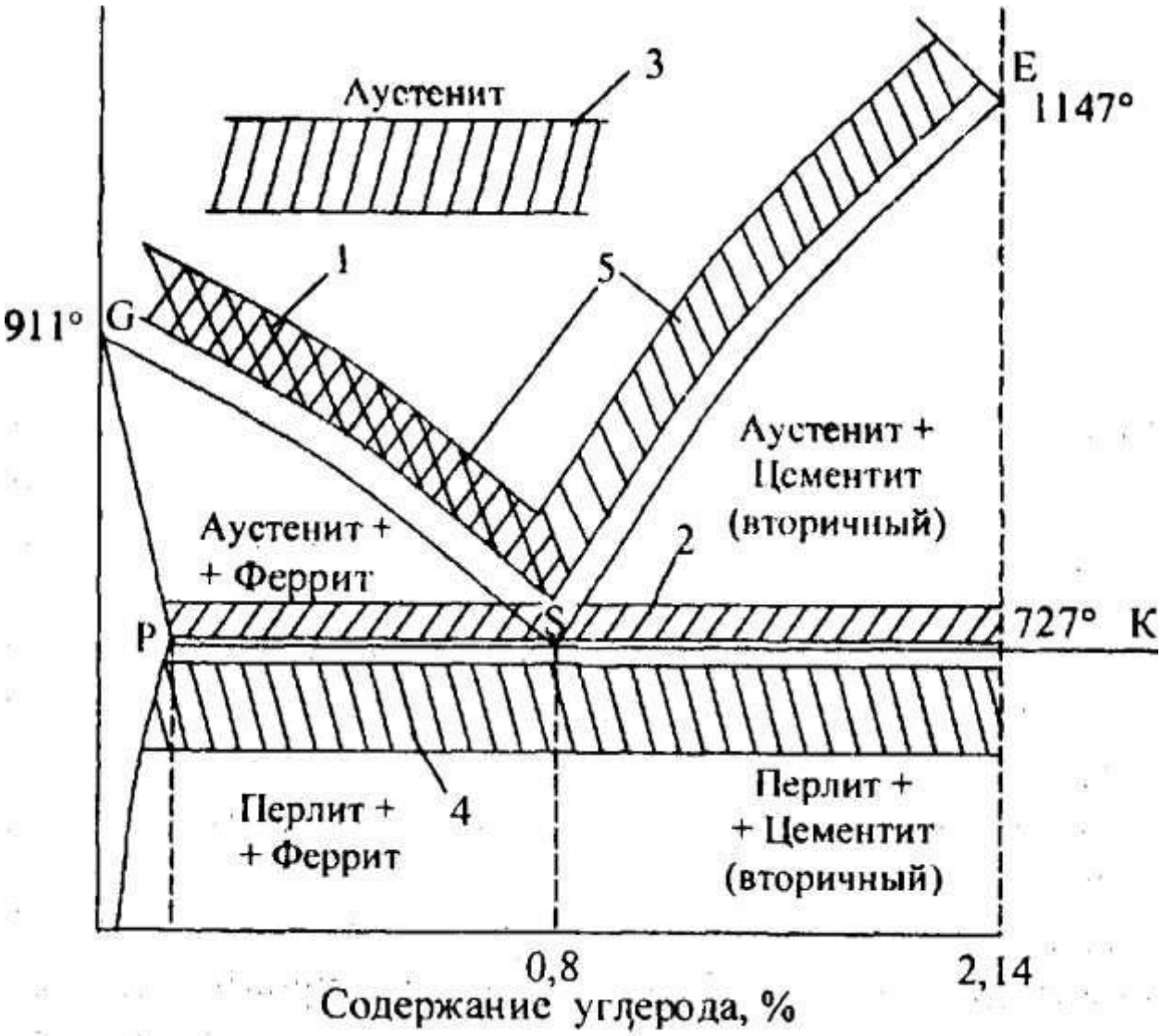
Термической обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры. Различают следующие виды термической обработки: отжиг, закалка и отпуск

4.1 Отжиг

Отжигом стали называется вид термической обработки, заключающийся в ее нагреве до определенной температуры, выдержке при этой температуре и медленном охлаждении.

Цели отжига — снижение твердости и улучшение обрабатываемости стали, изменение формы и величины зерна, выравнивание химического состава, снятие внутренних напряжений. Существуют различные виды отжига: полный, неполный, диффузионный, рекристаллизационный, низкий, отжиг на зернистый перлит, нормализация. Температуры нагрева стали для ряда видов отжига связаны с положением линий диаграммы Fe-Fe3C. Низкая скорость охлаждения обычно достигается при остывании стали вместе с печью.

Полный отжиг применяется для доэвтектоидных сталей. Нафев стали для полного отжига осуществляется на 30-50° выше линии GS диаграммы Fe-Fe3C



(рис. 19). При этом происходит полная перекристаллизация стали и уменьшение величины зерна.

Исходная структура из крупных зерен феррита и перлита при нагреве превращается в аустенитную, а затем при медленном охлаждении в структуру из мелких зерен феррита и перлита. Повышение температуры нафева привело бы к росту зерна. При полном отжиге снижается твердость и прочность стали, а пластичность повышается.

При неполном отжиге нагрев производится на 30-50°С выше линии PSK диаграммы Fe-Fe3C (рис, 19). Он производится, если исходная структура не очень крупнозерниста или не надо изменить расположение ферритной (в доэвтектоидных сталях) или цементитной (в заэвтектоидных сталях) составляющей. При этом происходит лишь частичная перекристаллизация — только перлитной составляющей стали. Рис. 19. Области температур нагрева для различных видов отжига: 1 - полный отжиг; 2 - неполный отжиг; 3 - диффузионный отжиг; 4 - рекристаллизационный отжиг; 5 – нормализация Диффузионный отжиг (гомогенизация) заключается в нагреве стали до 1000-

1100°С, длительной выдержке (10-15 часов) при этой температуре и последующем медленном охлаждении. В результате диффузионного отжига происходит выравнивание неоднородности стали по химическому составу. Благодаря высокой температуре нагрева и продолжительной выдержке получается крупнозернистая структура, которая может быть устранена последующим полным отжигом. Рекристаллизационный отжиг предназначен для снятия наклепа и внутренних напряжений после холодной деформации и подготовки структуры к дальнейшему деформированию. Нагрев необходимо осуществлять выше температуры рекристаллизации, которая для железа составляет 450°С. Обычно для повышения скорости рекристаллизационных процессов применяют значительно более высокие температуры, которые, однако, должны быть ниже линии PSK диаграммы Fe-Fe3C. Поэтому температура нагрева для рекристаллизационного отжига составляет 650-700°С. В результате рекристаллизационного отжига образуется однородная мелкозернистая структура с небольшой твердостью и значительной вязкостью. Низкий отжиг применяется в тех случаях, когда структура стапи удовлетворительна и необходимо только снять внутренние напряжения, возникающие при кристаллизации или после механической обработки. В этом случае сталь нагревают значительно ниже линии PSK диаграммы Fe-Fe3C (200- 600°С). Отжиг на зернистый перлит (сфероидизацию) применяют для сталей близких к эвтектоидному составу или для заэвтектоидных. Такой отжиг осуществляют маятниковым способом (температуру несколько раз изменяют вблизи линии PSK, то перегревая выше нее на 30-50°С, то охлаждая ниже на 30- 50°С) или путем длительной выдержки (5-6 часов) при температуре несколько выше линии PSK и последующего медленного охлаждения. После такого отжига цементит, обычно присутствующий в структуре в виде пластин, приобретает зернистую форму. Сталь со структурой зернистого перлита обладает большей пластичностью, меньшей твердостью и прочностью по сравнению с пластинчатым перлитом. Отжиг на зернистый перлит применяется для подготовки сталей к закалке или для улучшения их обрабатываемости резанием. Нормализация состоит из нагрева стали на 30-50°С выше линии GSE диаграммы Fe-Fe3C (рис. 19), выдержки при этой температуре и последующего охлаждения на воздухе. Более быстрое охлаждение по сравнению с обычным отжигом приводит к более мелкозернистой структуре. Нормализация — более дешевая термическая операция, чем отжиг, так как печи используют только для нагрева и выдержки. Для низкоуглеродистых сталей (до 0,3% С) разница в свойствах между нормализованным и отожженным состоянием практически отсутствует и эти стали лучше подвергать нормализации. При большем содержании углерода нормализованная сталь обладает большей твердостью и меньшей вязкостью, чем отожженная. Иногда нормализацию считают самостоятельной разновидностью термической обработки, а не видом отжига. 4.2 Закалка и

отпуск стали Превращения в стали при охлаждении. При медленном охлаждении стали образуются структуры, соответствующие диаграмме Fe-Fe3C. Вначале происходит выделение феррита (в доэвтектоидных статях) или вторичного цементита (в заэвтектоидных сталях), а затем происходит превращение аустенита в перлит. Это превращение заключается в распаде аустенита на феррит, почти не содержащий углерода и цементит, содержащий 6,67% С. Поэтому превращение сопровождается диффузией, перераспределением углерода. Диффузионные процессы происходят в течение некоторого времени, причем скорость диффузии резко падает с понижением температуры Рис 20. Диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектойдной стали Обычно изучают изотермическое превращение аустенита (происходящее при выдержке при постоянной температуре) для эвтектоидиой стали. Влияние температуры на скорость и характер превращения представляют в виде диаграммы изотермического превращения аустенита (рис. 20). Диаграмма строится в координатах температура — логарифм времени. Выше температуры 727°С на диаграмме находится область устойчивою аустенита. Ниже этой температуры аустенит является неустойчивым и превращается в другие структуры. Первая Собразная кривая на диаграмме соответствует началу превращения аустенита, а вторая — еѐ завершению. При небольшом переохлаждении — приблизительно до 550°С происходит упомянутое выше диффузионное перлитное превращение. В зависимости от степени переохлаждения образуются структуры, называемые перлит, сорбит и тростит. Это структуры одного типа — механические смеси феррита и цементита, имеющие пластинчатое строение. Отличаются они лишь степенью дисперсности, т.е. толщиной пластинок феррита и цементита. Наиболее крупнодисперсная структура — перлит, наиболее мелкодисперсная — тростит. При переохлаждении аустенита приблизительно ниже 240°С скорость диффузии падает почти до нуля и происходит бездиффузионное мартенситное превращение. Образуется мартенсит — пересыщенный твердый раствор углерода в аа-железе. Мартенсит имеет ту же концентрацию углерода, что и исходный аустенит. Из-за высокой пресыщенности углеродом решетка мартенсита сильно искажается, благодаря чему мартенсит имеет высокую твердость (до HRC 65). Горизонтальная линия Мк диаграммы соответствует началу превращения аустенита в мартенсит, а линия Мк — завершению этого процесса. В диапазоне температур от мартенситного до перлитного превращения происходит промежуточное превращение и образуется структура, называемая бейнит. Закалка — это вид термической обработки, состоящий в нагреве стали до определенной температуры, выдержке и последующем быстром охлаждении. В результате закалки повышается твердость и прочность, но снижается вязкость и пластичность. Нагрев стали производится на 30-50°С выше линии GSK диаграммы Fe-Fe3C. В доэвтектоидных сталях нагрев выше линии GS необходим для того, чтобы

после закалки в структуре не было мягких ферритных включений. Для заэвтектоидных сталей применяется нагрев выше линии SK, так как присутствие цементита не снижает твердость стали. Обычно в результате закалки образуется мартенситная структура. Поэтому охлаждать сталь следует с такой скоростью, чтобы кривая охлаждения не пересекала С - образные кривые диаграммы изотермического превращения аустенита (рис. 20). Для достижения высокой скорости охлаждения закаливаемые детали погружают в воду (для углеродистых сталей) или минеральные масла (для легированных сталей). Способность стали закаливаться на мартенсит называется закаливаемостью. Она характеризуется значением твердости, приобретаемой сталью после закалки и зависит от содержания углерода. Стали с низким содержанием углерода (до 0,3%) практически не закаливаются и закалка для них не применяется. Прокаливаемостью называется глубина проникновения закаленной зоны. Отсутствие сквозной прокаливаемости объясняется тем, что при охлаждении сердцевина остывает медленнее, чем поверхность. Прокаливаемость характеризует критический диаметр D, т. е. максимальный диаметр детали цилиндрического сечения, которая прокаливается насквозь в данном охладителе. Отпуск стали — это вид термической обработки, следующий за закалкой и заключающийся в нагреве стали до определенной температуры (ниже линии PSK), выдержке и охлаждении. Цель отпуска — получение более равновесной по сравнению с мартенситом структуры, снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности. Различают низкий, средний и высокий отпуск. Низкий отпуск проводится при температуре 150-200°С. В результате снимаются внутренние напряжения, происходит некоторое увеличение пластичности и вязкости без заметного снижения твердости. Образуется структура мартенсит отпуска. Низкому отпуску подвергают режущий и мерительный инструмент, а также детали, которые должны обладать высокой твердостью и износостойкостью. Рис. 21 Мартенсит При среднем отпуске производится нагрев до 350-450°С. При этом происходит некоторое снижение твердости при значительном увеличении предела упругости и улучшении сопротивляемости действию ударных нагрузок. Структура стали представляет собой троостит отпуска, который имеет зернистое, а не пластинчатое строение. Применяется для пружин, рессор, ударного инструмента. Рис. 22 Троостит Высокий отпуск проводится при 550-650°С. В результате твердость и прочность снижаются значительно, но сильно возрастают вязкость и пластичность и получается оптимальное для конструкционных сталей сочетание механических свойств. Структура стали — сорбит отпуска с зернистым строением цементита. Применяется для деталей, подвергающихся действию высоких нагрузок. Термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска, называется улучшением. Она является основным видом обработки конструкционных сталей

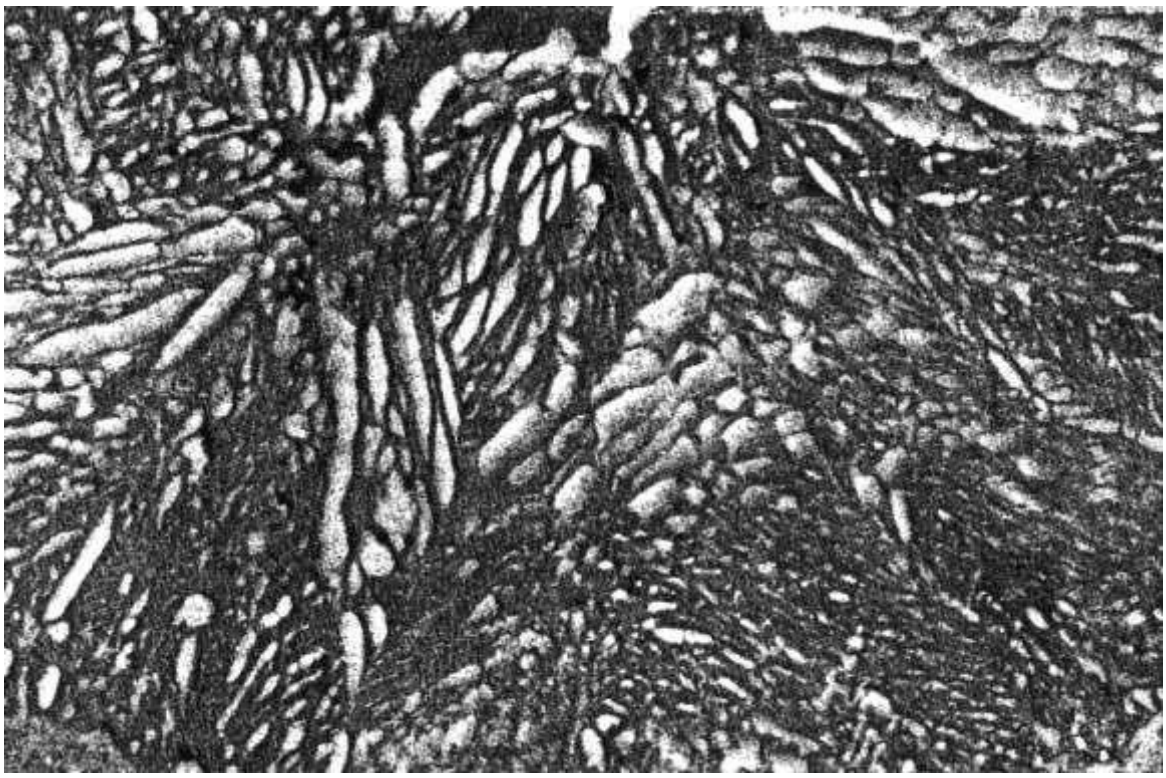


Рис. 23 Сорбит 4.3 Поверхностное упрочнение стали Поверхностная закалка состоит в нагреве поверхностного слоя стальных деталей до аустенитного состояния и быстрого охлаждения с целью получения высокой твердости и прочности в поверхностном слое в сочетании с вязкой сердцевиной. Существуют различные способы нагрева поверхности под закалку — в расплавленных металлах или солях, пламенем газовой горелки, лазерным излучением, током высокой частоты. Последний способ получил наибольшее распространение в промышленности. При нагреве токами высокой частоты закаливаемую деталь помещают внутри индуктора, представляющего собой медные трубки с циркулирующей внутри для охлаждения водой. Форма индуктора соответствует внешней форме детали. Через индуктор пропускают электрический ток (частотой 500 Гц-10 МГц). При этом возникает электромагнитное поле, которое индуцирует вихревые токи, нагревающие поверхность детали. Глубина нагретого слоя уменьшается с увеличением частоты тока и увеличивается с возрастанием продолжительности нагрева. Регулируя частоту и продолжительность, можно получить необходимую глубину закаленного слоя, находящуюся в пределах 1-10 мм. Преимуществами закалки токами высокой частоты являются регулируемая глубина закаленного слоя, высокая производительность (нагрев одной детали длится 10 с), возможность автоматизации, отсутствие окалинообразования. Недостаток — высокая стоимость индуктора, который является индивидуальным для каждой детали. Поэтому этот вид закалки применим, в основном, к крупносерийному и массовому производству. Перспективный метод поверхностной закалки стальных деталей сложной

формы — лазерная обработка. Благодаря высокой плотности энергии в луче лазера возможен быстрый нагрев очень тонкого слоя металла. Последующий быстрый отвод тепла в объем металла приводит к закалке поверхностного слоя с приданием ему высокой твердости и износостойкости. Химико-термическая обработка — это процесс изменения химического состава, структуры и свойств поверхности стальных деталей за счет насыщения ее различными химическими элементами. При этом достигается значительное повышение твердости и износостойкости поверхности деталей при сохранении вязкой сердцевины. К видам химико-термической обработки относятся цементация, азотирование, цианирование и др. Цементация — это процесс насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом. Цементация производится путем нагрева стальных деталей при 880-950°С в углеродосодержащей среде, называемой карбюризатором. Различают два основных вида цементации — газовую и твердую. Газовая цементация проводится в газе, содержащем метан СН4 и оксид углерода СО. Твердая цементация проводится в стальных ящиках, куда укладываются детали вперемешку с карбюризатором. Карбюризатором служит порошок древесного угля с добавкой солей Na2C03 или ВаС03. Цементации подвергают стали с низким содержанием углерода (0,1-0,3%). В результате на поверхности концентрация углерода возрастает до 1,0-1,2%. Толщина цементованного слоя составляет 1-2,5 мм. Цементацией достигается только выгодное распределение углерода по сечению детали. Высокая твердость и износостойкость поверхности получается после закалки, которая обязательно проводится после цементации. Затем следует низкий отпуск. После этого твердость поверхности составляет HRC 60. Азотированием называется процесс насыщения поверхности стали азотом. При этом повышаются не только твердость и износостойкость, но и коррозионная стойкость. Проводится азотирование при температуре 500-600°С в среде аммиака NH, в течение длительного времени (до 60 ч.) Аммиак при высокой температуре разлагается с образованием активного атомарного азота, который и взаимодействует с металлом. Твердость стали повышается за счет образования нитридов легирующих элементов. Поэтому азотированию подвергают только легированные стали. Наиболее сильно повышают твердость такие легирующие элементы, как хром, молибден, алюминий, ванадий. Глубина азотированного слоя составляет 0,3 — 0,6 мм, твердость поверхностного слоя по Виккерсу доходит до HV 1200 (при цементации HV 900). К преимуществам азотирования перед цементацией следует отнести отсутствие необходимости в дополнительной термообработке, более высокую твердость и износостойкость, высокую коррозионную стойкость поверхности. Недостатками являются низкая скорость процесса и необходимость применения дорогих легированных сталей. Цианирование (нитроцементация) — это процесс одновременного насыщения поверхности стали углеродом и азотом. Проводится цианирование в расплавах цианистых солей NaCN или

KCN или в газовой среде, содержащей смесь метана CH4 и аммиака NH,. Различают низкотемпературное и высокотемпературное цианирование. Низкотемпературное цианирование проводится при температуре 500-600°С. При этом преобладает насыщение азотом. Глубина цианирован-ного слоя составляет 0,2-0,5 мм, твердость поверхности — HV 1000. При высокотемпературном цианировании температура составляет 800-950°С. Преобладает насыщение углеродом. Глубина поверхностного слоя составляет 0,6 — 2,0 мм. После высокотемпературного цианирования следует закалка с низким отпуском. Твердость после термообработки составляет HRC 60. Поверхностное упрочнение пластическим деформированием основано на способности стали к наклепу при пластической деформации. Наиболее распространенными способами такого упрочнения поверхности является дробеструйная обработка и обработка поверхности роликами или шариками. При дробеструйной обработке на поверхность детали из специальных дробеметов направляется поток стальной или чугунной дроби малого диаметра (0,5-1,5 мм). Удары концентрируются на весьма малых поверхностях, поэтому возникают очень большие местные давления. В результате повышается твердость и износостойкость обработанной поверхности. Кроме того, сглаживаются мелкие поверхностные дефекты. Глубина упрочненного слоя при дробеструйной обработке составляет около 0,7 мм. Обкатка роликами производится с помощью специальных приспособлений на токарных станках. Помимо упрочнения, обкатка снижает шероховатость обрабатываемой поверхности. Глубина упрочненного слоя доходит до 15 мм. 5. ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ Легированной называют сталь, содержащую специально введенные в нее с целью изменения строения и свойств легирующие элементы. Легированные стали имеют целый ряд преимуществ перед углеродистыми. Они имеют более высокие механические свойства, прежде всего, прочность. Легированные стали обеспечивают большую прокаливаемость, а также возможность получения структуры мартенсита при закалке в масле, что уменьшает опасность появления трещин и коробления деталей. С помощью легирования можно придать стали различные специальные свойства (коррозионную стойкость, жаростойкость, жаропрочность, износостойкость, магнитные и электрические свойства). Классификация сталей по различным признакам была рассмотрена ранее (см. раздел 3.2) . Отметим только, что стали обыкновенного качества могут быть только углеродистыми, т.е. легированные стали, как минимум, являются качественными. Маркируются легированные стали с помощью цифр и букв, указывающих примерный химический состав стали. Первые цифры в марке показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Далее показывается содержание легирующих элементов. Каждый элемент обозначается своей буквой: Н — никель, Г — марганец, Ц — цирконий, Т — титан, Х — хром, Д — медь, С — кремний, А — азот, К — кобальт, Р — бор,

П — фосфор, Ф — ванадий, М — молибден, Б — ниобий, В — вольфрам, Ю — алюминий. Цифры, идущие после буквы, указывают примерное содержание данного легирующего элемента в процентах. При содержании элемента менее 1% цифра отсутствует. Например, сталь 12Х18Н10Т содержит приблизительно 0,12% углерода, 18% хрома, 10% никеля, менее 1% титана. Для некоторых групп сталей применяют другую маркировку, которая будет указана при рассмотрении этих сталей. 5.1. Конструкционные стали Конструкционные стали идут на изготовление деталей машин, конструкций и сооружений. Они должны обеспечивать длительную и надежную работу деталей и конструкций в условиях эксплуатации. Поэтому основное требование к конструкционным сталям — комплекс высоких механических свойств. Строительные стали содержат малые количества углерода (0,1-0,3%). Это объясняется тем, что детали строительных конструкций обычно соединяются сваркой. Низкое содержание углерода обеспечивает хорошую свариваемость. В качестве строительных используются углеродистые стали Ст2 и Ст3, имеющие предел текучести σ0,2= 240 МПа. В низколегированных строительных сталях при содержании около 1,5% Mη и 0,7% Si предел текучести увеличивается до 360 МПа. К этим сталям относятся 14Г2, 17ГС, 14ХГС. Дополнительное легирование небольшими количествами ванадия и ниобия (до 0,1%) повышает предел текучести до 450 МПа за счет уменьшения величины зерна. К сталям такого типа относятся 14Г2АФ, 17Г2АФБ. Приведенные стали применяют для строительных конструкций, армирования железобетона, магистральных нефтепроводов и газопроводов. Цементуемые стали содержат 0,1-0,3% углерода. Они подвергаются цементации, закалке и низкому отпуску. После этой обработки твердость поверхности составляет HRC 60, а сердцевины HRC 15 — 40. Упрочнение сердцевины в этих сталях тем сильнее, чем больше содержание легирующих элементов. В зависимости от степени упрочнения сердцевины цементуемые стали можно разделить на три группы. К сталям с неупрочняемой сердцевиной относятся углеродистые цементуемые стали 10, 15, 20. Их сердцевина имеет феррито-перлитную структуру. Эти стали имеют высокую износостойкость, но малую прочность (σ = 400-500 МПа). Поэтому они применяются для малоответственных деталей небольших размеров. К сталям со слабо упрочняемой сердцевиной относятся низколегированные стали 15Х, 15ХР, 20ХН и др. Сердцевина имеет структуру бейнит. Эти стали имеют повышенную прочность (σв = 750-850 МПа). К сталям с сильно упрочняемой сердцевиной относятся стали 20ХГР, 18ХГТ, 30ХГТ, 12ХН3, 18Х2Н4В и др. Серцевина имеет мартенситную структуру. Стали этой группы имеют высокую прочность (σв= 1200-1600 МПа) и применяются для крупных деталей, испытывающих значительные нагрузки. Улучшаемые стали содержат 0,3-0,5% углерода и небольшое количество легирующих элементов (до 3-5%). Эти стали подвергаются улучшению, состоящему из закалки в масле и высокого отпуска. После термообработки

имеют структуру сорбита. Механические свойства разных марок улучшаемой стали в случае сквозной прокаливаемости близки (σв= 900-1200 МПа). Поэтому прокаливаемость определяет выбор стали. Чем больше легирующих элементов, тем выше прокаливаемость. Следовательно, чем больше сечение детали, тем более легированную сталь следует использовать. По прокаливаемости улучшаемые стали могут быть условно разбиты на пять групп. В первую группу входят углеродистые стали 35, 40, 45, имеющие критический диаметр Dк р= 10 мм (см. раздел 4.2.). Эти стали подвергаются нормализации вместо улучшения. Ко второй группе относятся стали, легированные хромом 30Х, 40Х. Для них критический диаметр составляет Dк р= 15-20 мм. Третью группу составляют хромистые стали, дополнительно легированные еще одним двумя элементами (кроме никеля) 30ХМ, 40ХГ, 30ХГС и др. Для этих сталей Dк р= 20-30 мм. Четвертая группа представлена хромоникелевыми сталями, содержащими около 1% никеля: 40ХН, 40ХНМ и др. Их критический диаметр Dк р= 40 мм. В пятую группу входят стали, легированные рядом элементов, причем содержание никеля доходит до 3-4%: 38ХН3, 38ХН3МФ (Dк р=100 мм). Это лучшие марки улучшаемых сталей, хотя они сравнительно дороги. Высокопрочные стали. Новейшая техника предъявляет высокие требования к прочности стали (σ = 1500-2500 МПа). Этим требованиям соответствуют мартенситностареющие стали сочетающие высокую прочность с достаточной вязкостью и пластичностью. Они представляют собой практически безуглеродистые (до 0,03% С) сплавы железа с никелем (17-26% Ni), дополнительно легированные титаном, алюминием, молибденом, ниобием и кобальтом. Широкое распространение получила сталь Н18К9М5Т. Она подвергается закалке на воздухе с 800-850°С. Высокую прочность мартенситностареющие стали получают в результате старения, представляющего собой отпуск, производимый при температуре 450-500°С. В результате такой термообработки сталь Н18К9М5Т имеет предел прочности σв = 2000 МПа. Кроме упомянутой выше стали нашли применение стали Н12К8М3Г2 М10Х11М2Т, Н12К8М4Г2 и другие. Мартенситностареющие стали применяют в авиационной промышленности, в ракетной технике, судостроении и т. д. Они обладают хорошей свариваемостью и обрабатываемостью. Эти стали являются достаточно дорогостоящими. Пружинные стали. В пружинах и рессорах используются только упругие свойства стали. Возникновение пластической деформации в них недопустимо, поэтому высоких требований к пластичности и вязкости не предъявляется. Основное требование к пружинной стали — высокий предел упругости σ (см. раздел 1.2). Хорошие упругие свойства стали достигаются при повышенном содержании углерода (0,5-0,7%) и применении термообработки, состоящей из закалки и среднего отпуска при температуре 350-450°С. После такой термообработки сталь имеет троститную структуру. Углеродистые пружинные стали (65, 70, 75) вследствие низкой

прокаливаемости используются для пружин небольшого сечения. Они могут работать при температуре до 100° С. Стали, легированные кремнием и марганцем (60С2, 60СГ и др.) предназначены для больших по размеру упругих элементов и обеспечивают их длительную и надежную работу. Для ответственных пружин применяют высококачественные стали легированные хромом и ванадием (50ХФА, 50ХГФА). Эти стали могут работать при температуре до 300° С. Из них изготавливают, например, рессоры легковых автомобилей. Износостойкие стали способны сопротивляться процессу изнашивания. Изнашивание — это процесс постепенного разрушения поверхностных слоев трущихся деталей, который приводит к уменьшению их размеров (износу). Износостойкие стали можно разделить на три группы. В первую группу входят стали, износостойкость которых достигается высокой твердостью поверхности. Они подвергаются закалке и низкому отпуску или химико-термической обработке. Имеют структуру мартенсита или мартенсита с карбидными включениями. К этой группе относятся подшипниковые стали, из которых изготавливаются шарики и ролики подшипников качения. Они маркируются буквами ШХ и цифрой показывающей содержание хрома в десятых долях процента, содержат также марганец и кремний (ШХ4, ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ). Содержание углерода в них около 1%. Ко второй группе относятся стали, износостойкость которых достигается смазывающим действием графита. Эти стали имеют в структуре графитные включения, которые в процессе изнашивания выходят на поверхность и выполняют роль сухой смазки. Эти стали имеют высокое содержание углерода (-1,5%) и кремния (-1%), что повышает способность к графитизации. Эти стали подвергаются графитизирующему отжигу, который аналогичен отжигу ковкого чугуна (см. раздел 3.3.). Третью группу составляют стали износостойкость которых достигается повышенной склонностью к наклепу. Это, прежде всего, сталь 110ГІ3. Она имеет невысокую твердость, которая при действии давления и ударов резко повышается, за счет чего и достигается износостойкость. Эта сталь подвергается закалке от 1100°С в воде, после чего получает аустенттную структуру. Плохо обрабатывается резанием, поэтому применяется в литом состоянии. 5.2. Стали со специальными свойствами Коррозиониостойкие (нержавеющие) стали. Коррозией называется разрушение металла под действием внешней агрессивной среды в результате ее химического или электрохимического воздействия. Различают химическую коррозию, обусловленную воздействием на металл сухих газов и неэлектролитов (например, нефтепродуктов) и электрохимическую, возникающую под действием жидких электролитов или влажного воздуха. По характеру коррозионного разрушения различают сплошную и местную коррозию. Сплошная коррозия захватывает всю поверхность металла. Ее делят на равномерную и неравномерную в зависимости от того, одинаковая ли глубина коррозионного разрушения на разных участках. При местной

коррозии поражения локальны.. В зависимости от степени локализации различают пятнистую, язвенную, точечную, межкристаллитную и др. виды местной коррозии. Самый надежный способ защиты от коррозии — применение коррозионностойких сталей. Коррозионная стойкость достигается при введении в сталь элементов, образующих на ее поверхности тонкие и прочные оксидные пленки. Наилучший из этих элементов — хром. При введении в стапь 12-14% хрома она становится устойчивой против коррозии в атмосфере, воде, ряде кислот, щелочей и солей. Стали, содержащие меньшее количество хрома, подвержены коррозии точно так же, как и углеродистые стали. В технике применяют хромистые и хромоникелевые коррозиониостойкие стали. Хромистые коррозиониостойкие стали могут содержать 13, 17 или 25-27% хрома. Стали марок 08Х13, 12Х13, 20Х13 подвергаются закалке от 1000°С и отпуску при 600-700°С. Их применяют для изготовления деталей с повышенной пластичностью, работающих в слабоагрессивных средах. Стали 30Х13, 40Х13 подвергаются закалке и отпуску при 200-300°С. Из них изготавливают режущий, мерительный и хирургический инструмент. Стати 12Х17, 15Х28 имеют более высокую коррозионную стойкость. Подвергаются отжигу при температуре 700-780°С. Используются для оборудования заводов легкой и пищевой промышленности, труб, работающих в агрессивных средах, для кухонной посуды. Хромоникелевые стали обычно содержат 18% хрома и 9-12% никеля (04Х18Н10, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т и др.). Они имеют более высокую коррозионную стойкость по сравнению с хромистыми сталями, лучшие механические свойства, хорошо свариваются. Эти стали имеют аустенитную структуру. Их термообработка состоит из закалки от температуры 1100-1150°С в воде без отпуска. Хромоникелевые стали склонны к межкристаллитной коррозии. Она быстро распространяется по границам зерен без заметных внешних признаков. Это происходит вследствие образования карбидов хрома по границам зерен, что приводит к уменьшению содержания хрома в поверхностном слое зерна. Чтобы карбиды хрома не образовывались, надо либо использовать стали с пониженным содержанием углерода (до 0,04%), либо дополнительно легировать сталь титаном, связывающим углерод в карбид титана. Используются хромоникелевые стали в пищевой и химической промышленности, в холодильной технике. Поскольку никель дорогостоящий элемент, иногда его частично заменяют марганцем и используют сталь 10Х14Г14Н4Т. Другие методы защиты от коррозии. Распространенным средством защиты от коррозии является нанесение на защищаемый металл различных покрытий. Металлические покрытия наносятся различными способами. При погружении в расплавленный металл поверхность изделия покрывается тонким и плотным слоем, затвердевающим после извлечения изделия. Этот способ применяется для нанесения покрытий цинком, оловом, свинцом и алюминием, температура плавления которых

ниже, чем у защищаемого металла. При диффузионной металлизации изделие засыпают порошками алюминия, хрома, цинка и выдерживают при высокой температуре. При напылении поверхность изделия покрывают слоем расплавленного металла (цинка, алюминия, кадмия и др.) с помощью воздушной струи. При плакировании защищаемый металл подвергают совместной прокатке с защищающим (алюминием, титаном, нержавеющей сталью). Гальванический способ нанесения покрытий основан на осаждении под действием электрического тока тонкого слоя защитного металла (хрома, никеля, меди, кадмия) при погружении защищаемого изделия в раствор электролита. Неметаллические покрытия подразделяются на лакокрасочные и эмалевые, смоляные, покрытия пленочными полимерными материалами, резиной, смазочными материалами, керамические покрытия и др. Покрытия, получаемые химической и электрохимической обработкой, превращают поверхностный слой изделия в химическое соединение, образующее сплошную защитную пленку. Наибольшее распространение имеют оксидные и фосфатные защитные пленки. Протекторная защита основана на подсоединении к защищаемому изделию протектора с более отрицательным электрохимическим потенциалом. В афессивной среде протектор будет являться анодом и разрушаться, а защищаемое изделие — катодом и разрушаться не будет. Для уменьшения агрессивности окружающей среды в нее вводят добавки, называемые ингибиторами коррозии. Они значительно снижают скорость коррозии. Условием использования ингибиторов является эксплуатация изделия в замкнутой среде постоянного состава. Жаростойкие и жаропрочные стали. Под жаростойкими сталями понимают стали, обладающие стойкостью против химического разрушения поверхности при высокой температуре (свыше 550°С) . При нагреве стапи происходит окисление поверхности и образуется оксидная пленка (окалина). Дальнейшее окисление определяется скоростью проникновения атомов кислорода через эту апенку. Через пленку оксидов железа они проникают очень легко. Для повышения жаростойкости сталь легируют элементами, образующими плотную пленку, через которую атомы кислорода не проникают. Эти элементы — хром, алюминий, кремний. Так как апюминий и кремний повышают хрупкость стати, чаще всего применяют хром. Чем больше его содержание, тем более жаропрочной является сталь. Сталь 15Х5 выдерживает до 600°С, 40Х9С2 — до 800°С, рассмотренные ранее 12Х17 — до 900°С и 15Х28 — до 1050°С. Жаропрочные материалы способны противостоять механическим нагрузкам при высоких температурах. Жаропрочные стали классифицируются по структуре. Перлитные стали содержат малое количество углерода, легируются хромом молибденом, ванадием (12ХМ, 12Х1МФ). Используют для изготовления труб, паропроводов и др. деталей, длительно работающих при температуре 500-550°С. Мартенситные стали в большом количестве легированы хромом (15Х11МФ, 15Х12ВНМФ). Они

используются для деталей энергетического оборудования, длительно работающего при температуре 600-620°С. Особую группу мартенситных сталей составляют сильхромы, применяемые для клапанов двигателей внутреннего сгорания. Они дополнительно легированы кремнием (40Х9С2, 40Х10С2М). Аустенитные стали легированы большим количеством хрома и никеля а также другими элементами (09Х14Н16Б, 09Х14Н19В2БР). Из этих сталей изготавливают детали газовых турбин, работающих при температуре 600-700°С. Для работы при более высоких температурах (700-900°С) служат сплавы на основе никеля, называемые нимониками. Примером нимоника является сплав ХН77ТЮР, содержащий кроме никеля приблизительно 20% Cr, 2,5% Ti, 1% A1. Дпя работы при температурах свыше 1000°С используют тугоплавкие металлы и их сплавы. Это — хром, ниобий, молибден, тантал, вольфрам. Они используются в атомной энергетике и в космической технике. Температуры 1500-1700°С выдерживают жаропрочные керамические материалы на основе карбида и нитрида кремния. 5.3. Инструментальные стали и сплавы По назначению инструментальные стали делятся на стали для режущего, измерительного и штампового инструмента. Кроме сталей, для изготовления режущего инструмента применяются металлокерамические твердые сплавы и минералокерамические материалы. Режущий инструмент работает в сложных условиях, подвержен интенсивному износу, при работе часто разогревается. Поэтому материал для изготовления режущего инструмента должен обладать высокой твердостью, износостойкостью и теплостойкостью. Теплостойкость — это способность сохранять высокую твердость и режущие свойства при длительном нагреве. Углеродистые инструментальные стали содержат 0,7-1,3% углерода. Они маркируются буквой У и цифрой, Показывающих содержание углерода в десятых долях процента (У7, У8, У9, У13). Буква А в конце марки Показывает, что стапь высококачественная (У7А, У8А,У1 ЗА). Предварительная термообработка этих сталей — отжиг на зернистый перлит, окончательная — закалка в воде или растворе соли и низкий отпуск. После этого структура стали представляет собой мартенсит с включениями зернистого цементита. Твердость лежит в интервале HRC 56-64; Для углеродистых инструментальных сталей характерны низкая теплостойкость (до 2Ш°С) и низкая прокаливаемость (до 10-12 мм). Однако вязкая незакаленная сердцевина повышает устойчивость инструмента против поломок при вибрациях и ударах. Кроме того, эти стали достаточно дешевы и в незакаленном состоянии сами хорошо обрабатываются. Стали У7-У9 применяются для изготовления инструмента, испытывающего ударные нагрузки (зубила, молотки, топоры). Стали У10-У13 идут на изготовление инструмента, обладающего высокой твердостью (напильники, хирургический инструмент). Стали У8-У12 применяются также для измерительного инструмента. Низколегированные инструментальные стали содержат в сумме около 1- 3% легирующих элементов. Они обладают

повышенной по сравнению с углеродистыми сталями прокаливаемостью, но теплостойкость их невелика — до 400°С. Основные легирующие элементы — хром, кремний, вольфрам, ванадий. Маркируются эти стали так же, как конструкционные, но содержание углерода дается в десятых долях процента. Если первая цифра в марке отсутствует, то содержание углерода превышает 1%. Например 9ХС, ХВГ, ХВ5. Термообработка низколегированных инструментальных сталей — закалка в масле и отпуск при температуре 150-200°С. При этом обычно достигается сквозная прокаливаемость. Твердость после термообработки составляет HRC 62-64. Благодаря большей прокаливаемости и закалке в масле низколегированные стали используются для изготовления инструмента большой длины и крупного сечения (например, сверл диаметром до 60 мм). Применяются для ручного инструмента по металлу и измерительного инструмента. Быстрорежущие стали предназначены для работы при высоких скоростях резания. Главное их достоинство — высокая теплостойкость (до 650°С). Это достигается за счет большого количества легирующих элементов — вольфрама, хрома, молибдена, ванадия, кобальта. Маркируются быстрорежущие стали буквой Р, число после которой показывает среднее содержание вольфрама в %. Далее идут обозначения и содержание других легирующих элементов. Содержание углерода во всех быстрорежущих сталях приблизительно 1 %, а хрома 4%. Поэтому эти элементы в марке не указываются. Например, Р18, Р9, Р6М5, Р6М5Ф2К8. Термообработка быстрорежущих сталей заключается закалке от высоких температур (1200-1300°С) и трехкратном отпуске при 550-570°С. Трехкратный отпуск применяется для того, чтобы избавиться от остаточного аустенита, который присутствует после закалки в количестве приблизительно 30% и снижает режущие свойства. После термообработки сталь имеет мартенситную структуру с карбидными включениями. Твердость после термообработки составляет HRC 64- 65. Быстрорежущие стали применяются для инструмента, используемого для обработки металла на металлорежущих станках (резцы, фрезы, сверла). Для экономии дорогих быстрорежущих сталей режущий инструмент часто изготавливается сборным или сварным. Рабочую часть из быстрорежущей стати приваривают к основной части инструмента из конструкционной стали. Металлокерамические твердые сплавы представляют собой спеченные порошковые материалы, основой которых служат карбиды тугоплавких металлов, а связующим — кобальт. Их теплостойкость доходит до 900-1000°С, а твердость HRA 80-97. Твердые сплавы делятся на три группы. Вольфрамовые изготовляются на основе карбида вольфрама и кобальта. Маркируются буквами ВК и цифрой показывающей содержание кобальта в % (ВК2, ВК6, ВК10). Титановольфрамовые твердые сплавы содержат дополнительно карбид титана. Они маркируются буквами Т, К и цифрами. После буквы Т указывается содержание карбида титана в %, а после буквы К — кобальта (Т15К10, Т15К6). Титанотанталовольфрамо-вые содержат

дополнительно карбид титана. Маркируются буквами ТТ, после которых указывается суммарное содержание карбидов титана и тантала в % и буквой К, после которой указывается содержание кобальта (ТТ7К12, ТТ10К8). Твердые сплавы изготавливаются в виде пластин которые припаиваются к державке из углеродистой стали. Применяют твердые сплавы для резцов, сверл, фрез и другого инструмента. Главный недостаток твердых сплавов — высокая хрупкость. 6. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ 6.1. Алюминий и его сплавы Алюминий — металл серебристого цвета, характеризующийся низкой плотностью (2,7 г/см3), высокой пластичностью (δ = 40%), низкими прочностью (ση= 80МПа) и твердостью (НВ 25). Температура плавления — 659°С. Обладает высокой электропроводностью и коррозионной стойкостью. Кристаллизуется в кубической гранецен-трированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Маркируется буквой А. В зависимости от количества примесей различают алюминий особой чистоты А999 (99,999% А1), высокой чистоты А995, А99, А97 и технической чистоты А85, А8, А7, А6, А5, АО. Применяется алюминий для производства фольги, электрических проводов. Как конструкционный материал используется редко вследствие малой прочности. Сплавы алюминия делятся на литейные и деформируемые. Литейные сплавы алюминия маркируются буквами АЛ и числом, показывающим условный номер сплава. Чтобы сплав обладал хорошими литейными свойствами, он должен иметь низкий температурный интервал кристаллизации. Кроме того, желательно, чтобы он имел низкую температуру плавления. Этим требованиям удовлетворяют эвтектические сплавы. Наибольшее распространение получили сплавы алюминия с кремнием, образующие эвтектику при содержании 11,6% кремния. Эти сплавы называются силуминами. Широко применяется силумин эвтектического состава АЛ2, содержащий 10- 12% кремния. Он имеет очень хорошие литейные свойства, но малую прочность (σв= 180 МПа). Уменьшение содержания кремния и добавка меди, магния и марганца ухудшает литейные свойства силуминов, но улучшает механические. Кроме силуминов используются литейные сплавы апюминия с медью (АЛ7) и магнием (АЛ8), не содержащие кремния. Они обладают значительно большей прочностью, чем силумины, но их литейные свойства хуже. Деформируемые сплавы алюминия делятся на упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой. К сплавам, не упрочняемым термической обработкой относятся сплавы алюминия с марганцем (маркируется АМц) и магнием (маркируются АМг1, АМг7). Эти сплавы имеют низкую прочность, но высокую пластичность и коррозионную стойкость. К сплавам, упрочняемым термической обработкой относятся дюралюминий, ковочные сплавы, высокопрочные сплавы алюминия. Дюралюминий (дуралюмин) представляет собой сплав алюминия с медью (до 5%), марганцем (до 1,8%) и магнием (до 0,9%). Маркируется буквой Д и цифрой, показывающей порядковый номер (Д1, Д16 и др.).

Подвергается термической обработке, которая состоит из закалки от температуры 500°С и естественного старения, заключающегося в выдержке при комнатной температуре в течение нескольких суток. В результате такой обработки прочность повышается в два раза (с 200-240 МПа до 450-500 МПа), а пластичность практически не меняется. Достоинством дюралюминия является высокая удельная прочность (отношение предела прочности к плотности), что особенно важно в самолетостроении. Дюралюминий выпускается в виде листов и прутков. Высокопрочные сплавы алюминия содержат кроме меди и магния дополнительно цинк (до 10%). Эти сплавы маркируются буквой В (В95, В96). Подвергаются термообработке, аналогичной термообработке дюралюминия, но естественное старение заменяется искусственным старением, заключающимся в выдержке при температуре 120-140°С в течение 16-24ч. В результате предел прочности доходит до 600-700 МПа. Ковочные сплавы алюминия предназначены для производства деталей ковкой и штамповкой. Маркируются буквами АК и числом, показывающим порядковый номер. По химическому составу близки к дюралюминию (сплав АК1 совпадает по составу с Д1), иногда отличаясь более высоким содержанием кремния (АК6, АК8). Подвергаются аналогичной термообработке. Малая плотность и высокая удельная прочность обусловили широкое применение алюминиевых сплавов в самолетостроении. Они составляют до 75% массы пассажирских самолетов. Из дюралюминия изготовляются обшивки, каркасы, из высокопрочных сплавов — тяжелонагруженные детали, из ковочных — кованые и штампованные детали (например, лопасти винта). 6.2. Медь и ее сплавы Медь — металл красно-розового цвета. Плотность меди 8.94 г/см3 , температура плавления — 1083°С. Кристаллизуется в кубической гранецентрированной решетке и полиморфных превращений не имеет. Характеризуется невысокими прочностью (σ = 150-250 МПа) и твердостью (НВ 60) и хорошей пластичностью (δ = 25% в литом состоянии и δ = 50% в горячедеформированном). Обладает высокой электропроводностью, теплопроводностью, коррозионной стойкостью в пресной и морской воде. Благодаря высокой электропроводности около половины производимой меди используется в электро- и радиопромышленности. Как конструкционный материал медь не используется из-за высокой стоимости и низких механических свойств. Маркируется буквой М и цифрами, зависящими от содержания примесей. Медь марок М00 (0,01 % примесей), М0 (0,5%) и Ml (0,1%) используется для изготовления проводников электрического тока, медь М2 (0,3%) — для производства высококачественных сплавов меди, М3 (0,5%) — для сплавов обыкновенного качества. Основные сплавы меди — латуни и бронзы. Латунями называют сплавы меди с цинком. Цинк повышает прочность и пластичность сплава, но до определенных пределов. Наибольшей пластичностью обладают латуни, содержащие 30% цинка, а наибольшей прочностью — 45%. Поэтому более

45% цинка в латунях содержаться не может. Кроме того, цинк удешевляет сплав, так как он дешевле меди. Латуни характеризуются высокой электропроводностью и теплопроводностью, коррозионной стойкостью, хорошо обрабатываются резанием. По технологическому признаку латуни делятся на деформируемые и литейные. По химическому составу латуни делятся на простые (двойные), в которых присутствуют только медь и цинк и сложные (многокомпонентные), в которые для улучшения различных свойств добавлены другие элементы. Наиболее распространены добавки алюминия, олова, кремния, никеля и др. Латуни маркируются буквой Л. В деформируемых латунях указывается содержание меди и легирующих элементов, которые обозначаются соответствующими буквами (О — олово, А — алюминий, К — кремний, Н — никель, Мц — марганец, Ж — железо и т.д.). Содержание элементов дается в % после всех буквенных обозначений. Например, латунь Л63 содержит 63% меди и 37% цинка. Латунь ЛАЖ 60-1-1 содержит 60% меди, 1% алюминия, 1% железа и 38% цинка. В марках литейных латуней указывается содержание цинка, а количество легирующих элементов (в %) ставится после букв их обозначающих. Например, литейная латунь ЛЦ40Мц3А содержит 40% цинка, 3% марганца, менее 1% алюминия и 56% меди. Бронзами называются сплавы меди с оловом, алюминием, свинцом и другими элементами, среди которых цинк не является основным. Бронзы обладают высокой коррозионной стойкостью, хорошими литейными свойствами, хорошо обрабатываются давлением и резанием. По названию основного легирующего элемента бронзы делятся на оловянные, алюминиевые, кремнистые, бериллиевые, свинцовые и др. По технологическому признаку бронзы делят на деформируемые и литейные. Маркируются бронзы буквами Бр, за которыми показывается содержание легирующих элементов в %. Обозначения легирующих элементов и отличия в марках деформируемых и литейных сплавов у бронз такие же, как у латуней. Например, деформируемая бронза БрОФ 6,5-0,4 содержит 6,5% олова и 0,4% фосфора, а литейная бронза БрОЗЦ7С5Н — 3% олова, 7% цинка, 5% свинца, менее 1% никеля. Особенно широкое применение в машиностроении имеют оловянные бронзы. Деформируемые оловянные бронзы обладают высокой пластичностью и упругостью. Из них изготовляют прутки, трубы, ленты. Литейные оловянные бронзы имеют хорошие литейные свойства, высокую коррозионную стойкость. Из них изготовляют арматуру, работающую в условиях пресной и морской воды. Олово — относительно дорогой металл, поэтому его стремятся частично или полностью заменить в составе бронз другими. Алюминиевые бронзы (БрА7, БрАЖН 10-4-4) обладают более высокими механическими свойствами и коррозионной стойкостью по сравнению с оловянными. Кремнистые бронзы (БрКМц 3-1) имеют хорошую упругость и поэтому используются для изготовления пружинящих деталей. Свинцовые бронзы (БрСЗО) обладают высокими антифрикционными

свойствами и применяются в подшипниках скольжения. Бериллиевые бронзы (БрБ2) отличаются высокой твердостью, прочностью, упругостью и износостойкостью. 6.3. Сплавы других цветных металлов Магний и его сплавы. Магний — самый легкий металл, используемый в промышленности (плотность — 1,74 г/см3). Имеет гексагональную плотноупакованную решетку и полиморфных превращений не претерпевает. Температура плавления магния — 651 °С. Недостатками магния являются низкая прочность и пластичность, низкая коррозионная стойкость, способность к возгоранию при нагреве. Поэтому чистый магний в качестве конструкционного материала не используется. Свойства магния значительно улучшаются при сплавлении его с другими элементами, основные из которых — алюминий, марганец и цинк. Магниевые сплавы делятся на литейные и деформируемые. Литейные сплавы маркируются буквами МЛ, а деформируемые — МА. За буквами следует условный номер сплава. Магниевые сплавы, как и алюминиевые способны к упрочняющей термообработке (закалке и старению), но эффект повышения прочности при этом невысок. Основное преимущество сплавов магния — легкость. Поэтому они применяются в авиа- и ракетостроении. Сплавы магния хорошо свариваются и обрабатываются резанием, но имеют невысокую коррозионную стойкость. Титан и его сплавы. Титан — легкий (плотность 4,5 г/см3) и пластичный металл серебристо-белого цвета. Температура плавления титана — 1665°С. Он обладает низкой электропроводностью и теплопроводностью. Механические свойства титана: $\sigma \approx 300$МПа, $\delta = 60\text{-}70\%$. Главное достоинство титана и его сплавов — высокая коррозионная стойкость. Она достигается за счет образования на его поверхности плотной оксидной пленки. Недостатки титана — склонность к взаимодействия с газами при температурах выше 500-600°С, плохая обрабатываемость резанием, высокая стоимость. Главная цель легирования титана — повышение механических свойств. Основными легирующими элементами являются алюминий, хром, молибден, ванадий, марганец. По технологическому признаку сплавы титана делятся на литейные и деформируемые. Маркируются титановые сплавы чаще всего буквами ВТ. Среди сплавов титана имеются обладающие высокой прочностью (ВТ6, ВТ 14 с σ = 1000-1200 МПа), жаропрочностью до 500°С (ВТЗ-1, ВТ8). Литейные сплавы титана (ВТ5Л, ВТ6Л) обладают хорошими литейными свойствами. Используются титановые сплавы в химической промышленности благодаря высокой коррозионной стойкости, в ракетной и авиационной технике благодаря легкости и высокой удельной прочности. Другие цветные металлы нашли меньшее применение в технике. Тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, хром, тантал, ниобий) и никель, а также их сплавы используются как жаропрочные. Сплавы легкоплавких металлов (олова, цинка, свинца) используются в подшипниках скольжения (эти сплавы называются баббиты) и в качестве припоев для пайки металлов. Кроме того, значительная часть цинка

расходуется на нанесение покрытий на металлические изделия, олова — на лужение консервной жести, свинца — на изготовление оболочек электрических кабелей, производство свинцовых аккумуляторов, емкостей для хранения радиоактивных материалов.

3. Электротехника

Профессия «слесарь» на современном предприятии является довольно распространенной. Слесарные работы выполняются при монтаже производственного оборудования, установку которого осуществляют слесари-монтажники и слесари-сборщики. Наладка установленного на месте постоянной работы оборудования связана с работой слесарей-наладчиков. Эксплуатация оборудования, машин и механизмов не обходится без участия слесарей-ремонтников. Изготовление специального инструмента и специфических деталей осуществляют слесари-инструментальщики. Каждая из названных групп слесарей характеризуется особыми для их работы знаниями и профессиональными навыками.

Однако для каждого слесаря базовым является овладение общеслесарными операциями, представляющими собой основу слесарного мастерства. К этим операциям относятся разметка, рубка, правка, гибка, резка, опиливание, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, нарезание резьбы, шабрение, притирка и доводка. Эти операции выполняются ручными и механизированными инструментами, которыми должен уметь пользоваться каждый слесарь.

Современный слесарь также должен владеть навыками выполнения несложных работ на металлорежущих станках (токарных, фрезерных, шлифовальных), что позволяет заменить утомительную ручную обработку заготовок механизированной, облегчить труд и повысить качество выполняемых работ.

Рабочее место слесаря – часть производственной площади цеха, участка или мастерской, которая закрепляется за определенным работником или работниками (в случае посменной работы) для выполнения определенного вида работ и должна быть оснащена оборудованием, приспособлениями, инструментами и материалами, необходимыми для их проведения.

Основным оборудованием рабочего места слесаря является, как правило, одноместный верстак. Конструкций верстаков множество. Общий вид некоторых из них показан на рисунке 1.

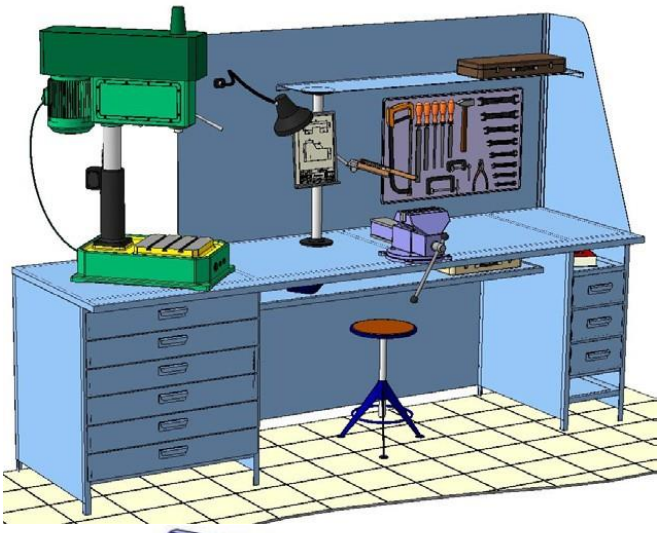
1. 

Рис. 1. **Слесарные верстаки**

Слесарный верстак должен быть прочным и устойчивым, а его высота соответствовать росту работающего.

Верстак состоит из стального каркаса, на котором установлена столешница, обычно изготовленная из дерева твердых пород и покрытая листовой сталью толщиной 1–2 мм. По периметру столешницу желательно окантовать бортиком, чтобы с нее не скатывались детали. Под столешницей расположены выдвижные ящики для хранения инструментов, мелких деталей и технической документации. Для обеспечения удобства работы на верстаке располагаются планшет для режущих инструментов (чертилки, кернеры, зубила, напильники и т. д.) и инструментальная полка для измерительных инструментов.

При выполнении слесарных работ пользуются разнообразными инструментами и приспособлениями.

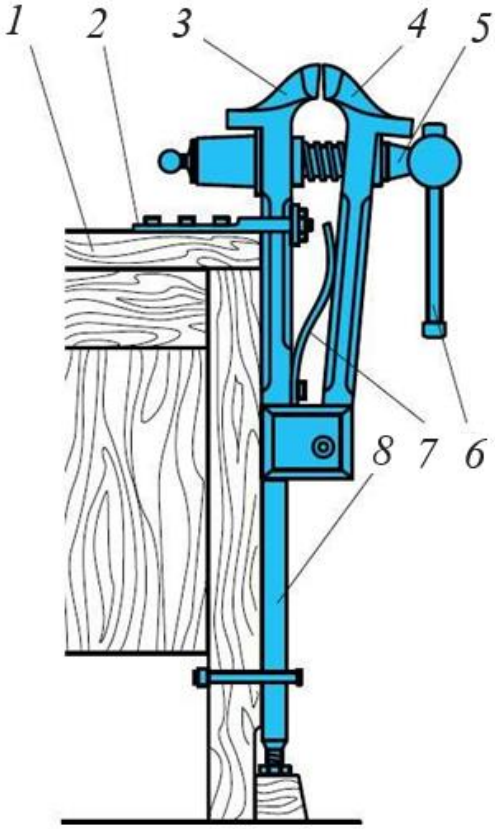
На верстаке устанавливают тиски.

Слесарные тиски представляют собой зажимные приспособления для удержания обрабатываемой детали в нужном положении. В зависимости от характера работы применяют стуловые, параллельные и ручные тиски.

Стуловые тиски (рис. 4) предназначены для выполнения тяжелых работ, связанных с большими ударными нагрузками (например, рубка, клепка, гибка металла), и имеют весьма ограниченную область применения.

Стуловые тиски закрепляют на верстаке *1* планкой крепления *2*, которая обеспечивает плотное прижатие к верстаку стержня *8*, изготовленного как единое целое с неподвижной губкой *3* тисков. Закрепление заготовки осуществляется между неподвижной *3* и подвижной *4* губками. Подвижная губка совершает колебательное движение относительно оси, установленной в кронштейне, закрепленном на стержне *8*. Сведение губок осуществляется зажимным винтом *5*, приводимым в движение рукояткой *6*. Разведение губок после окончания обработки и освобождение обработанной детали осуществляется за счет пружины *7* при отпущенном зажимном винте.

а



б

Рис. 4. **Стуловые тиски:** *а – общий вид; б – схематическое изображение*

Параллельные поворотные тиски (рис. 5) для слесарных работ применяют наиболее часто. Параллельными их называют потому, что при перемещении подвижная губка *4* во всех положениях остается параллельной неподвижной губке *3*. Тиски состоят из плиты основания *1* и поворотной части *2*. Перемещение подвижной губки *4* обеспечивается винтовой парой (ходовой винт *7* и гайка ходового винта *5*), а параллельность этого перемещения – направляющей призмой *6*.

Для поворота верхней части тисков относительно плиты основания *1* необходимо ослабить при помощи рукоятки *11* болты *10*, тогда при повороте верхней части тисков вокруг оси *9* гайка *12* с болтом *10* будут свободно перемещаться в круговом Т-образном пазу *8*. Верхняя часть тисков после установки в нужном положении закрепляется рукояткой *11*.

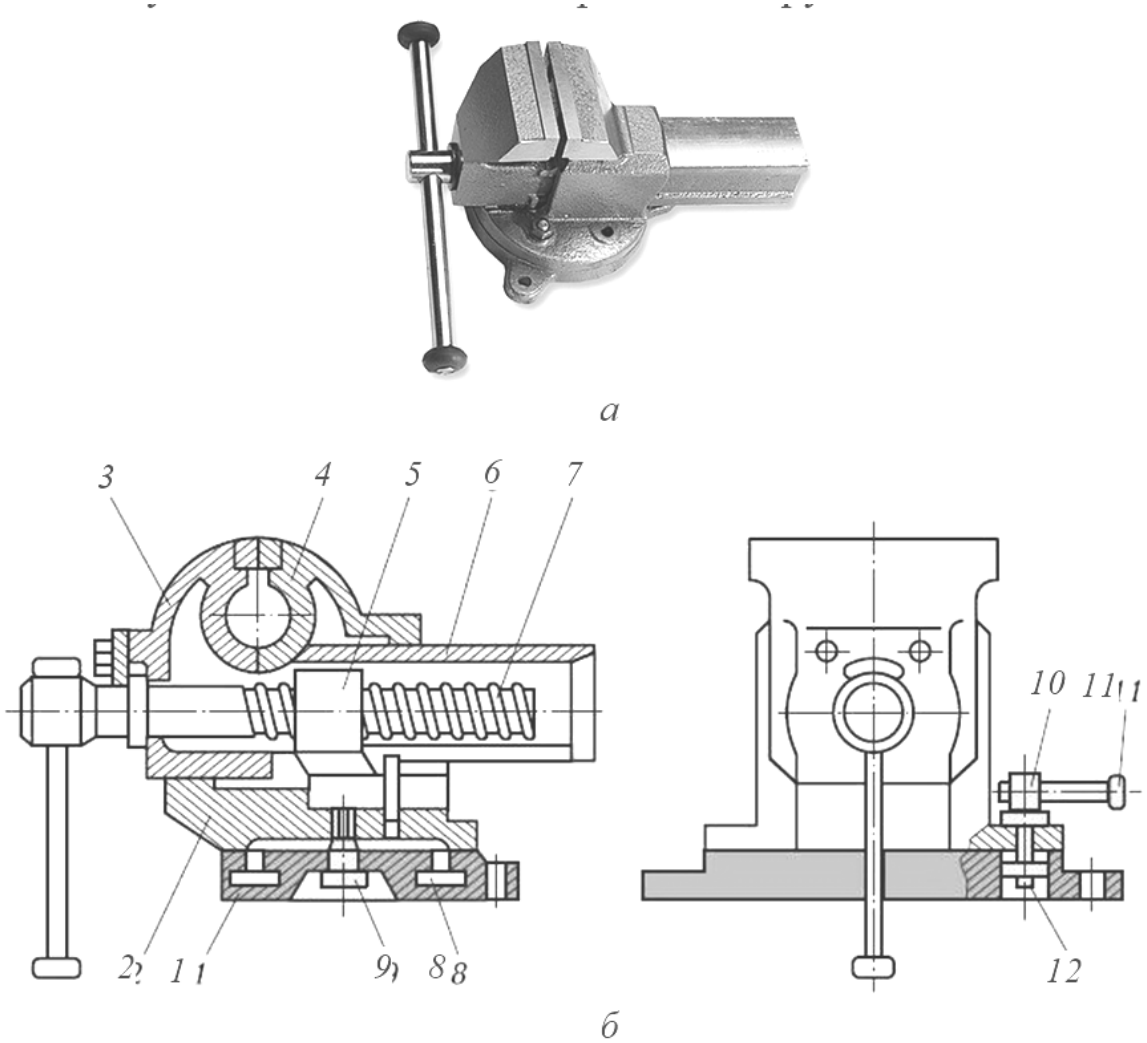


Рис. 5. **Параллельные поворотные тиски:** *а – общий вид; б – схематическое изображение*

При выполнении слесарных работ находят применение и *неповоротные параллельные тиски* (рис. 6). Их устройство аналогично поворотным тискам за исключением возможности поворота вокруг своей оси.

Для зажима мелких деталей используют *ручные тиски*. Они выпускаются различных размеров и конфигураций (рис. 7).

Иногда на верстаках устанавливают небольшие точильные (рис. 8) и вертикально-сверлильные (рис. 9) станки различной конструкции.

Рис. 6. **Общий вид неповоротных параллельных тисков**

Рис. 7. **Ручные тиски**

Рис. 8. **Общий вид точильного станка**

Рис. 9. **Общий вид вертикально-сверлильного станка**

Рабочий инструмент слесаря подразделяется на ручной и механизированный.

Типовой набор *ручного инструмента*:

а) режущие инструменты – зубила, крейцмейсель, набор напильников, ножовка, ножницы по металлу, шаберы, спиральные сверла, зенкеры, цилиндрические и конические развертки, круглые плашки, метчики, абразивные бруски и др. (рис. 10);

Рис. 10. **Режущие инструменты:** ***а – зубило;*** *б – крейцмейсель; в – напильники; г – ножовка; д – шабер; е – спиральные сверла; ж – развертка; з – плашка; и – метчик; к – абразивный брусок; л – ножницы по металлу; м – зенкер*

б) вспомогательные инструменты – слесарный и рихтовальный молотки, кернер, чертилка, разметочный циркуль, плашкодержатель, вороток для метчиков и т. п. (рис. 11);

в) слесарно-сборочные инструменты – отвертки, гаечные ключи, бородок, плоскогубцы и др. (рис. 12).

Рис. 11. **Вспомогательные инструменты:** *а – слесарный молоток; б – рихтовальный молоток; в – кернер; г – чертилка; д – разметочный циркуль; е – плашкодержатель; ж – вороток для метчиков*

Рис. 12. **Слесарно-сборочные инструменты:** ***а – отвертки;*** *б – гаечные ключи; в – плоскогубцы; г – бородок*

Рассмотрим назначение наиболее широко применяемых ручных слесарных инструментов.

Молотки слесарные являются самым распространенным ударным инструментом (см. рис. 11, *а*). Они служат для нанесения ударов при рубке, пробивании отверстий, клепке, правке и т. д. В слесарном деле применяются молотки двух типов – с круглыми и квадратными бойками. Молотки с круглым бойком применяют в тех случаях, когда требуется значительная сила или точность удара. Молотки с квадратным бойком выбирают для более простых работ. Молотки изготовляются из сталей марок 40Х, У7, У8. Их рабочие части (боек и носок) подвергают закалке на длину не менее 15 мм с последующей зачисткой и полировкой.

Масса молотков в зависимости от назначения варьирует в пределах 50, 100, 200 и 300 г – для выполнения инструментальных работ; 400, 500 и 600 г – для слесарных работ; 800 г, 1000 г – для ремонтных работ.

Материалом для ручек молотков служат клен, граб, береза – породы деревьев, древесина которых отличается прочностью и упругостью. В сечении ручка должна быть овальной, а ее свободный конец делают в 1,5 раза толще, чем у отверстия молотка. Длина ручки зависит от массы молотка. Для молотков массой 50–200 г длина ручек берется 200–270 мм, для тяжелых – 350–400 мм. Конец ручки, на который насаживается молоток, расклинивается деревянным клином, смазанным столярным клеем, или же металлическим клином с насечкой.

Зубило (см. рис. 10, *а*) применяется для разрубания на части металла различного профиля, удаления припусков с поверхности заготовки, срубания приливов и литников на литых заготовках, головок заклепок при ремонте заклепочных соединений. Зубило служит также для рубки или снятия слоя металла, когда не требуется точность обработки. Им можно производить разрезание, обрезание и вырезание материала.

Зубило состоит из трех частей – рабочей, средней и ударной. Рабочая часть зубила имеет форму клина, углы заточки которого выбираются в зависимости от обрабатываемого материала. Средней части придается овальное или многогранное сечение без острых ребер на боковых гранях, чтобы не поранить руки. Головке (ударной части) зубила придается форма усеченного конуса.

Материалом для изготовления зубил служит углеродистая сталь марок У7А и У8А. Рабочая часть зубила закаливается на длине 15–30 мм, а ударная – на длине 10–20 мм.

Крейцмейсель – инструмент, однотипный с зубилом, но с более узкой режущей кромкой (см. рис. 10, *б*). Он применяется для вырубания узких

канавок и пазов. Изготовляют крейцмейсели из углеродистой стали марок У7А, У8А и закаливают, как зубило.

Бородок, или *пробойник* (см. рис. 12, *г*), применяется для пробивания отверстий в листовых или полосовых металлических или неметаллических материалах толщиной не более 4 мм, установки просверленных под заклепки отверстий одного против другого, выбивания забракованных заклепок, штифтов и др. Слесарные бородки изготовляют из стали марки У7А или У8А. Рабочая часть бородка закаливается на всю длину конуса.

Рабочая часть пробойника может иметь круглую, прямоугольную, квадратную, овальную или другую форму. Пробойник для кожи и жести в рабочей части имеет слепое отверстие, которое соединяется с продольным боковым отверстием, проходящим через стенку нижней части пробойника. Через это отверстие удаляются отходы.

Напильники представляют собой режущий инструмент в виде стальных закаленных брусков различного профиля с насечкой на их поверхности параллельных зубьев под определенным углом к оси инструмента (см. рис. 10, *в*). Материалом для изготовления напильников служит углеродистая инструментальная сталь марок У13 и У13А, а также хромистая шарикоподшипниковая сталь ШХ15.

Напильники имеют различные формы поперечного сечения: плоскую, квадратную, трехгранную, круглую и пр. В зависимости от характера выполняемой работы применяют напильники разной длины, с различным числом насечек.

Существуют три типа ручных напильников: обыкновенные, надфили и рашпили.

Обыкновенные напильники изготовляют из углеродистой инструментальной стали марок У13 и У13А. По числу насечек на 1 см длины они подразделяются на шесть номеров. Напильники с насечкой № 0 и № 1 (драчевые) имеют наиболее крупные зубья и служат для грубого (чернового) опиливания с погрешностью 0,5–0,2 мм. Напильники с насечкой № 2 и
№ 3 (личные) служат для чистового опиливания деталей с погрешностью 0,15–0,02 мм. Напильники с насечкой № 4 и № 5 (бархатные) применяются для окончательной точной отделки изделий. Погрешность при обработке – 0,01–0,005 мм.

По длине напильники могут изготовляться от 100 до 400 мм.

Надфили – те же напильники, но меньших размеров и с насечкой только на половину или три четверти своей длины. Гладкая часть надфиля служит рукояткой. Для изготовления надфилей используют стали марок У12 и У12А. Они применяются для обработки малых поверхностей и доводки

деталей небольших размеров. Надфили изготовляют пяти номеров. Каждому номеру соответствует определенное число насечек на 1 см длины – от 20 до 112.

Рашпили отличаются от напильников и надфилей конструкцией насечки. Они применяются для грубой обработки мягких металлов – цинка, свинца и других, а также для опиливания дерева, кости, рога.

Спиральные сверла (см. рис. 10, *е*) служат для формирования отверстий различного диаметра и состоят из рабочей части, хвостовика и шейки. Рабочая часть сверла в свою очередь состоит из цилиндрической (направляющей) и режущей частей.

На направляющей части расположены две винтовые канавки, по которым отводится стружка в процессе резания. Режущая часть сверла образуется двумя режущими кромками, расположенными под определенным углом друг к другу. Этот угол называют углом при вершине. Его величина зависит от свойств обрабатываемого материала. Для стали и чугуна средней твердости он составляет 116–118°.

Хвостовик предназначен для закрепления сверла в сверлильном патроне или шпинделе станка и может быть цилиндрической или конической формы. Конический хвостовик имеет на конце лапку, которая служит упором при выталкивании сверла из гнезда.

Шейка сверла, соединяющая рабочую часть с хвостовиком, служит для выхода абразивного круга в процессе шлифования сверла при его изготовлении. На шейке обычно обозначают марку сверла.

Изготовляются сверла преимущественно из быстрорежущей стали марок Р9, Р18, Р6М5 и др. Все шире применяются металлокерамические твердые сплавы марок ВК6, ВК8 и Т15К6. Пластинками из твердых сплавов обычно оснащают только рабочую (режущую) часть сверла.

В процессе работы режущая кромка сверла притупляется, поэтому сверла периодически затачивают.

Шаберы (см. рис. 10, *д*) представляют собой стальные полосы или стержни определенной длины с тщательно заточенными рабочими гранями (концами). Служат для точной обработки поверхностей металлических изделий, обработки кромок, нанесения рисунков и надписей в гравировальном и литографском деле.

По конструкции шаберы разделяются на цельные и составные; по форме рабочей части – на плоские, трехгранные и фасонные, а по числу режущих граней – на односторонние, имеющие обычно деревянные рукоятки, и двусторонние без рукояток. Кроме цельных шаберов, в последнее время применяют и сменные, состоящие из держалки и вставных пластин. Режущими лезвиями таких шаберов могут служить пластинки

инструментальной стали, твердого сплава и отходы быстрорежущей стали. Они изготовляются из инструментальной углеродистой стали марок У10А и У12А с последующей закалкой.

Отвертки (см. рис. 12, *а*) применяются для завинчивания и отвинчивания винтов и шурупов, имеющих прорезь (шлиц) на головке. Отвертка состоит из трех частей: рабочей части, стержня и ручки. Выбирают отвертку по ширине рабочей части, которая зависит от размера шлица в головке шурупа или винта.

Ключи гаечные являются необходимым инструментом при сборке и разборке болтовых соединений (см. рис. 12, *б*). Головки ключей стандартизированы и имеют определенный размер, который указывается на рукоятке ключа. Размеры зева (захвата) делаются с таким расчетом, чтобы зазор между гранями гайки или головки болта и гранями зева был от 0,1 до 0,3 мм.

Ключи гаечные разделяют на простые одноразмерные, универсальные (разводные) и ключи специального назначения.

Простые одноразмерные ключи бывают плоские односторонние и плоские двусторонние; накладные глухие; для круглых гаек; торцовые изогнутые и прямые. Торцовые ключи прямые и изогнутые применяются в тех случаях, когда гайку невозможно завинтить обычным ключом.

Простыми одноразмерными ключами можно завинчивать гайки только одного размера и одной формы. Раздвижные (разводные) ключи могут применяться для отвинчивания или завинчивания гаек различных размеров. Они имеют размеры зева от 19 до 50 мм при различных длинах рукояток.

Специальные ключи носят название по роду применения (например, ключ под вентиль, ключ к гайке муфты и т. д.), а также для работы в труднодоступных местах.

Ножовка ручная (см. рис. 10, *г*) обычно применяется для разрезания металла, а также для прорезания пазов, шлицев в головках винтов, обрезки заготовок по контуру и т. п. Ножовочные станки бывают цельными и раздвижными. Последние имеют то преимущество, что в них можно крепить ножовочные полотна различной длины.

Назначение и устройство некоторых инструментов будет изложено при описании разнообразных слесарных работ.

Для различных специализаций слесарей выпускают комплекты инструментов (рис. 13), обеспечивающие удобство их использования, переноски и хранения.

Рис. 13. **Наборы слесарных инструментов**

Использование рассмотренного выше ручного инструмента связано с трудоемкой и малопроизводительной работой. Однако до настоящего времени еще многие слесари применяют только ручной инструмент. В то же время значительная доля слесарных работ может быть механизирована путем использования различных стационарных и переносных машин, а также электрических и пневматических инструментов.

Применение таких инструментов позволяет значительно повысить производительность труда. Так, завертывание болтов и гаек механизированным гайковертом производится в 4–10 раз быстрее, чем вручную обычным гаечным ключом; зачистка поверхностей с помощью переносных шлифовальных машинок осуществляется в 5–20 раз быстрее, а шабрение механизированным шабером в 2–3 раза быстрее, чем ручные операции шабрения.

Механизированные ручные инструменты можно разделить по видам операций, для выполнения которых они предназначены, на инструменты для рубки и разрезания металлов, опиливания, шлифования и зачистки деталей, обработки отверстий, нарезания резьбы, шабрения и притирки, для сборки резьбовых соединений и т. п.

В зависимости от типа двигателя различают инструменты электрифицированные, питаемые электрическим током, и пневматические, действующие от сжатого воздуха.

Механизированные ручные инструменты подразделяют также по характеру движения рабочего органа (шпинделя) на инструмент с вращательным и с возвратно-поступательным движением рабочего органа.

Среди механизированных инструментов электрического действия наибольшее применение находят электрогайковерты, электрошпильковерты,

электродрели, шлифовальные и полировальные машины, электронапильники, резьбонарезатели.

К инструментам пневматического действия относятся гайковерты, механические отвертки, молотки, сверлильные машинки и др.

В зависимости от конструкции корпуса различают ручной механизированный инструмент с нагрудником, с рукояткой, пистолетного типа и угловой.

Устройство и действие различных видов механизированных инструментов рассматриваются в руководствах по эксплуатации и при описании слесарных операций, в которых они применяются.

К универсальным измерительным инструментам для контроля размеров, используемым в слесарном деле, относятся инструменты, представленные на рисунке 14.

Для линейных измерений не слишком высокой точности слесари применяют обычно *металлическую измерительную линейку* – стальную полированную полосу с нанесенными на нее отметками (см. рис. 14, *а*). Поскольку металлические детали чаще всего невелики, то и длина линейки не должна превышать 200–300 мм (в редких случаях можно использовать линейку длиной до 1000 мм).

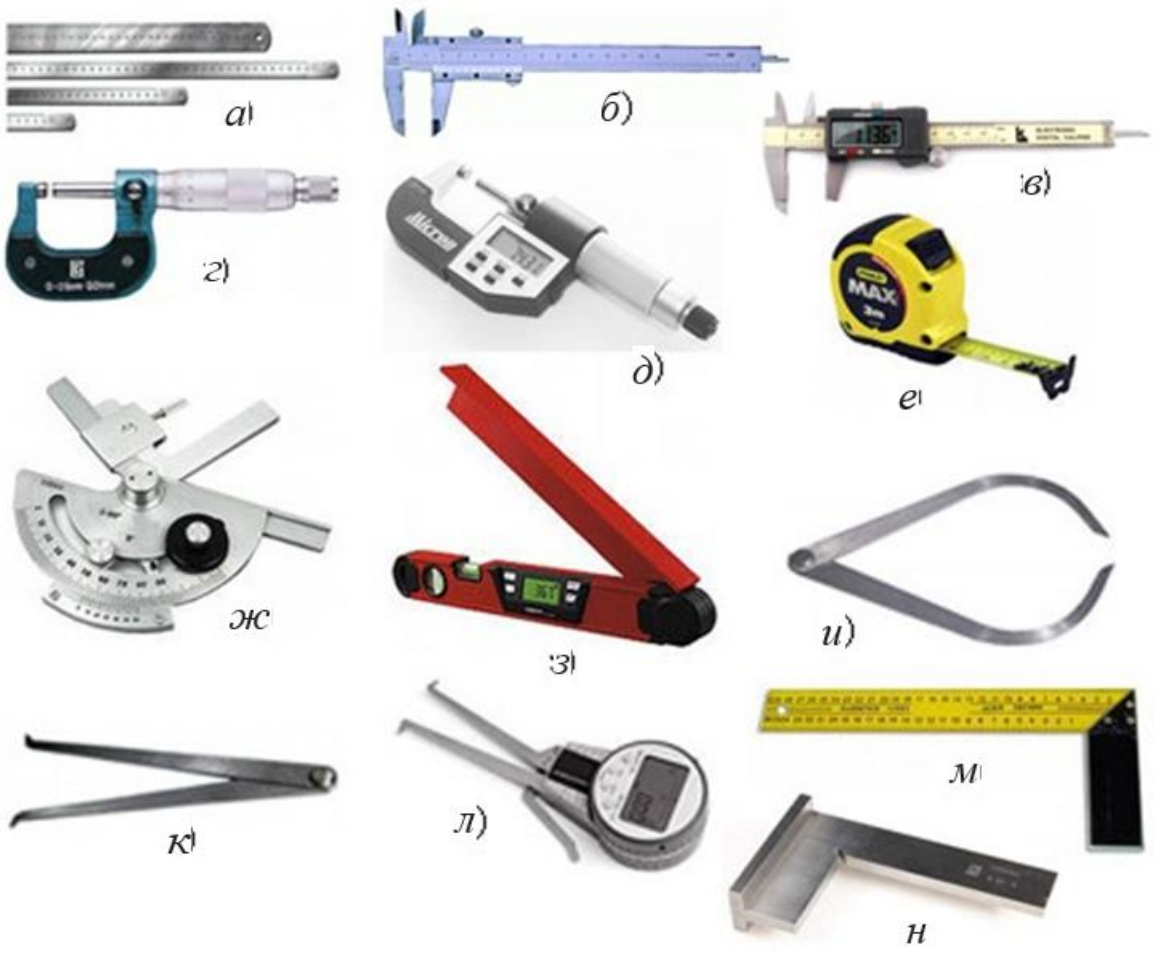


Рис. 14. **Универсальные измерительные и контрольные слесарные инструменты:** *а – измерительная линейка; б – универсальный штангенциркуль; в – универсальный штангенциркуль с электронным индикатором; г – микрометр; д – микрометр с электронным индикатором; е – измерительная рулетка; ж – угломер; з – угломер с электронным индикатором; и – кронциркуль; к – нутромер; л – нутромер с электронным индикатором; м – угольник слесарный; н – угольник слесарный поверочный*

Цена деления на измерительной линейке равна 1 мм, соответственно и точность измерения также равна 1 мм. Через каждые 5 мм штрих на линейке имеет несколько больший размер. Через каждый 1 см еще более удлиненный штрих снабжен цифрой, показывающей на количество сантиметров до начала шкалы. Масштабные линейки изготовляют жесткими или упругими из углеродистой инструментальной стали марки У7 или У8.

По измерительной линейке отсчитывают показания измерительных инструментов, таких как кронциркули, нутромеры и т. п.

Если точности, полученной с применением измерительной линейки недостаточно, пользуются другими, более точными инструментами.

Штангенциркуль (см. рис. 14, *б*) является универсальным измерительным инструментом, позволяющим с высокой точностью (до 0,1 мм) определять линейные (внутренние и наружные) размеры деталей и глубины отверстий. Существуют приборы специальной конструкции, с помощью которых можно измерить малые диаметры, расстояния между осями отверстий, толщину стенки трубы и пр.

Существуют четыре основных типа штангенциркулей, отличающихся конструкцией (конфигурацией и взаиморасположением измерительных поверхностей):

- двусторонние штангенциркули типа I;
- односторонние штангенциркули, снабженные глубиномером, измерительная поверхность которых выполнена из твердых сплавов (тип Т-1);
- двусторонние штангенциркули типа II;
- односторонние штангенциркули типа III.

Устройство и работу штангенциркуля рассмотрим для типа I. Штанга *1* с миллиметровыми делениями *3* с одной стороны заканчивается глубиномером *6*, а с другой – губками для внутренних *4* и наружных *5* измерений (рис. 15). К неподвижным губкам примыкают подвижные губки.

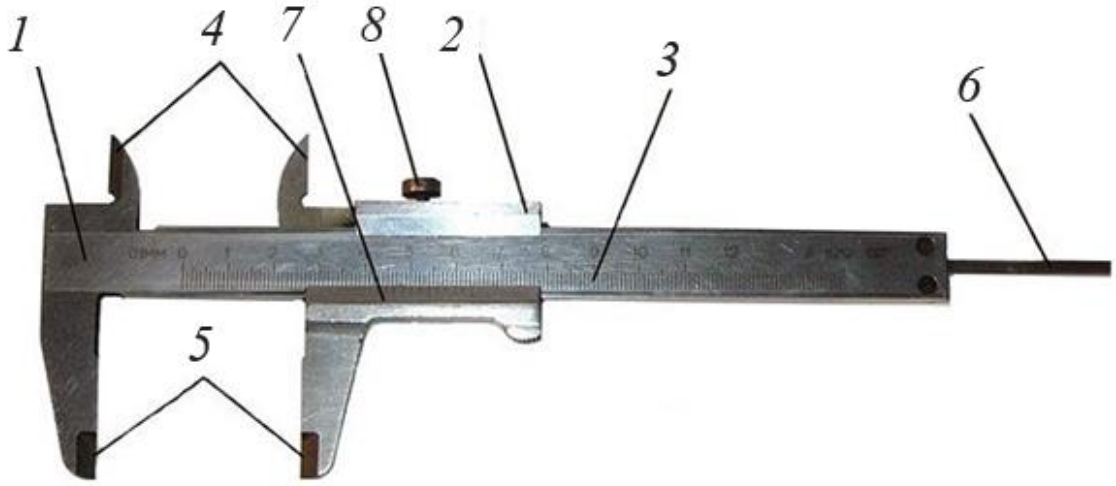


Рис. 15. **Основные части штангенциркуля**

Подвижные губки снабжены вспомогательной шкалой *7*, называемой *нониусом*. С помощью нониуса возможно производить измерения с точностью 0,1 мм. Подвижные губки могут свободно перемещаться вдоль штанги с помощью рамки *2*. В нужном положении они фиксируются стопорным винтом *8*.

Производя измерения, отсчитывают целые миллиметры по основной шкале на штанге напротив нулевого деления нониуса. Отсчет десятых долей миллиметра производится по тому делению нониуса, которое совпадает с делением основной шкалы на штанге. На рисунке 16 приведен пример отсчета размеров 0,1, 0,6 и 25,6 мм.

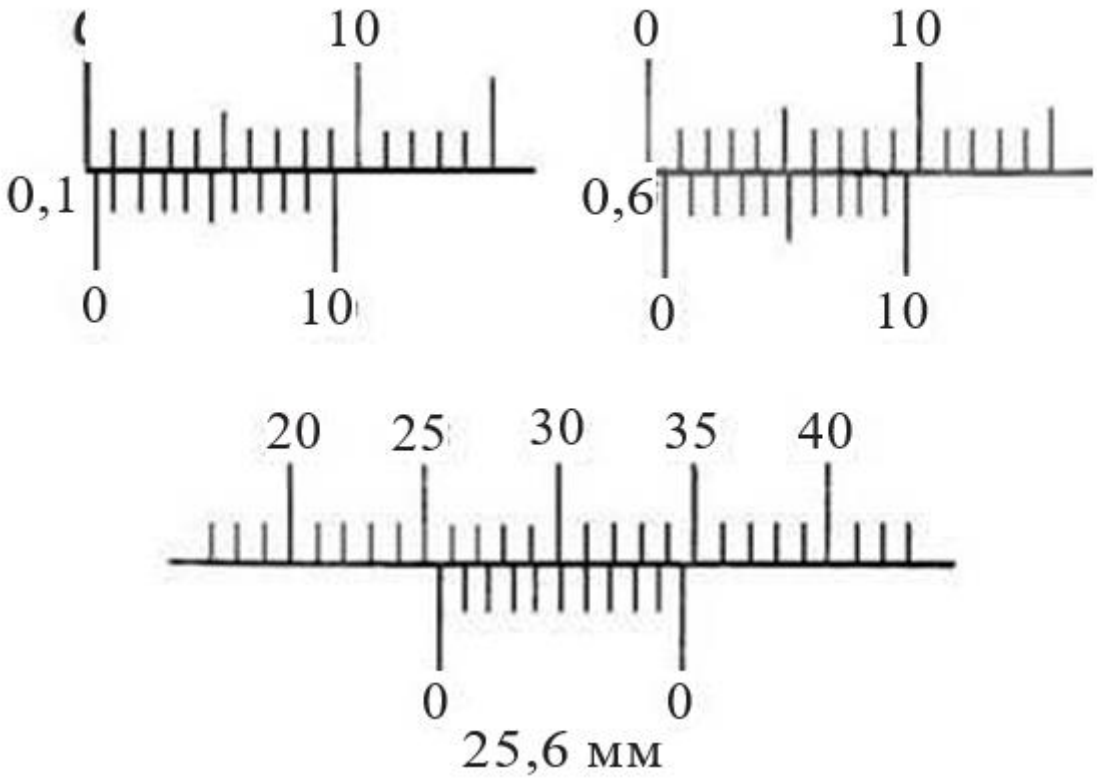


Рис. 16. **Пользование шкалами штангенциркуля**

Штангенциркули могут быть изготовлены с отсчетами различного типа:

- а) отсчет по нониусу (такие штангенциркули маркируются буквенным сочетанием ШЦ);
- б) отсчет по круговой шкале (маркировка – ШИК), выполненной в форме поворотного устройства индикации;
- в) с цифровым отсчетным устройством (ШЦЦ), обеспечивающим высокую степень автоматизации измерений (см. рис. 12, *в*).

В перечень основных функций штангенциркулей ШЦЦ входит:

- отображение измерительной информации в цифровом коде с указанием знака;
- запоминание результатов последних измерений (имеется не во всех моделях);
- установка нуля;
- перевод результата в любую систему измерения;
- подключение к персональному компьютеру с помощью кабеля, последующая обработка, протоколирование и сохранение результатов.

Микрометр – инструмент, с помощью которого производят измерения с точностью до 0,01 мм (см. рис. 14, *г*).

В состав микрометра входят скоба *1* с пяткой *2*, микрометрический винт *3* с шагом 0,5 мм и стопор *4* (рис. 17). Микрометрический винт состоит из стебля *5*, барабана *6* и головки *7*.

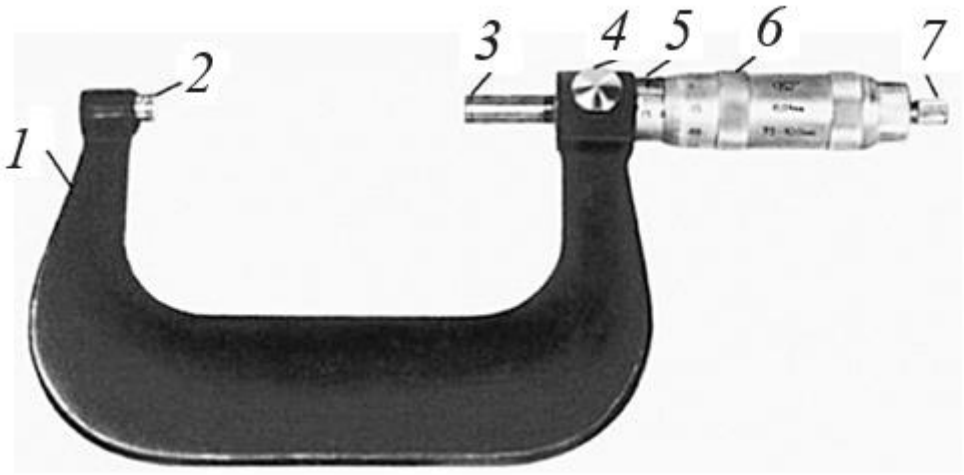


Рис. 17. **Устройство микрометра**

Продольная шкала, нанесенная на стебель, разделена риской на основную и вспомогательную так, что расстояние между рисками двух шкал составляет 0,5 мм. Окружность барабана разделена на 50 равных делений. Поворот барабана на одно деление дает перемещение микрометрического винта на 0,01 мм. Трещотка, которой снабжена головка, позволяет передавать на микрометрический винт постоянное усилие. В случае, когда микрометрический винт упирается в пятку, торец барабана должен совместиться с нулевым делением основной продольной шкалы (рис. 18, *а*). При этом нулевое деление круговой шкалы на барабане должно совпадать с продольной риской основной шкалы.

При выполнении измерений барабан отходит на определенное расстояние, указывающее размер измеряемой детали. В качестве примера на рисунке 18, *б* торец барабана отошел на 16 делений от нуля по основной шкале и еще на деление по вспомогательной шкале. С продольной риской основной шкалы совместилось 37-е деление круговой шкалы барабана. Таким образом, размер, отложенный на микрометре, составляет 16 + 0,5 + 0,37 = 16,87 мм.

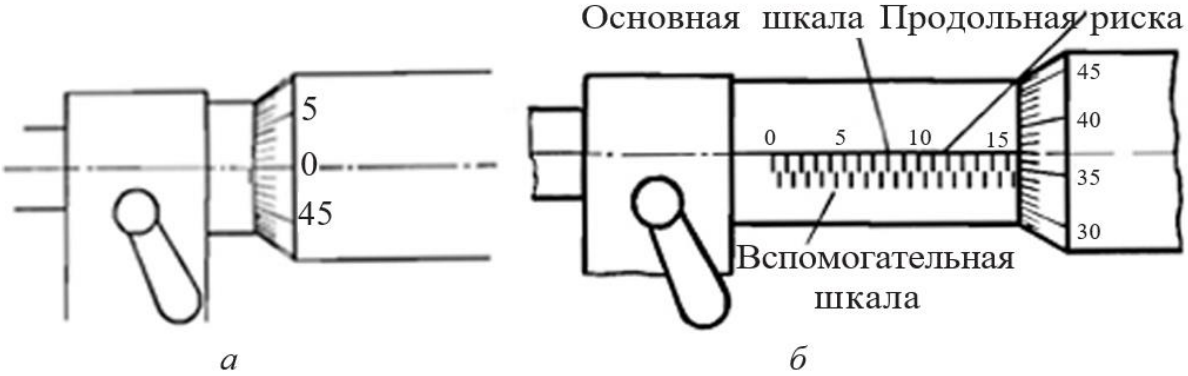


Рис. 18. **Положение шкал микрометра:** *а – исходное положение; б – отсчет измерения*

Микрометры выпускают ручные и настольные, в том числе со стрелочным и цифровым отсчетным устройством. Для цифровых микрометров (рис. 14, *д*) характерен ряд преимуществ:

- выставление на нуль одним нажатием кнопки;
- доступны относительные измерения (установка нуля в любой точке измерительного диапазона);
- переключение между дюймовой и метрической системами исчисления;
- во многих моделях возможна передача результатов измерений на персональный компьютер по нажатию кнопки или через заданный интервал времени.

Кронциркуль – инструмент, которым определяют наружные размеры деталей (см. рис. 14, *и*). Отсчет показаний производят по измерительной линейке с точностью около 0,5 мм. Состоит кронциркуль из двух изогнутых по большому радиусу ножек длиной 150–200 мм, шарнирно соединенных между собой.

Нутромер – инструмент, которым определяют внутренние размеры деталей (см. рис. 14, *к*). Отсчет показаний производят по измерительной линейке с точностью около 0,5 мм. Нутромер состоит из двух ножек, соединенных шарниром. Нижние концы ножек выгнуты наружу. Более точные результаты измерений дает электронный нутромер (см. рис. 14, *л*). Часто приходится изготовлять детали, поверхности которых сопрягаются под различными углами. Для измерения этих углов пользуются угольниками, малками, угломерами и др.

Угольник слесарный – инструмент, которым проводят проверку и разметку прямых углов (см. рис. 14, *м*). Угольником также удобно наносить прямые параллельные линии. Им же проверяют перпендикулярность деталей в процессе сборки оборудования. Угольники изготовляют четырех классов точности: 0, 1, 2, 3. Наиболее точные угольники класса 0. Стальные угольники с углом 90° бывают различных размеров, цельные или составные.

Для проверки прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь и определяют правильность обработки проверяемого угла на просвет. При проверке наружного угла угольник накладывают на деталь его внутренней частью, а при проверке внутреннего угла – наружной частью. Наложив угольник одной стороной на обработанную сторону детали, слегка прижимая его, совмещают другую сторону угольника с обрабатываемой стороной детали и по образовавшемуся просвету судят о точности выполнения прямого угла. Иногда размер просвета определяют с помощью щупов (см. рис. 20, *ж*).

Угольник слесарный поверочный с широким основанием (см. рис. 14, *н*) используется в целях контроля взаимно перпендикулярного расположения деталей в процессе монтажа различного оборудования.

Угломер – прибор (инструмент), предназначенный для измерения геометрических углов в различных конструкциях, в деталях и между поверхностями (см. рис. 14, *ж*). Измерение производится в градусах, на основе

линейчатой шкалы, линейчато-круговой шкалы (с механическим указателем или стрелкой), нониуса или в электронном виде, в зависимости от типа прибора.

Простой угломер состоит из линейки *1* и транспортира *2* (рис. 19). При измерениях угломер накладывают на деталь так, чтобы линейка и нижний обрез *m* полки транспортира совпадали со сторонами измеряемой детали *3*. Величину угла определяют по указателю *4*, перемещающемуся по шкале транспортира вместе с линейкой. Простым угломером можно измерять величину углов с точностью 0,5–1,0°.

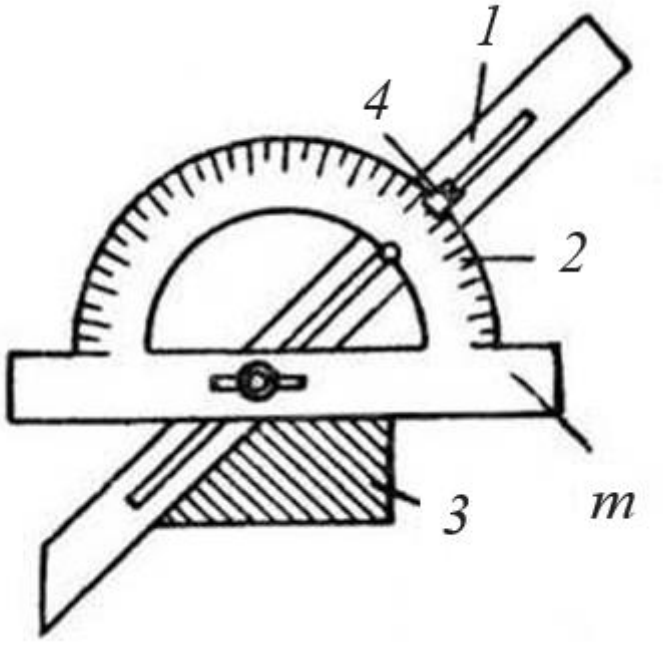


Рис. 19. **Конструкция простого угломера**

Современные производители выпускают широкий спектр электронных угломеров (см. рис. 14, *з*), имеющих разную конструкцию и обладающих различными функциональными возможностями.

Цифровой угломер является незаменимым при выполнении разметки объектов, проектных, строительных и монтажных работ. В отличие от используемых ранее механических угломеров, электронные устройства обладают гораздо более высокой точностью, что не только повышает качество измерения, но и значительно упрощает его выполнение.

Электронный угломер способен обеспечивать измерение углов до 180°. Он также позволяет выполнять простые вычислительные операции, включая сложение и вычитание, что упрощает ведение работ. Важным преимуществом является то, что цифровой угломер может использоваться также для измерения уклонов. В результате значительно расширяется область применения этих устройств.

Если приходится измерять длинномерные детали, то *измерительная рулетка* – один из самых распространенных и необходимых инструментов. Она представляет собой стальную или пластмассовую ленту, на поверхности которой нанесена шкала с ценой деления 1 мм (см. рис. 14, *е*). Ширина ленты обычно не превышает 25 мм. Ленту помещают в металлический или пластиковый корпус. Сейчас выпускают ленту в прорезиненном корпусе, что значительно увеличивает ударопрочность инструмента. Лента втягивается в корпус пружиной (самосвертывающиеся рулетки) или вращением рукоятки (простые рулетки).
Рулетки можно условно разделить на короткие и длинные.

Короткие рулетки имеют длину от 2 до 10 м, как правило, оснащены сматывающим механизмом. Также у них есть кнопка «Стоп», которая позволяет на определенной длине зафиксировать ленту.
Длинные рулетки достигают длины от 10 до 50 м. Снабжены такие рулетки ручным скручивающим механизмом. Их еще часто называют измерительной лентой.
Рулетки применяются для измерения линейных размеров: длины, ширины, высоты деталей и расстояний между их отдельными частями, а также длин дуг, окружностей и кривых.

К специальным инструментам для измерения и контроля различных параметров деталей и конструкций относятся инструменты, представленные на рисунке 20.

Линейка проверочная – инструмент, которым проверяют прямолинейность поверхностей (рис. 20, *а*).
В процессе обработки плоскостей пользуются проверочными *лекальными линейками* (рис. 20, *б*). Они подразделяются на линейки лекальные с двусторонним скосом, трехгранные и четырехгранные.

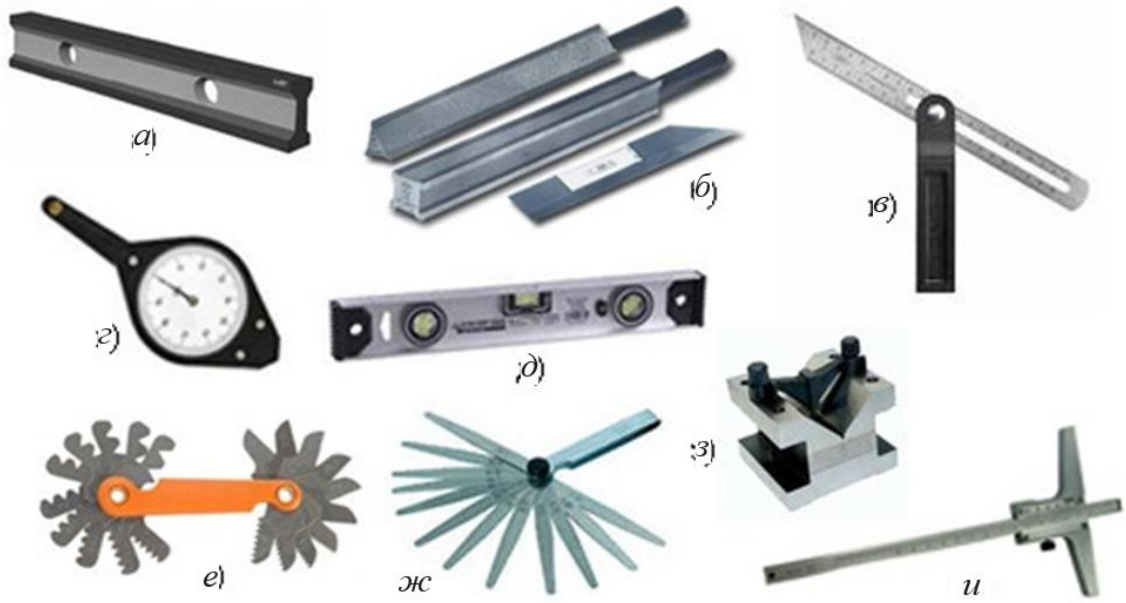


Рис. 20. **Специальные измерительные и контрольные слесарные инструменты:** *а – линейка проверочная; б – линейки проверочные лекальные; в – малка; г – курвиметр; д – уровень; е – резьбомер; ж – щуп; з – призма проверочная; и – штангенглубиномер*

Лекальные линейки изготовляют с высокой точностью, они имеют тонкие ребра с радиусом закругления 0,1–0,2 мм, благодаря чему можно весьма точно определить отклонение от прямолинейности по способу световой щели (на просвет). Для этого линейку своим ребром устанавливают на проверяемую поверхность детали против света. При этом имеющиеся отклонения от прямолинейности будут заметны между линейкой и поверхностью детали. При хорошем освещении можно обнаружить отклонение от прямолинейности до 0,005–0,002 мм. Лекальные линейки изготовляют длиной от 25 до 500 мм из углеродистой инструментальной или легированной стали с последующей закалкой.

Малка – инструмент, с помощью которого переносят размеры углов с детали на угломерный инструмент или на заготовку (рис. 20, *в*). При производстве слесарных разметочных работ применяют металлическую малку.

Простая малка состоит из обоймы и линейки, закрепленной шарнирно между двумя планками обоймы. Шарнирное крепление обоймы позволяет линейке занимать по отношению к обойме положение под любым углом. Малку устанавливают на требуемый угол по образцу детали или по угловым плиткам (рис. 21). Требуемый угол фиксируется винтом с барашковой гайкой.

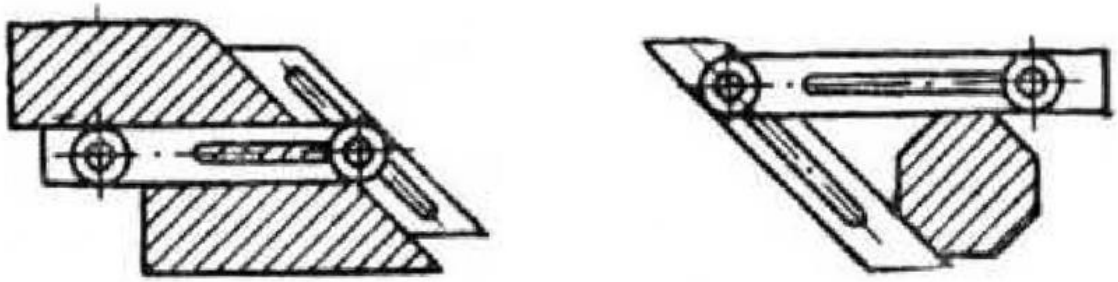


Рис. 21. **Способы применения малки**

Штангенглубиномеры предназначены для измерений глубины элементов деталей (см. рис. 20, *и*). Состоят из штанги, имеющей шкалу, и рамки с нониусом (ШГ) или круговой шкалой с отсчетным устройством (ШГК) или электронным цифровым отсчетным устройством (ШГЦ). Принцип работы аналогичен штангенциркулю.

Уровень (ватерпас) – прибор, которым определяют горизонтальность поверхности (см. рис. 20, *д*). Уровень представляет собой брусок, в котором закреплена стеклянная прозрачная трубка, заполненная жидкостью, обычно спиртом, с небольшим пузырьком газа. Трубка с жидкостью имеет дугообразное продольное сечение. Если трубка с жидкостью расположена горизонтально, пузырек газа находится строго посередине трубки. Обычно в

уровне расположены две трубки с жидкостью для проверки горизонтальных и вертикальных поверхностей.

Курвиметр – прибор, которым измеряют извилистые криволинейные отрезки (см. рис. 20, *г*). Производя измерения, зубчатое колесико курвиметра прокатывают по извилистой линии на чертеже или карте. Пройденное расстояние отсчитывают по циферблату. Обычно механический курвиметр снабжен двумя циферблатами, один из которых проградуирован в сантиметрах, а другой – в дюймах. Погрешность в измерении у механического курвиметра составляет 0,5 %.

Резьбомер – измерительный инструмент, представляющий собой набор различных резьбовых шаблонов (см. рис. 20, *е*). Резьбомер служит для измерения шага метрической резьбы либо для дюймовой резьбы числа витков на 1 дюйм.

Резьбовой шаблон – это зубчатая пластина с определенным шагом зубьев. На каждом метрическом шаблоне указан шаг резьбы в миллиметрах, а на каждом дюймовом шаблоне – число витков на 1 дюйм резьбы.

Набор шаблонов помещен в оправу из двух накладок, скрепленных винтами. На метрическом резьбомере стоит клеймо: «М60°», а на дюймовом – «Д55°».

Призмы проверочные (см. рис. 20, *з*) и *разметочные* – приспособления, с помощью которых делают проверку и разметку валов и цилиндрических деталей. Призмы изготовляют в комплектах попарно, что позволяет применять их как опоры при контроле и разметке длинных цилиндрических деталей.

Все измерительные приборы отличаются высокой точностью исполнения и требуют тщательного ухода. Обеспечение соответствующих условий использования и хранения является гарантией долговечности их работы и точности. Неправильное обращение ведет к преждевременному износу и порче, невозможности эксплуатации и даже к повреждению измерительных приборов.

При эксплуатации измерительного инструмента и приборов недопустимы механические повреждения, резкие перепады температуры, намагничивание, коррозия.

Необходимые требования при эксплуатации измерительного инструмента и приборов – соблюдение чистоты, квалифицированное обслуживание и прежде всего хорошее знание конструкций и условий эксплуатации измерительных приборов.

4. Техническая подготовка ремонтных работ

Техническая подготовка состоит из конструкторской и технологической подготовки.

Конструкторская подготовка заключается в систематизации технической документации по отдельным видам оборудования. По каждому оборудованию составляется альбом чертежей, который содержит: паспорт, схемы (гидравлическую, кинематическую, электрическую, пневматическую, смазки), чертежи сборочных единиц, сменных деталей, спецификации покупных деталей и узлов и т.д.

Технологическая подготовка заключается в формировании типовых технологических процессов разборки, сборки оборудования, в разработке технологических процессов по изготовлению и восстановлению деталей, в проектировании специального оборудования и оснастки, необходимых для проведения ремонта.

При технологической подготовке составляется также дефектная ведомость, которая является исполнительной технологической ведомостью. Составляется она во время одного из плановых осмотров перед капитальным или средним ремонтом. После разборки оборудования эта ведомость корректируется.

Материальная подготовка призвана обеспечить ремонтные работы материалами, сменными деталями, технической оснасткой и подъемно-транспортными средствами.

Организационная подготовка должна создать условия для проведения всех видов ремонтных работ и технического обслуживания оборудования. Она должна предшествовать выводу оборудования в ремонт, что позволяет сократить простои его в ремонте.

Выполнение ремонтных работ может осуществляться централизованным, децентрализованным и смешанным способами.

При централизованной форме все виды ремонтных работ осуществляется ремонтно-механических цехом. Такая форма организации ремонта осуществляется на небольших предприятиях с суммарной ремонтной сложностью оборудования до 5000 ремонтных единиц.

При децентрализованной форме все виды ремонтных работ осуществляются цеховыми ремонтными базами. Используется эта система на предприятиях массового и крупносерийного производства с суммарной ремонтной сложностью оборудования в цехе до 1000 ремонтных единиц.

Смешанная форма организации ремонтных работ характеризуется тем, что капитальный ремонт и модернизация осуществляется ремонтно-механическим цехом, а все остальные ремонтные работы выполняют цеховые ремонтные базы.

Рациональная организация ремонтных работ позволяет сократить время простоя оборудования в ремонте и сократить затраты на его проведения. Этого можно достичь за счет:

внедрения комплексной механизации и автоматизации ремонтных работ;

внедрения узлового и последовательно-узлового методов ремонта;

расширения фронта работ по каждому объекту и увеличения сменности при выполнении работ;

внедрения индустриальных методов ремонта для этого необходимо централизовать в ОГМ техническое руководство ремонтом, сгруппировать парк оборудования по признаку общности ремонта, приобрести или разработать обязательные типовые технологические процессы ремонта, приобрести или изготовить технологическую и контрольно-проверочную оснастку, приобрести или разработать технологические инструкции по выполнению унифицированных операций, ввести обязательный порядок документальной приемки ремонта, разработать систему проверки и ремонта всей оснастки, обучить ремонтный персонал выполнению ремонта типовым технологическим процессам, создать участок по изготовлению, ремонту и аттестации оснастки, осуществлять постоянный надзор со стороны ОГМ за соблюдением технологической дисциплины.

5. Организация ремонтных служб на производстве

Современные предприятия оснащены дорогостоящим и разнообразным оборудованием, установками, роботизированными комплексами, транспортными средствами и другими видами основных фондов. В процессе работы они теряют свои рабочие качества, главным образом из-за износа и разрушения отдельных деталей, поэтому снижаются точность, мощность, производительность и другие параметры.

Для компенсации износа и поддержания оборудования в нормальном, работоспособном состоянии требуются систематическое техническое обслуживание его и выполнение ремонтных работ, а также проведение мероприятий по технической диагностике.

Техническим обслуживанием принято называть комплекс операций по поддержанию работоспособности или исправности оборудования при его использовании по назначению, во время ожидания, хранения и транспортирования.

Ремонт - это комплекс операций по восстановлению исправности, работоспособности или ресурса оборудования либо его составных частей.

Износ оборудования в процессе его эксплуатации и нерациональная организация технического обслуживания и ремонта приводят к увеличению простоя в ремонте, к ухудшению качества обработки и повышению брака, а также к увеличению затрат на ремонт.

Численность ремонтных рабочих колеблется в пределах 20-30 % от общей численности вспомогательных рабочих.

В соответствии с изложенным выше следует отметить, что основными задачами организации планирования ремонтной службы предприятия являются:

- сохранение оборудования в рабочем, технически исправном состоянии, обеспечивающем его высокую производительность и бесперебойную работу;
- сокращение времени и затрат на обслуживание и все виды ремонтов.

Решение таких задач требует организации правильной эксплуатации, текущего обслуживания, своевременного выполнения необходимого ремонта, а также модернизации оборудования.

Для выполнения всех видов работ по организации рационального обслуживания и ремонта оборудования и других видов основных фондов на предприятиях создаются ремонтные службы. Их структура зависит от ряда факторов: типа и объема производства, его технических характеристик, развития кооперирования при выполнении ремонтных работ, системы централизации и др.

В состав ремонтной службы крупного и среднего предприятия входят отдел главного механика (ОГМ), ремонтно-механический цех (РМЦ), цеховые ремонтные службы, общезаводской склад запасных деталей и узлов

Отдел главного механика возглавляется главным механиком, подчиненным непосредственно главному инженеру завода.

В составе ОГМ, как правило, создаются следующие функциональные подразделения: бюро планово-предупредительного ремонта (ППР), конструкторско-технологическое бюро, планово-производственное бюро и группа кранового оборудования.

В состав бюро ППР входят группы: инспекторская, учета оборудования, запасных частей и ремонтно-смазочного хозяйства.

Инспекторская группа планирует, контролирует и учитывает выполнение ремонтных работ всех видов; инспектирует правильность эксплуатации и разрабатывает инструкции по уходу за оборудованием.

Группа учета оборудования ведет паспортизацию и учет оборудования всех видов, следит за его перемещением, контролирует состояние хранения и качества консервации неустановленного оборудования, проводит ежегодную инвентаризацию.

Группа запасных частей устанавливает номенклатуру, сроки службы, нормы расхода и лимиты на запасные детали и покупные материалы, планирует изготовление запасных частей и руководит складскими запасами деталей.

Конструкторско-технологическое бюро осуществляет всю техническую подготовку системы ППР и ремонтных работ всех видов, включая модернизацию; обеспечивает комплектование альбомов чертежей и их хранение по всем видам оборудования.

Планово-производственное бюро планирует и контролирует работу ремонтно-механического цеха и цеховых ремонтных служб, осуществляет материальную подготовку ремонтных работ, составляет отчеты по выполнению планов ремонтных работ по заводу, производит анализ технико-экономических показателей ремонтной службы завода, выявляет непроизводительные затраты, разрабатывает мероприятия по их устранению.

Группа кранового оборудования следит за эксплуатацией и состоянием всех подъемно-транспортных механизмов, планирует и контролирует выполнение ремонтов всех видов.

Ремонтно-механический цех является основной материальной базой ремонтной службы предприятия. Он комплектуется разнообразным универсальным оборудованием и высококвалифицированными рабочими. В этом цехе выполняются все наиболее сложные работы по ремонту оборудования, изготовлению и восстановлению сменных деталей, а также работы по модернизации оборудования.

Цеховые ремонтные службы создаются в крупных основных цехах завода только при использовании децентрализованной и смешенной систем организации ремонтных работ. Службы находятся в ведении механиков цехов.

Общезаводской склад запасных деталей и узлов осуществляет хранение и учет всех материальных ценностей, необходимых для проведения всех видов ремонтов оборудования и подъемно-транспортных средств.

Штаты инженерно-технических работников и служащих ремонтной службы предприятия устанавливаются в зависимости от числа ремонтных единиц оборудования в целом по заводу.

Система планово-предупредительных ремонтов (ППР) представляет собой совокупность организационных и технических мероприятий по уходу, надзору, обслуживанию и ремонту оборудования, проводимых профилактически по заранее составленному плану с целью предотвращения прогрессивного износа, предупреждения аварий и поддержания оборудования в постоянной эксплуатационной готовности.

Сущность системы ППР заключается в проведении через определенное число часов работы оборудования профилактических осмотров и различных видов плановых ремонтов, чередование и периодичность которых определяются назначением агрегата, его особенностями, размерами и условиями эксплуатации.

Основными задачами системы ППР являются снижение расходов на ремонт и повышение качества ремонта.

Система ППР предусматривает проведение следующих видов работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

1 Межремонтное обслуживание заключается в наблюдении за состоянием оборудования, правильной его эксплуатацией, своевременном регулировании механизмов и устранении мелких неисправностей, чистке и смазке. Все эти работы выполняются основными рабочими и дежурным ремонтным персоналом (слесарями, смазчиками, электриками) в нерабочие часы по заранее составленному графику, т. е. профилактически.

2 Смена и пополнение масел осуществляются по специальному графику для всего оборудования с централизованной и картерной системами.

3 Геометрическая точность проверяется после плановых ремонтов и профилактики по особому плану-графику для прецизионного и финишного оборудования в соответствии с нормами, предусмотренными ГОСТами или ТУ. Проверку выполняют контролеры ОТК с привлечением слесарей ремонтников.

4 Проверка жесткости осуществляется после плановых, средних и капитальных ремонтов в соответствии с нормами, указанными в ГОСТах для металлорежущих станков.

5 Осмотры проводятся с целью проверки состояния оборудования, а также устранения мелких неисправностей и выявления объемов подготовительных работ, подлежащих выполнению при очередном плановом ремонте. Осмотры, проводимые перед средним и капитальным ремонтами, сопровождаются составлением Ведомости дефектов, в которой отражаются все виды предстоящих работ, необходимые материалы и запасные части, балансовая стоимость объекта.

6 Плановые ремонты в зависимости от содержания и трудоемкости выполнения работ подразделяются на текущие, средние и капитальные (ГОСТ 18322-78).

Текущий ремонт (малый) заключается в замене небольшого количества изношенных деталей и регулировании механизмов для обеспечения нормальной работы агрегата до очередного планового ремонта. Как правило, он проводится без простоя оборудования (в нерабочее время). В течение года

текущему ремонту подвергается 90-100 % технологического оборудования. Затраты на такой вид ремонта включаются в себестоимость продукции, выпускаемой на этом оборудовании.

Средний ремонт заключается в смене или исправлении отдельных узлов или деталей оборудования. Он связан с разборкой, сборкой и выверкой отдельных частей, регулировкой и испытанием оборудования под нагрузкой. Этот вид ремонта проводится по специальной Ведомости дефектов и заранее составленной смете затрат в соответствии с планом-графиком ремонтов оборудования. Затраты на ремонты, проводимые с периодичностью менее 1 года, включаются в себестоимость продукции, выпускаемой на этом оборудовании, а с периодичностью более 1 года – за счет амортизационных отчислений. В течение года среднему ремонту подвергается около 20-25 % установленного оборудования.

Капитальный ремонт осуществляется с целью восстановления исправности оборудования и восстановления полного или близкого к полному ресурса. Как правило, производятся ремонт всех базовых деталей и узлов, сборка, регулировка и испытание оборудования под нагрузкой. Так же, как и средний ремонт, капитальный ремонт выполняется по специальной Ведомости дефектов, составленной при осмотре оборудования, а также по смете затрат и в соответствии с планом-графиком. Затраты на капитальный ремонт осуществляются предприятием за счет производимых им амортизационных отчислений. В течение года капитальному ремонту подвергается около 10-12 % установленного оборудования.

При капитальном ремонте восстанавливают предусмотренные ГОСТами или ТУ геометрическую точность, мощность и производительность оборудования на срок до очередного планового среднего или капитального ремонта.

7 Внеплановый ремонт - вид ремонта, вызванный аварией оборудования, или не предусмотренный годовым планом ремонт. При правильной организации ремонтных работ в строгом соответствии с системой ППР внеплановые ремонты не должны иметь места.

Для перехода на систему ППР необходимо установить ремонтные нормативы и провести техническую и материальную подготовку.

Эффективность применения системы ППР находится в прямой зависимости от совершенства нормативной базы, соответствия нормативов условиям эксплуатации оборудования. От точности нормативов в большой степени зависят расходы предприятия на техническое обслуживание и ремонт оборудования, а также уровень потерь в производстве, связанных с неисправностью оборудования. Нормативы дифференцируются по группам оборудования и характеризуют последовательность проведения ремонтов и осмотров, объемы ремонтных работ, их трудоемкость и материалоемкость. Важнейшими нормативами системы ППР являются:

- продолжительность межремонтного цикла;
- структура межремонтного цикла;
- продолжительность межремонтного и межосмотрового периодов;

- категория сложности ремонта;
- нормативы трудоемкости;
- нормативы материалоемкости;
- нормы запаса деталей, оборотных узлов и агрегатов.

Под продолжительностью межремонтного цикла понимается время работы оборудования от момента ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта или период между двумя последовательно выполняемыми капитальными ремонтами.

Межремонтный период - время работы единицы оборудования между двумя очередными плановыми ремонтами.

Под структурой межремонтного цикла понимается перечень и последовательность выполнения ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию в период межремонтного цикла.

Межосмотровый период - время работы оборудования между двумя очередными осмотрами и плановыми ремонтами (периодичность технического обслуживания).

Под категорией сложности ремонта понимаются степень сложности ремонта оборудования и его особенности. Чем сложнее оборудование, чем больше его размер и выше точность обработки на нем, тем сложнее ремонт, а следовательно, и выше категория сложности.

Трудоемкость ремонтных работ того или иного вида определяется исходя из количества единиц ремонтной сложности и норм времени, установленных на одну ремонтную единицу. Количество единиц ремонтной сложности по механической части оборудования совпадает с категорией сложности.

Материалоемкость ремонтов всех видов и технического обслуживания определяется исходя из норм расхода материалов, установленных на единицу ремонтной сложности и количества единиц ремонтной сложности оборудования данной группы.

Нормы запаса деталей и оборотных узлов и агрегатов определяются также, как потребности в материалах, исходя из количества единиц ремонтной сложности.

На основе нормативов разрабатываются годовые графики ППР оборудования, в которых предусматриваются по срокам ремонты и планируемые мероприятия по техническому обслуживанию каждой единицы оборудования; определяются размеры трудоемкости предстоящих работ и устанавливается штат ремонтного персонала.

Эти графики ложатся в основу текущего планирования и выполнения работ в цехах и на предприятии в целом:

Виды оборудования	Год ввода в эксплуатацию	Стоимость оборудования	Капитальный последний ремонт	Период			
				1	2	3	4
				ом с	с	о	

О – осмотр;

М – малый ремонт;

С – средний ремонт.

Все виды работ, образующие систему ППР, нуждаются в соответствующей технической и организационной подготовке.

На предприятиях, как правило, создается запас сменных деталей и узлов, который достаточен для бесперебойного выполнения ремонтных работ. Величина этого запаса подлежит нормированию. Текущее регулирование запасов осуществляется по системе "максимум-минимум".

Все находящиеся в запасах детали подразделяются на группы:

- детали со сроком службы, не превышающим межремонтный период;
- детали, расходуемые в больших количествах независимо от срока их службы;
- крупные, сложные и трудоемкие детали, для изготовления которых требуются сложные и крупные поковки или отливки;
- детали, изготавливаемые на стороне;
- все сменные детали уникального, особо ответственного или лимитирующего объем производства технологического оборудования.

Ремонт и техническое обслуживание технологического оборудования на предприятиях выполняют ремонтные службы цехов.

При анализе и оценке работы ремонтной службы используются следующие технико-экономические показатели:

- время простоя оборудования в ремонте, приходящееся на одну ремонтную единицу. Этот показатель определяется делением суммарного простоя оборудования в ремонте на число ремонтных единиц оборудования, которое подвергается ремонту в данном плановом периоде. Необходимо добиваться максимального сокращения этого времени;
- число ремонтных единиц установленного оборудования, приходящееся на одного ремонтного рабочего. Это число характеризует производительность труда ремонтных рабочих, которая должна постоянно увеличиваться;
- себестоимость ремонта одной ремонтной единицы, определяемая делением всех расходов (включая накладные) по ремонту в течение определенного времени (например, в течение года) на число ремонтных единиц оборудования, ремонтируемого за этот же плановый период. Необходимо стремиться к максимальному снижению этого показателя;

- оборачиваемость парка запасных деталей, равная отношению стоимости израсходованных запасных деталей к среднему остатку их в кладовых. Этот показатель должен быть максимально большим;
- число аварий, поломок и внеплановых ремонтов на единицу оборудования, характеризующее эффективность системы ППР. Оно должно быть минимальным.

Между этими показателями существует определенная зависимость. Сокращение времени простоя оборудования в ремонте, приходящегося на одну ремонтную единицу, приводит к увеличению числа ремонтных единиц установленного оборудования, приходящегося на одного ремонтного рабочего, так как один и тот же объем ремонтных работ при сокращении времени на него может быть выполнен меньшим количеством рабочих. Это обусловливает снижение себестоимости ремонта одной ремонтной единицы. Улучшение первых трех показателей достигается посредством более эффективной организации ремонтных работ и ремонтного хозяйства, что приводит к улучшению четвертого показателя. Анализ всех показателей проводится в сравнении с показателями, достигнутыми на специализированных ремонтных предприятиях.

6. Грузоподьемные машины, механизмы и приспособления

Грузоподъемная машина — техническое устройство циклического действия для подъема и перемещения груза на небольшие расстояния в пределах определенной площади промышленного предприятия. Грузоподъемные машины достаточно разнообразны по назначению, принципам действия и конструктивному исполнению (табл. 10.1).

Таблица 10.1-Классификация грузоподъемных машин

Классификатор	Виды грузоподъемных машин
По назначению	• - общего назначения (являются достаточно универсальными), • - специального назначения (используют в специальных технологических процессах)
По конструктивному исполнению	• - подъемные механизмы, • - подъемники, • - грузоподъемные краны, • - погрузчики, • - манипуляторы
По типу привода	• - ручные, • - электрические, • - гидравлические, • - пневматические

Различают несколько типов каждого из перечисленных видов грузоподъемных машин.

Основным параметром грузоподъемной машины является **грузоподъемность,** т. е. масса наибольшего груза, взятая с массой грузозахватных приспособлений и тары, рассчитанная на данную машину.

Грузоподъемный механизм (механизм подъема)— приводное устройство для подъема и опускания груза: таль, лебедка, домкрат.

Съемные грузозахватные приспособления соединяют груз с краном и используются в процессе производства работ по подъему и перемещению грузов с применением грузоподъемных машин и механизмов (стропы, траверсы, захваты и др.).

Грузозахватные органы предназначены для подвешивания и захватывания груза (крюки, грейферы, электромагниты).

Грузоподъемные механизмы оборудуются **предохранительными устройствами,** препятствующими подъему груза массой, больше

установленной грузоподъемности, а также удерживающими груз от падения при аварийном отключении питания.

Находящиеся в работе грузоподъемные машины и механизмы должны быть снабжены табличками с ясно обозначенными регистрационным номером, паспортной грузоподъемностью, датой следующего частичного или полного технического освидетельствования.

При помощи механизмов подъема осуществляется вертикальное перемещение груза, задержание его в висячем положении и приземление в назначенном месте на опорной поверхности.

Существуют разные виды грузоподъемных механизмов с серией механизмов подъема одинаковой или разной грузоподъемности.

Грузоподъемные тали — это специальные грузоподъемные механизмы, подвешиваемые к балкам или специальным тележкам, перемещающимся по подвесному монорельсовому пути. Предназначены для подъема или опускания грузов при осуществлении грузоподъемных работ. Как правило, тали классифицируют на стационарные и передвижные, а также ручные, пневматические и электрические (тельферы).

Таль способна поднять и переместить груз только в одной плоскости, а это автоматически лишает ее всякого шанса конкурировать с краном, у которого степеней свободы три.

В зависимости от условий и требований эксплуатации существуют следующие виды талей:

- электрическая передвижная, - ручная рычажная,
- канатная передвижная, - ручная червячная,
- червячная передвижная, - ручная шестеренчатая.

Пневматические тали используют для работы во взрывоопасной среде, где использование электродвигателей не допускается.

Грузоподъемные лебедки — это грузоподъемные механизмы, в которых в качестве рабочего элемента, навиваемого на барабан или огибающего канатоведущий шкив или звездочку, используют канат или цепь.

Лебедки предназначены для подъема и перемещения грузов по горизонтальному или наклонному пути при ремонтных, строительномонтажных и других работах, а также для механизации транспортирования грузов.

В промышленности используют различные виды лебедок (табл. 10.2).

Таблица 10.2-Классификация лебедок

Классификатор	Виды лебедок
По назначению	• - грузоподъемные, • - тяговые
По системе спуска груза	• - нереверсивные (со свободным спуском груза),

	• - реверсивные (с силовым спуском груза)
По типу тягового элемента	• - цепные, • - канатные
По конструкции	• - однобарабанные, • - двухбарабанные, • многобарабанные
По типу привода	• ручные, • машинные (электрические, от двигателей внутреннего сгорания, гидравлические, пневматические)
По способу установки	• стационарные (напольные, настенные), • - переносные, • - передвижные

Также классифицируют лебедки на односкоростные и многоскоростные, открытого и закрытого (в корпусе) типа.

Домкрат— это стационарный, переносной или передвижной грузоподъемный механизм для подъема и фиксации на заданной высоте тяжелых предметов.

Существует несколько разновидностей домкратов (табл. 10.3).

Удобство домкрата— в его мобильности и надежности. Сама конструкция этого механизма намного компактнее, чем другие приспособления, выполняющие подобную функцию (тали, лебедки и т. д.). К тому же, домкрат располагается непосредственно под грузом. Отпадает необходимость в использовании громоздких приспособлений. Конструкция домкрата не требует больших материальных вложений, в отличие от других приспособлений для подъема груза.

Домкрат может использоваться как самостоятельное устройство при выполнении монтажных, ремонтных или строительных работ, так и в составе более сложных механизмов (кранов, подъемников, прессов и т. д.).

Таблица 10.3-Классификация домкратов

Классификатор	Виды домкратов
По принципу работы	• реечные (рычажные, зубчатые); • винтовые;

	• гидравлические: • классические бутылочные (одноштоковые и телескопические); • подкатные, • специальные (ромбовые, двухуровневые, зацепные); • пневматические
По типу привода	ручные и машинные
По грузоподъемности	от 0,5 до 750,0 тонн
По высоте	от нескольких сантиметров до нескольких метров