

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации



федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»

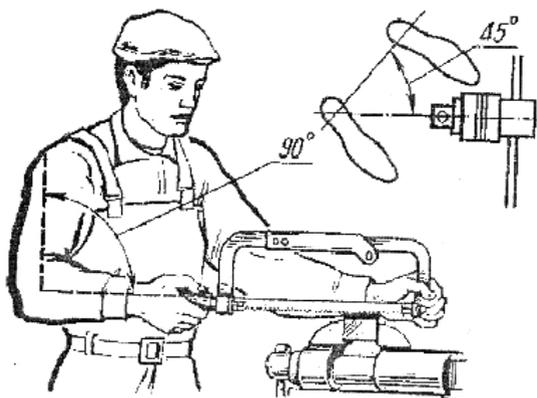
Кафедра технического сервиса

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по учебной технологической практике в мастерских  
для студентов, обучающихся по направлению 110800.62  
«Агроинженерия»  
(Профили «Машины и оборудование в агробизнесе» и  
«Технический сервис в АПК»)

Часть 1

## СЛЕСАРНАЯ ОБРАБОТКА



Ярославль  
2013



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации



федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»

Кафедра технического сервиса

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

по учебной технологической практике в мастерских  
для студентов, обучающихся по направлению 110800.62

«Агроинженерия»

(Профили «Машины и оборудование в агробизнесе» и  
«Технический сервис в АПК»)

Часть 1

**СЛЕСАРНАЯ ОБРАБОТКА**

Ярославль  
2013

Методические указания составлены на основе ФГОС ВПО и учебной программы «Учебная технологическая практика в мастерских». Предназначены для студентов инженерного факультета очной и заочной форм обучения направления 110800.62 «Агроинженерия» (Профили «Машины и оборудование в агробизнесе» и «Технический сервис в АПК»)

Рекомендованы к изданию Ученым советом инженерного факультета ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА».

Методические указания подготовлены ст. преподавателем кафедры «Технический сервис» Е.В. Буликовой и доцентом кафедры «Технический сервис» И.М. Соцкой. Теоретический материал составлен по кн. Н.И. Макиенко «Общий курс слесарного дела» [1].

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методической комиссии инженерного факультета (протокол № 3 от 14.12.2012) и Ученого Совета инженерного факультета ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА» (протокол № 10 от 18.12.2012).

Рецензенты:

профессор кафедры «Электрификация», д.т.н. Орлов П.С.,  
доцент кафедры «Теоретическая и прикладная механика» МИИТ, к.т.н.  
Несиоловский О.Г.

Методические указания по учебной технологической практике в мастерских для студентов, обучающихся по направлению 110800.62 «Агроинженерия» (Профили «Машины и оборудование в агробизнесе» и «Технический сервис в АПК») [Текст]. Ч. 1. Слесарная обработка / сост. Е.В. Буликова, И.М. Соцкая. – Ярославль: ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА», 2013. – 56 с.

В методических указаниях рассматриваются операции слесарной обработки, виды инструмента, используемого при выполнении слесарных работ, требования к организации рабочего места слесаря и безопасность труда при выполнении операций слесарной обработки.

© ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2013

© Буликова Е.В., Соцкая И.М., 2013

## Содержание

Введение .....	5
1 Общие понятия о слесарных работах .....	6
1.1 Виды слесарных работ .....	6
1.2 Организация труда слесаря .....	6
1.3 Общие требования к организации рабочего места слесаря .....	8
1.4 Техника безопасности при слесарных работах .....	9
2 Разметка .....	11
2.1 Общие понятия о разметке .....	11
2.2 Приспособления и инструмент для выполнения разметки .....	12
2.3 Подготовка к разметке .....	16
2.4 Приемы плоскостной и пространственной разметки .....	16
2.5 Способы разметки .....	17
2.6 Безопасность труда при проведении разметочных работ .....	18
3 Рубка и резка .....	18
3.1 Общие положения о рубке. Сущность процесса .....	18
3.2 Инструменты для рубки .....	19
3.3 Техника безопасности при рубке .....	20
3.4 Сущность процесса резки .....	21
3.5 Резка ножовкой .....	21
3.6 Резка ножовкой круглого, квадратного, полосового и листового металла .....	23
3.7 Резка ручными ножницами .....	23
3.8 Механизированная резка .....	27
3.9 Безопасность труда при резке .....	28
4 Правка, рихтовка и гибка металла .....	29
4.1 Общие сведения .....	29
4.2 Правка металла .....	30
4.3 Оборудование для правки .....	32
4.4 Гибка деталей из листового и полосового металла .....	32
4.5 Примеры расчета длины заготовок деталей при гибке .....	34
4.6 Механизация гибочных работ .....	35
4.7 Гибка труб .....	36
4.8 Безопасность труда при правке, рихтовке и гибке .....	38
5 Опиливание .....	39
5.1 Общие сведения. Напильники .....	39
5.2 Классификация напильников .....	40
5.3 Виды опиления .....	43
5.4 Безопасность труда при опиливании .....	44

6	Шабрение .....	44
6.1	Общие сведения. Инструменты для шабрения .....	44
6.2	Безопасность труда при шабрении .....	47
7	Притирка и доводка .....	47
7.1	Общие сведения. Притирочные материалы .....	47
7.2	Инструменты для притирочных работ .....	49
7.3	Безопасность труда при доводке и притирке .....	50
8	Сверление, зенкерование, зенкование, развёртывание отверстий .....	50
8.1	Общие сведения о сверлении. Свёрла. Заточка спиральных свёрл .....	50
8.2	Особенности сверления труднообрабатываемых сплавов и пластмасс .....	52
8.3	Зенкерование .....	52
8.4	Зенкование .....	53
8.5	Развёртывание отверстий .....	53
8.6	Приемы развёртывания .....	54
8.7	Безопасность труда при сверлении, зенкерании, развёртывании .....	55
	Рекомендуемая литература .....	56
	Список использованных источников.....	56

## Введение

Целями учебной технологической практики в мастерских являются:

- получение теоретических знаний о видах инструмента, используемого при выполнении слесарных работ;
- ознакомление с мерительным инструментом и приспособлениями, используемыми при выполнении слесарных работ.

Задачами учебной технологической практики в мастерских являются:

- приобретение практических навыков при выполнении слесарных работ;
- умение работать с мерительным инструментом;
- приобретение практического опыта обработки металлов ручным инструментом;
- получение необходимой теоретической и практической базы для последующих производственных и технологических практик.

Процесс прохождения практики направлен на формирование элементов следующих компетенций:

- а) общекультурных ОК-3, ОК-6;
- б) профессиональных ПК-5, ПК-7:
  - готовность к кооперации с коллегами, работе в коллективе (ОК-3);
  - стремление к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, владение навыками самостоятельной работы (ОК-6);
  - способность проводить и оценивать результаты измерений (ПК-5);
  - способность обеспечивать выполнение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда и природы (ПК-7).

# 1 Общие понятия о слесарных работах

**Слесарные работы** – это обработка металлов, обычно дополняющая станочную механическую обработку или завершающая изготовление металлических изделий соединением деталей, сборкой машин и механизмов, а также их регулированием. Слесарные работы выполняются с помощью ручного или механизированного слесарного инструмента либо на станках [1].

## 1.1 Виды слесарных работ

Слесарные работы применяются в различных видах производства. К основным видам слесарных работ относятся следующие:

- сборка машин и механизмов;
- техническое обслуживание и ремонт машин и механизмов;
- обеспечение производства инструментами и приспособлениями;
- монтаж приборов;
- подвод различных видов энергии.

Слесарные работы различных видов объединяет единая технология выполнения операций. К основным видам слесарных операций относится разметка, рубка, правка и гибка, резка, опилование, сверление, зенкование и зенкерование, развёртывание отверстий, нарезание резьбы, клёпка, шабрение, распиливание и припасовка, притирка и доводка, пайка, лужение, склеивание.

## 1.2 Организация труда слесаря

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

**Слесарный верстак** является одним из основных видов оборудования рабочего места для выполнения ручных работ и представляет собой специальный стол, на котором выполняют слесарные работы.

Слесарные верстаки бывают одно- и многоместными. Одноместные верстаки имеют длину 1000...1200 мм, ширину 700...800 мм, высоту 800...900 мм, а многоместные – длину в зависимости от числа работающих, а ширину и высоту – те же, что и одноместные верстаки. Наиболее широко применяются одноместные верстаки.

Многоместные слесарные верстаки имеют существенный недостаток: когда один рабочий выполняет точные работы (разметку, опилование и т.д.), а другой в это время производит рубку или клёпку, то в результате вибрации верстака нарушается точность работ, выполняемых первым рабочим.

**Слесарные тиски** представляют собой зажимные приспособления для удерживания обрабатываемой детали в нужном положении. В зависимости от характера работы применяют стуловые, с параллельными губками и ручные тиски.

**Стуловые тиски** получили своё название от способа крепления их на деревянном основании в виде стула, в дальнейшем они были приспособлены для закрепления на верстаках.

Стуловые тиски применяют редко и только для выполнения грубых тяжёлых работ, связанных с применением ударной нагрузки, – при рубке, клёпке, гибке и пр.

**Тиски с параллельными губками** и ручным приводом выпускают трёх типов: поворотные, неповоротные, инструментальные со свободным ходом передней губки.

**Поворотные тиски с параллельными губками** могут поворачиваться на угол не менее 60 градусов. Корпус тисков с параллельными губками изготавливают из серого чугуна. Для увеличения срока службы тисков к рабочим частям губок прикрепляют винтами стальные (из инструментальной стали У8) пластины с сетчатой насечкой. Поэтому для зажима обработанной чистой поверхности детали (изделия) рабочие части губок тисков закрывают накладными пластинами («нагубниками»), изготовленными из мягкой стали, латуни, меди, алюминия, кожи и др.

Размеры слесарных тисков определяются шириной их губок, которая для поворотных тисков составляет 80 и 140 мм с наибольшим раскрытием губок 95 и 180 мм.

**Неповоротные тиски с параллельными губками** имеют основание, с помощью которого они крепятся болтами к крышке верстака, неподвижную губку и подвижную. Для увеличения срока службы рабочие части губок делают сменными в виде призматических пластинок с сетчатой насечкой из инструментальной стали У8 и прикрепляют к губкам винтами. Ширина губок неповоротных тисков – 80 и 140 мм с наибольшим раскрытием губок 95 и 180 мм.

**Тиски с дополнительными губками для труб**, кроме общего назначения, могут быть использованы для закрепления труб благодаря дополнительному призматическому вырезу. Наибольшие диаметры зажимаемых труб составляют 60, 70 и 140 мм.

**Ручные слесарные тиски** применяются для закрепления деталей (заготовок) небольших размеров при опиливании либо сверлении, так как их неудобно или опасно держать руками.

Ручные тиски различают трёх типов – шарнирные, с коническим креплением и пружинные.

Их изготавливают с шириной губок 36, 40, 50 и 56 мм и раскрытием губок 28, 30, 40, 50 и 55 мм, а для мелких работ – с шириной губок 6, 10 и 16 мм и раскрытием губок 5,5 и 6,5 мм.

***При работе на тисках нужно соблюдать следующие правила:***

- перед началом работы осматривать тиски, обращая особое внимание на прочность их крепления к верстаку;
- не выполнять на тисках грубых работ (рубки, правки или гибки) тяжелыми молотками, так как это приводит к быстрому разрушению тисков;
- при креплении деталей в тисках не допускать ударов по рычагу, это может привести к срыву резьбы ходового винта или гайки;
- по окончании работ очищать тиски волосяной щёткой от стружки, грязи и пыли, а направляющие и резьбовые соединения смазывать маслом;
- разводить губки тисков, так как в сжатом состоянии возникают излишние напряжения в соединении винта и гайки.

### 1.3 Общие требования к организации рабочего места слесаря

Одним из основных элементов организации рабочего места является его планировка, при выполнении которой учитывают требования научной организации труда к расположению рабочего места по отношению к другим рабочим местам в мастерской, расположению оборудования, местоположению рабочего и оснастки, размещению инструментов, приспособлений (порядок на рабочем месте).

Расстояния между тарой с заготовками и готовой продукцией и оборудованием (верстаком) должны быть такими, чтобы рабочий мог использовать преимущественно движение рук.

При планировке рабочих мест должны учитываться зоны досягаемости рук в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Наиболее удобная, оптимальная зона определяется полудугой радиусом примерно 300 мм для каждой руки. Максимальная зона досягаемости – 430 мм без наклона корпуса и 650 мм – с наклоном корпуса не более чем на 30 градусов для учащегося среднего роста.

Основные требования по соблюдению указанного порядка на рабочих местах состоят в следующем:

- всё необходимое для работы должно находиться под рукой, чтобы можно было сразу найти нужный предмет;
- инструменты и материалы, которые во время работы требуются чаще, размещают ближе к себе, а применяемые реже – дальше;
- все используемые предметы располагают примерно на высоте пояса;
- инструменты и приспособления размещают так, чтобы их удобно было брать соответствующей рукой: что берут правой рукой – держат справа, что берут левой – слева;
- нельзя класть один предмет на другой или на отделанную поверхность детали;
- документацию (чертежи, технологические или инструкционные карты, наряды и др.) держат в удобном для пользования и защищенном от загрязнения месте;

- заготовки и готовые детали хранят так, чтобы они не загромождали проходы и чтобы рабочему не приходилось часто нагибаться, если надо взять или положить заготовку или изделие;
- лёгкие предметы кладут выше тяжёлых.

## 1.4 Техника безопасности при слесарных работах

**Охрана труда** – это система законодательных актов, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

**Несчастные случаи на производстве** – ушибы, ранения и т. д. – называются производственным травматизмом, который чаще всего происходит по двум причинам:

- вследствие недостаточного освоения работающими производственных навыков и отсутствия необходимого опыта в обращении с инструментом и оборудованием;
- из-за невыполнения правил безопасности труда и правил внутреннего распорядка.

Опасность представляют внутриводской автомобильный и безрельсовый электротранспорт, ручные вагонетки, тележки, а также движение рабочих в узких проходах или на путях, где работает грузоподъёмный транспорт.

При работе с электроинструментами следует применять индивидуальные средства защиты – резиновые перчатки, калоши и коврики, изолирующие подставки и т. п.

### **До начала работы необходимо:**

- надев спецодежду, проверить, чтобы у неё не было свисающих концов, рукава надо застегнуть или закатать выше локтя;
- подготовить рабочее место, освободить нужную для работы площадь, удалив все посторонние предметы;
- обеспечить достаточную освещённость;
- заготовить и разложить в соответствующем порядке требуемые для работы инструменты, приспособления, материалы и т. п.;
- проверить исправность инструмента, правильность его заточки и доводки;
- проверить исправность рабочего оборудования и его ограждения;
- перед поднятием грузов проверить исправность подъёмных приспособлений (блоки, домкраты и др.); все подъёмные механизмы должны иметь надёжные тормозные устройства, а масса поднимаемого груза не должна превышать грузоподъёмности механизма;
- не следует превышать предельные нормы массы переносимых вручную грузов, установленные действующим законодательством об охране труда для мужчин, женщин, юношей и девушек.

***Во время работы необходимо:***

– прочно зажимать в тисках деталь или заготовку, а во время установки или снятия её соблюдать осторожность, так как при падении деталь может нанести травму;

– опилки с верстака или обрабатываемой детали удалять только щёткой;

– не пользоваться при работах случайными подставками или неисправными приспособлениями;

– при рубке металла учитывать, в какую сторону полетят отлетающие частицы и установить с этой стороны защитную сетку;

– работать в защитных очках;

– не допускать загрязнения одежды керосином, бензином, маслом;

– при работе с пневматическим инструментом проверить целостность шлангов и соединений;

– не держать пневматический инструмент за шланги и не разъединять их при работе;

– включать воздух только после установки инструмента в рабочее положение.

***По окончании работы необходимо:***

– тщательно убрать рабочее место;

– уложить инструмент, приспособления и материалы на соответствующие места;

– во избежание самовозгорания промасленной ветоши и возникновения пожара убрать её в специальные металлические ящики с плотно закрывающейся крышкой.

***При выполнении слесарных работ необходимо соблюдать правила противопожарной безопасности.***

Источниками пожара могут быть: токи короткого замыкания, образующие электрическую дугу; перегрев электрических сетей и электрооборудования; теплота, образующаяся при трении дисков, подшипников, ременных передач; искровые разряды статического электричества; пламя; лучистая энергия; искры.

***Температура вспышки*** – это наименьшая температура горючей жидкости, при которой создаётся смесь газов или паров с воздухом, способная воспламениться и гореть кратковременно при поднесении открытого огня.

***Температурой воспламенения*** называется наименьшая температура горючего вещества, при которой оно загорается от открытого источника воспламенения (пламени) и продолжает гореть после удаления этого источника.

***Основное предупредительное мероприятие против пожаров*** – это постоянное содержание в чистоте и порядке рабочего места, осторожное обращение с огнём, нагревательными приборами и легковоспламеняющимися веществами.

***Простейшие противопожарные средства и инвентарь*** – ящики с песком и лопатами, кульки с песком, пожарный кран, насосы, огнетушители – должны быть всегда в наличии и исправны.

**При возникновении пожара необходимо** выключить все электроустановки, немедленно по телефону или специальным сигналом вызвать пожарную команду и принять меры к тушению пожара собственными силами с помощью имеющегося противопожарного оборудования и инвентаря.

К средствам пожаротушения относятся также вёдра и гидропульты для воды, различные покрывала (асбестовые одеяла, кошмы, брезенты).

При пожаре нельзя выбивать стёкла в окнах, так как это увеличивает приток воздуха, способствуя усилению огня. В случае пожара необходимо сохранять спокойствие и беспрекословно выполнять распоряжения руководителей. Дисциплина и организованность – основное условие успеха борьбы с пожаром.

*При изучении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-7, ПК-7.*

## Вопросы к разделу 1

1. Основные виды слесарных операций.
2. Что называется рабочим местом и как оно должно быть оборудовано?
3. Какие бывают верстаки и в чем их отличие?
4. Что входит в набор рабочего инструмента слесаря?
5. Техника безопасности при слесарных работах.
6. Правила противопожарной безопасности при выполнении слесарных работ.
7. Правильная организация рабочего места слесаря.

## 2 Разметка

### 2.1 Общие понятия о разметке

**Разметкой** называется операция нанесения на обрабатываемую заготовку разметочных линий, определяющих контуры будущей детали или места, подлежащего обработке.

Точность, достигаемая при обычных методах разметки, составляет примерно 0,5 мм. При точной разметке её можно повысить до сотых долей миллиметра.

Различают несколько видов разметок:

– плоскостная разметка, выполняемая обычно на поверхности плоских деталей, на полосовом и листовом материале. Заключается в нанесении на заготовку контурных параллельных и перпендикулярных линий (рисок), окружностей, дуг, углов, осевых линий, разнообразных геометрических фигур по заданным размерам или контуров различных отверстий по шаблонам;

– пространственная разметка наиболее широко распространена в машиностроении, по приёмам она существенно отличается от плоскостной.

## 2.2 Приспособления и инструмент для выполнения разметки

Для выполнения разметки используют разметочные плиты, подкладки, поворотные приспособления, домкраты и др.

На *разметочной плите* устанавливают подлежащие разметке детали и располагают все приспособления и инструмент. Разметочная плита отливается из мелкозернистого серого чугуна. Размер плиты выбирают так, чтобы её ширина и длина были на 500 мм больше соответствующих размеров размечаемой заготовки. Плиты больших размеров, например 6000 x 10000 мм, изготавливают составными из двух или четырёх плит, которые скрепляются болтами и шпонками. Поверхность плиты всегда должна быть сухой и чистой. После работы плиту обметают щёткой, тщательно протирают тряпкой, смазывают маслом для предохранения от коррозии и накрывают деревянным щитом.

*Плоскость разметочных плит* проверяют с помощью точной поверочной линейки и щупа (или папиросной бумаги). Рабочие поверхности шабренных плит, предназначенных для точной разметки, проверяют на краску с помощью поверочной линейки. Число пятен в квадрате 25 x 25 мм должно быть не менее 20.

Прежде чем приступить к разметке, заготовку устанавливают и выверяют на разметочной плите, пользуясь для этого опорными подкладками, призмами и домкратами различных конструкций.

*Подкладки* служат для обеспечения правильной установки деталей при разметке, а также для предохранения разметочных плит от царапин и забоин. Самыми простыми являются *плоские опорные подкладки*. Подкладки больших размеров выполняют пустотелыми *цилиндрическими, призматическими, двутаврового сечения* и др.

*Клиновидные подкладки* представляют собой два соединённых, точно обработанных стальных клина. Перемещение клина на одно деление равно 0,1 мм.

*Домкраты* применяют для установки громоздких и тяжёлых заготовок, которые позволяют вырезать и регулировать положение размечаемых заготовок по высоте.

*Обыкновенный домкрат* – это такой домкрат, в корпусе которого имеется винт с прямоугольной резьбой, на верхнем конце винта закрепляют головки различной формы. Подъём и опускание заготовки осуществляют вращением винта.

*Роликовый домкрат* даёт возможность не только регулировать положение заготовки по высоте, но и свободно поворачивать её в горизонтальной плоскости, что необходимо при разметке тяжёлых заготовок.

*Выдвижные центры* применяют для разметки цилиндрических деталей.

Для выполнения разметки применяют следующие инструменты: чертилки, кернер, циркуль, штангенциркуль, рейсмас, разметочные молотки.

**Чертилки** (рисунок 1а) служат для нанесения линий (рисок) на размечаемую поверхность с помощью линейки, угольника или шаблона. Изготавливают чертилки из инструментальной стали У10 или У12.

**Чертилка с отогнутым концом** (рисунок 1б) представляет собой заострённый с двух сторон стальной стержень, один конец которого отогнут под углом 90 градусов. Средняя часть чертилки утолщена и для удобства на ней сделана накатка. Отогнутым концом наносят риски в труднодоступных местах.

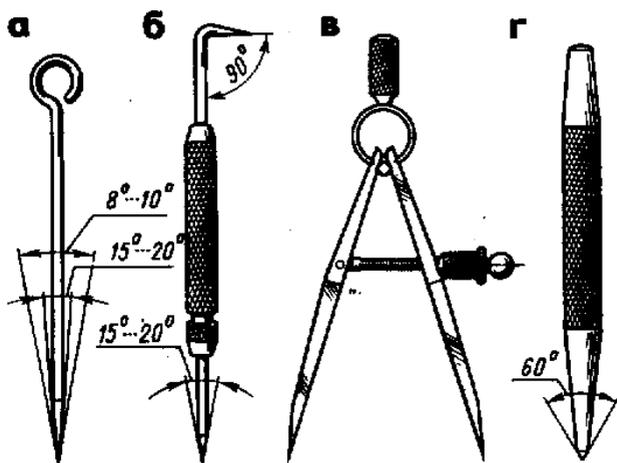


Рисунок 1 – Инструменты для плоскостной разметки

**Чертилка со вставной иглой** выполнена по типу часовых отвёрток; в качестве вставной иглы могут быть использованы стальные закалённые и заточенные стержни.

**Карманная чертилка** выполнена в виде карандаша с убирающимся остриём. На рабочий наконечник напаян стержень из твёрдого сплава ВК6, заточенный на конус под углом 20 градусов.

Чертилки должны быть острозаточенными. Чем острее чертилки, тем тоньше будет разметочная риска и тем, следовательно, выше точность разметки.

**Кернер** – слесарный инструмент, применяющийся для нанесения углублений (кернов) на предварительно размеченных линиях (рисунок 1з). Керны изготавливают из инструментальной углеродистой или легированной стали У7А, У8А, 7ХФ или 8ХФ. Различают керны обыкновенные, специальные, пружинные (механические), электрические и др.

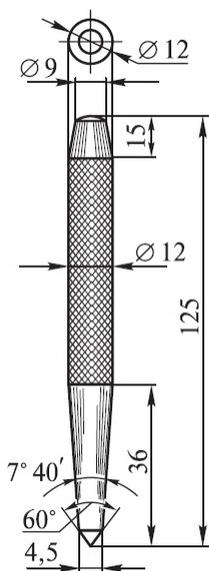


Рисунок 2 – Кернер  
обыкновенный

*Обыкновенный кернер* (рисунок 2) представляет собой стальной стержень длиной 100, 125 или 160 мм и диаметром соответственно 8, 10 или 12 мм; его боёк имеет сферическую поверхность под углом 50...60 градусов, при точной разметке затачивается под углом 30...45 градусов.

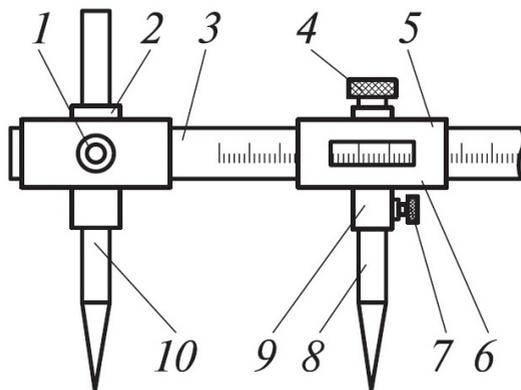
*Специальный кернер*, предназначенный для накернивания малых отверстий и закруглений небольших радиусов, заметно повышает качество разметки и производительность.

*Керн для шаговой разметки* состоит из двух кернов – основного и вспомогательного, скреплённых общей планкой. Расстояние между ними регулируется планкой в зависимости от шага размечаемых отверстий.

*Циркули* (рисунок 1б) используют для разметки окружностей и дуг, деления отрезков и окружностей, а также для геометрических построений. Циркулями пользуются и для переноса размеров с измерительных линеек на деталь.

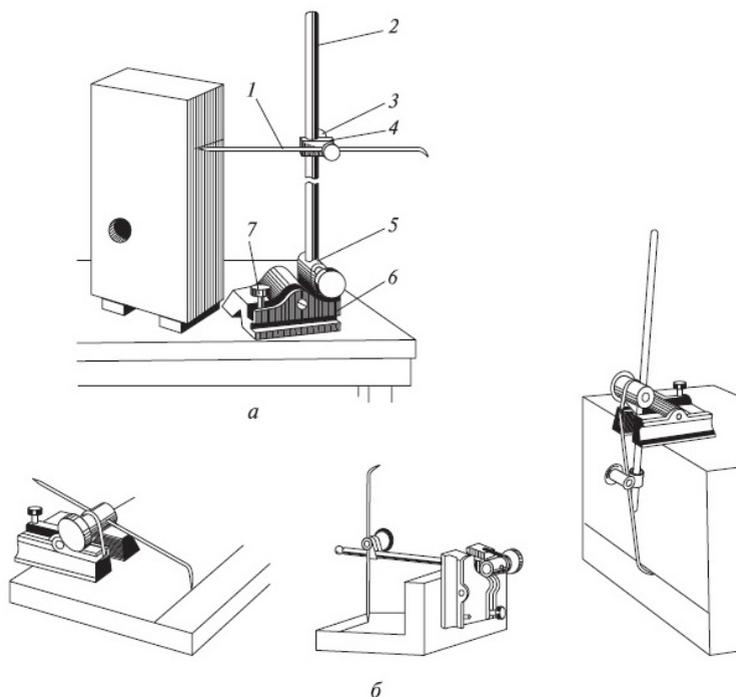
Разметочные циркули бывают *простыми* или с *дугой*, *точными* и *пружинными*. Простой циркуль состоит из двух шарнирно соединённых ножек – целых или со вставными иглами; нужный раствор ножек фиксируется винтом.

*Разметочный штангенциркуль* (рисунок 3) предназначен для точной разметки прямых линий и центров, а также для разметки окружностей больших диаметров.



1 – винт стопорный; 2 – ножка неподвижная; 3 – штанга; 4 – винт стопорный; 5 – рамка;  
6 – нониус; 7 – винт стопорный; 8 – игла; 9 – ножка подвижная; 10 – игла.

Рисунок 3 – Разметочный штангенциркуль



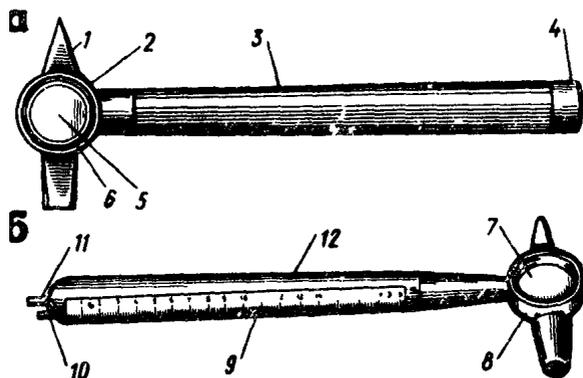
1 – планка; 2 – основание; 3 – винт установочный; 4 – чертилка;  
5 – стойка вертикальная; 6 – винт с гайкой; 7 – муфта.

Рисунок 4 – Рейсмас

**Рейсмас** (рисунок 4) является основным инструментом для пространственной разметки и служит для нанесения параллельных, вертикальных и горизонтальных линий, а также для проверки установки деталей на плите. Для более точной разметки применяют рейсмас с микрометрическим винтом.

**Разметочные молотки.** Для разметочных работ используют оригинальный **молоток В.М. Гаврилова** (рисунок 5а). Особенность его состоит в том, что в уширенной части головки молотка имеется круглое сквозное отверстие, в которое на резиновых амортизационных кольцах вставлена четырёхкратная линза.

**Молоток В.Н. Дубровина** (рисунок 5б) может одновременно использоваться в качестве лупы, линейки и пенала для кернера, чертилки и т. п. Молоток удобен в работе, повышает производительность труда, так как избавляет слесаря от необходимости перехватывать рукой молоток и лупу для нанесения удара, повышает культуру производства.



*a* – молоток В.М. Гаврилова; *б* – молоток В.Н. Дубровина.

Рисунок 5 – Разметочные молотки

### 2.3 Подготовка к разметке

Перед разметкой необходимо выполнить следующее:

- очистить заготовку от пыли, грязи, окалины, следов коррозии стальной щёткой и др.;
- тщательно осмотреть заготовку; при обнаружении раковин, пузырей, трещин и т. п., точно измерить их и, составляя план разметки, принять меры к удалению этих дефектов в процессе дальнейшей обработки (если это возможно);
- все размеры заготовки должны быть тщательно рассчитаны, чтобы после обработки на поверхности не осталось дефектов;
- изучить чертеж размечаемой детали, выяснить её особенности и назначение; уточнить размеры; определить базовые поверхности заготовки, от которых следует откладывать размеры в процессе разметки; при плоскостной разметке базами могут служить обработанные кромки заготовки или осевые линии, которые наносятся в первую очередь; за базы удобно также принимать приливы, бобышки, платики.

### 2.4 Приемы плоскостной и пространственной разметки

**Нанесение разметочных рисок.** Разметочные риски наносятся в такой последовательности: сначала проводят горизонтальные, затем – вертикальные, после этого – наклонные и последними – окружности, дуги и закругления.

**Прямые риски** наносят чертилкой, которая должна быть наклонена по направлению её перемещения и в сторону от линейки. Чертилку всё время прижимают к линейке, которая должна плотно прилегать к детали. Риски

проводят только один раз. Если риска нанесена некачественно, её закрашивают, дают красителю высохнуть и проводят риску вновь.

**Перпендикулярные риски** (не в геометрических построениях) наносят с помощью угольника. Первую риску проводят по угольнику, полку которого прикладывают к боковой поверхности разметочной плиты.

**Параллельные риски** наносят с помощью угольника, перемещая его на нужное расстояние.

**Разметка углов и уклонов** производится с помощью транспортиров, штангенциркулей, угломеров. При разметке транспортир устанавливают на заданный угол.

**Штангенциркуль ШЦ-1** с линейкой для измерения глубин вместо обычного нониуса имеет индикатор часового типа. Цена деления круговой шкалы индикатора составляет 1/10 мм, предел измерения – 135 мм, рабочие поверхности губок закалены по всей длине.

**Центроискатель-транспортир** отличается от обычного центроискателя наличием транспортира, который с помощью движка может перемещаться по линейке и закрепляться на ней в нужном положении гайкой.

**Ватерпас с градусной шкалой** рационально применять при измерении уклонов с точностью до 0,0015 градусов и при установке деталей на плите в тех случаях, когда плоскость разметочной плиты строго выверена по уровню.

**Накернивание разметочных линий.** Центры кернеров должны располагаться точно на разметочных линиях, чтобы после обработки на поверхности детали оставались половины кернов. Керны для сверления отверстий делают более глубокими, чем другие, чтобы сверло меньше уходило в сторону от разметочной точки.

## 2.5 Способы разметки

**Разметка по шаблону** обычно применяется при изготовлении больших партий одинаковых по форме и размерам деталей, но иногда этим способом размечают даже малые партии, если изделия сложной формы.

**Разметка по образцу** отличается тем, что не требуется изготовление шаблона. При этом учитывают износ.

**Разметка по месту** чаще применяется при сборке больших деталей. Одну деталь размечают по другой в таком положении, в каком они должны быть соединены.

**Разметка карандашом** производится по линейке на заготовках из алюминия и дюралюминия. Размечать последние с помощью чертилки не разрешается, так как при нанесении рисок разрушается защитный слой и создаются условия для появления коррозии.

**Точную разметку** выполняют по тем же правилам, что и обычную, но применяют более точные измерительные и разметочные инструменты.

## 2.6 Безопасность труда при проведении разметочных работ

При разметочных работах необходимо соблюдать следующие правила безопасности труда:

- установку заготовок (деталей) на плиту и снятие их с плиты необходимо выполнять только в рукавицах;
- заготовки (детали) и приспособления надёжно устанавливать не на краю плиты, а ближе к середине;
- перед установкой заготовок (деталей) проверить плиту на устойчивость;
- следить за тем, чтобы проходы вокруг разметочной плиты были всегда свободными;
- проверять надёжность крепления молотка на рукоятке;
- удалять пыль и окалину с разметочной плиты только щёткой, а с крупных плит – метлой.

*При выполнении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-3, ОК-6, ПК-5, ПК-7.*

### Вопросы к разделу 2

1. Назначение разметки.
2. Инструмент, используемый при разметке.
3. Назначение разметочных приспособлений и их устройство.
4. Приемы плоскостной и пространственной разметки.
5. Способы разметки.
6. Безопасность труда при проведении разметочных работ.
7. В прямоугольной плитке (стальная поковка) размером 120x80x20 мм нужно разместить в середине прямоугольное отверстие размерами 60x30 мм. Какой инструмент необходим для разметки и как её выполнить?

## 3 Рубка и резка

### 3.1 Общие положения о рубке. Сущность процесса

**Рубкой** называется слесарная операция, при которой с помощью режущего (зубила, крейцмейселя и др.) и ударного (слесарного молотка) инструмента с поверхности заготовки (детали) удаляются лишние слои металла или заготовка рубается на части.

В зависимости от назначения обрабатываемой детали рубка может быть чистовой и черновой. В первом случае зубилом за один рабочий ход снимают слой металла толщиной от 0,5 до 1 мм, во втором – от 1,5 до 2 мм. Точность обработки, достигаемая при рубке, составляет 0,4...1 мм.

При рубке осуществляется резание – процесс удаления режущим инструментом с обрабатываемой заготовки (детали) лишнего слоя металла в виде стружки.

Режущая часть (лезвие) представляет собой клин (зубило, резец) или несколько клиньев (ножовочное полотно, метчик, плашка, фреза, напильник).

На заготовке различают обрабатываемую и обработанную поверхности, а также поверхность резания. *Обрабатываемой* называется поверхность, с которой будет сниматься слой материала, а *обработанной* – поверхность, с которой стружка снята. Поверхность, по которой сходит стружка при резании, называется передней, а противоположная – задней.

### 3.2 Инструменты для рубки

**Режущие инструменты.** *Зубило* (рисунок 6а) – это простейший режущий инструмент, в котором форма клина выражена особенно чётко.

Чем острее клин, т. е. чем меньше угол, образованный его сторонами, тем меньше усилие потребуется для его углубления в материал.

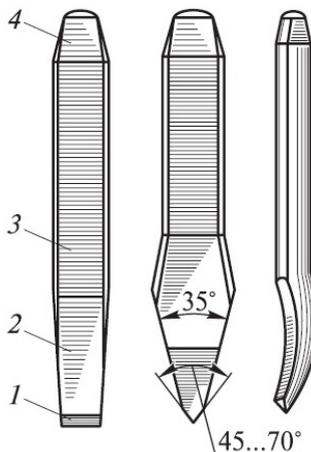
Слесарное зубило представляет собой стальной стержень, изготовленный из инструментальной углеродистой или легированной стали (У7А, У8А, 7ХФ, 8ХФ).

Зубило изготавливают длиной 100, 125, 160, 200 мм, ширина рабочей части соответственно равна 5, 10, 16 и 20 мм. Рабочую часть зубила на длине 0,3...0,5 закаливают и отпускают. Степень закаливания зубила можно определить старым напильником, которым проводят по закалённой части.

*Крейдцмейсель* (рисунок 6б) отличается от зубила более узкой режущей кромкой и предназначен для вырубания узких канавок, шпоночных пазов и т. п. Для вырубания профильных канавок – полукруглых, двугранных и других применяют специальные крейдцмейсели, называемые канавочниками.

*Канавочники* (рисунок 6в) изготавливают из стали У8А длиной 80, 100, 120, 150, 200, 300 и 350 мм с радиусом закругления 1; 1,5; 2; 2,5 и 3 мм.

Заточка зубил и крейдцмейселя производится на заточном станке. Перед заточкой инструмента подручник устанавливают как можно ближе к шлифовальному кругу. Зазор между подручником и заточным кругом должен быть не более 2...3 мм, чтобы затачиваемый инструмент не мог попасть между кругом и подручником.



а – зубило; б – крейдцмейсель;  
в – канавочник.

Рисунок 6 –  
Инструменты для рубки

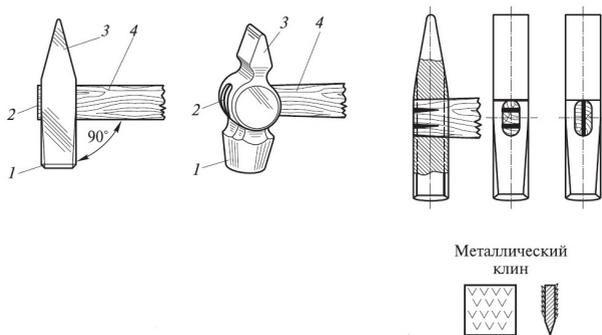
После заточки зубила или крейцмейселя с режущих кромок снимают заусеницы. Угол заострения проверяют шаблоном, представляющим собой пластинки с угловыми вырезами 70, 60, 45 и 35 градусов.

*Слесарный молоток* – это инструмент для работы с различными слесарными инструментами.

*Слесарные молотки с круглым бойком* (рисунок 7б) изготавливают шести номеров: № 1 (200 г) применяют в разметке и правке; № 2 (400 г), № 3 (500 г) и № 4 (600 г) – для слесарных работ; № 5 (800 г) и № 6 (1000 г) применяют редко.

*Слесарные молотки с квадратным бойком* (рисунок 7а) изготавливают восьми номеров: № 1 (50 г), № 2 (100 г) и № 3 (200 г) – для слесарно-инструментальных работ; № 4 (400 г), № 5 (500 г) и № 6 (600 г) – для слесарных работ, рубки, гибки, клёпки и др.; № 7 (800 г) и № 8 (1000 г) применяют редко. Для тяжёлых работ применяют молотки массой 4...16 кг, называемые *кувалдами*.

В некоторых случаях, например, при изготовлении изделий из тонкой листовой стали, применяют деревянные молотки – *клянки*, которые бывают с круглым или прямоугольным ударником.



*а* – молоток с квадратным бойком; *б* – молоток с круглым бойком;  
*в* – схемы расклинивания рукояток:

1 – боек; 2 – клин деревянный; 3 – носок; 4 – рукоятка.

Рисунок 7 – Молотки слесарные

### 3.3 Техника безопасности при рубке

При ручной рубке металлов следует выполнять следующие правила безопасности:

- рукоятка ручного слесарного молотка должна быть хорошо закреплена, на ней не должно быть трещин;
- при рубке зубилом и крейцмейселем необходимо пользоваться защитными очками;

– при рубке твёрдого и хрупкого металла следует обязательно использовать ограждение: сетку, щиток.

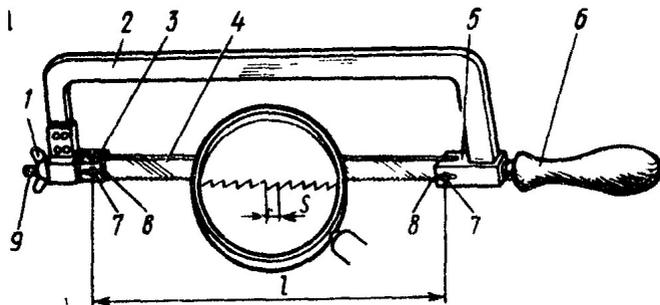
### 3.4 Сущность процесса резки

**Резкой** называют отделение частей (заготовок) от сортового или листового металла. Резка выполняется как со снятием стружки, так и без снятия.

Сущность процесса резки **ножницами** заключается в отделении частей металла под действием пары режущих ножей. Разрезаемый лист помещают между верхним и нижним ножами. Верхний нож, опускаясь, давит на металл и разрезает его. Ножи изготавливают из сталей У7, У8; боковые поверхности лезвий закалены до HRC 52...58, отшлифованы и остро заточены.

### 3.5 Резка ножовкой

**Ручная ножовка** (рисунок 8) – это инструмент, предназначенный для резания толстых листов полосового, круглого и профильного металла, а также для прорезания шлицев, пазов, обрезки и вырезки заготовок по контуру и других работ.



1 – гайка-барашек; 2 – рамка; 3 и 5 – подвижная и неподвижная головки; 4 – полотно ножовочное; 6 – хвостовик с рукояткой; 7 – штифты; 8 – прорезы; 9 – винт натяжной.

Рисунок 8 – Ножовка ручная

**Ножовочное полотно** представляет собой тонкую и узкую стальную пластину с двумя отверстиями и с зубьями на одном или обеих рёбрах. Полотна изготавливают из сталей У10А и Х6ВФ, их твёрдость HRC 61...64. В зависимости от назначения ножовочные полотна разделяются на ручные и машинные.

Размер (длина) ручного ножовочного полотна определяется по расстоянию между центрами отверстий под штифты, длина полотна для ручной пилы равна  $l = 250...300$  мм, высота  $h = 13$  и  $16$  мм, толщина  $\delta = 0,65$  и  $0,8$  мм.

Для резки металлов различной твёрдости углы зубьев ножовочного полотна выполняют следующими: передний угол равен 0...12 градусов; а задний угол зубьев равен 35...40 градусов; угол заострения равен 43...60 градусов.

Для резки более твёрдых материалов применяют полотна, у которых угол заострения зубьев больше, а для резания мягких материалов угол заострения выбирают меньше. Полотна с большим углом заострения более износостойчивы.

*Разводка зубьев ножовочного полотна.* При резке ручной ножовкой в работе должно участвовать (одновременно резать металл) не менее двух–трёх зубьев. Во избежание заедания (заклинивания) ножовочного полотна в металле зубья разводят, чтобы ширина разреза, сделанного ножовкой, была много больше толщины полотна. Это значительно облегчает работу.

Разводка ножовочного полотна должна заканчиваться на расстоянии не более 30 мм от торца.

Перед работой ножовкой прочно закрепляют разрезаемый материал в тисках (уровень крепления должен соответствовать росту работающего). При длинных пропилах используют ножовочные полотна с крупным шагом зубьев, а при коротких – с мелким.

Ножовочное полотно устанавливают в прорези головки так, чтобы зубья были направлены от рукоятки, а не к ней. При этом сначала вставляют конец полотна в неподвижную головку и фиксируют его штифтом, затем вставляют второй конец полотна в прорезь подвижного штыря и также закрепляют штифтом. При этом из-за опасения разрыва полотна ножовку держат в удалении от лица. Степень натяжения полотна проверяют, легко нажимая на него пальцем сбоку; если полотно не прогибается, натяжение достаточное.

*Положение корпуса работающего.* При резке ручной ножовкой становятся перед тисками прямо, свободно и устойчиво, в пол-оборота по отношению к губкам тисков или оси обрабатываемой заготовки. Ступни ног ставят так, чтобы они образовали угол 60...70 градусов при определённом расстоянии между пятками.

*Положение рук (хватка).* Рукоятку обхватывают четырьмя пальцами правой руки так, чтобы она упиралась в ладонь; большой палец накладывают сверху вдоль рукоятки. Пальцы правой руки обхватывают гайку и подвижную головку ножовки.

При резке ножовкой, как и при опиливании, должна соблюдаться строгая координация усилий (балансировка), заключающаяся в правильном увеличении нажима рук.

В процессе резки осуществляется два хода: рабочий, когда ножовка перемещается вперёд от работающего, и холостой, когда ножовка перемещается к работающему. При холостом ходе на ножовку не нажимают, в результате чего зубья только скользят, а при рабочем ходе обеими руками создают лёгкий нажим так, чтобы ножовка двигалась прямолинейно.

### 3.6 Резка ножовкой круглого, квадратного, полосового и листового металла

*Круглый металл* небольших сечений режут ручными ножовками, а заготовки больших диаметров – на отрезных станках, приводных ножовках, дисковых пилах и др. Полотно предварительно смазывают маслом с помощью кисточки.

Для правильного начала реза на неразмеченной заготовке у места реза ставят ноготь большого пальца левой руки и полотно ножовки приставляют вплотную к ногтю. Ножовку держат только правой рукой. Указательный палец этой руки вытягивают вдоль рукоятки сбоку, чем обеспечивается устойчивое положение заготовки во время резки.

*Квадратный металл* (заготовку) закрепляют в тисках, и в месте будущего реза трёхгранным напильником делают неглубокий пропилен для лучшего направления ножовки. Затем заготовку разрезают при горизонтальном положении ножовки. При очень глубоких резах левую руку переставляют, берясь за верх рамки.

*Полосовой металл* рациональнее резать не по широкой, а по узкой стороне.

*Резка ножовкой с поворотом полотна* осуществляется при длинных (высоких) или глубоких резах, когда не удаётся довести рез до конца из-за того, что рамка ножовки упирается в торец заготовки и мешает дальнейшему пропиливанью. При этом можно изменить положение заготовки и, врезавшись в неё с другого конца, закончить резку. Можно резать ножовкой, у которой полотно переставляют на 90 градусов. Этим способом режут металл в деталях с замкнутыми контурами.

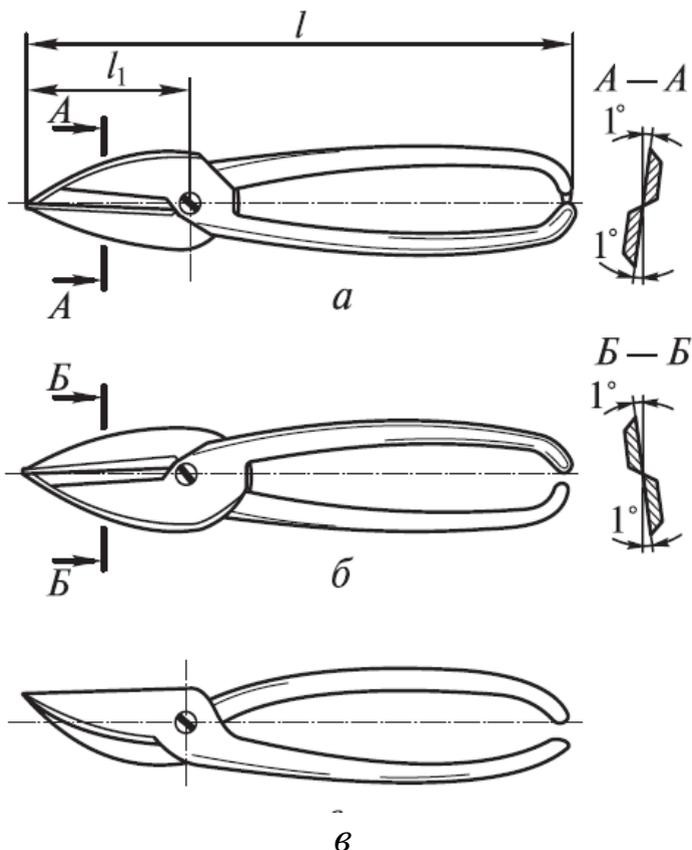
Детали из *тонкого листового металла* зажимают между деревянными брусками по одной или несколько штук и разрезают вместе с брусками. Чтобы вырезать в металле (листе) фасонное окно (отверстие), просверливают или вырубают отверстие диаметром, равным ширине полотна ножовки или пилы лобзика.

*Шлицы* крупных размеров прорезают обыкновенными ножовками с одним или двумя (в зависимости от ширины шлицев) соединёнными вместе полотнами.

### 3.7 Резка ручными ножницами

*Обыкновенные ручные ножницы* применяются для резания стальных листов толщиной 0,5...1 мм и листов из цветных металлов толщиной до 1,5 мм. Ручные ножницы бывают с прямыми и кривыми режущими лезвиями (рисунок 9).

По расположению режущей кромки лезвия ножницы делятся на правые (скос на каждой части режущей половины находится с правой стороны) и левые (скос на каждой части режущей половины находится с левой стороны).



*а* – с прямыми лезвиями; *б* – прямые правые; *в* – с кривыми лезвиями.

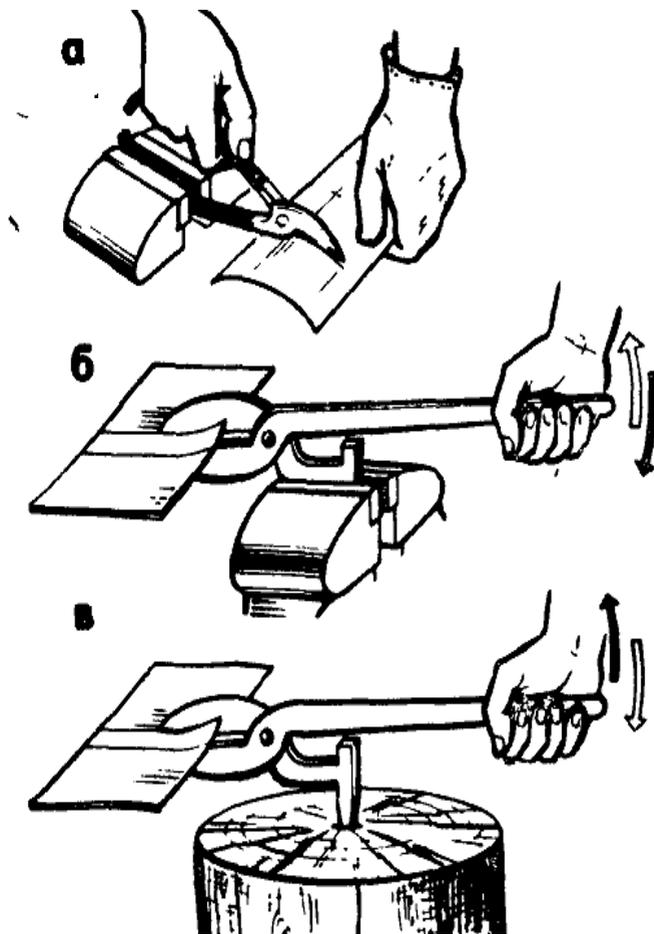
Рисунок 9 – Ножницы ручные

Длина ножниц равна 200, 250, 320, 360 и 400 мм, а режущей части (от острых концов до шарнира) – соответственно 55...65, 70...82, 90...105, 100...120 и 110...130 мм. Хорошо заточенные и отрегулированные ножницы должны резать бумагу.

**Стуловые ножницы** отличаются от обыкновенных большими размерами и применяются при резании листового металла толщиной до 3 мм.

Нижняя рукоятка жестко зажимается в слесарных тисках (рисунок 10) или крепится (вбивается) на столе или другом жестком основании.

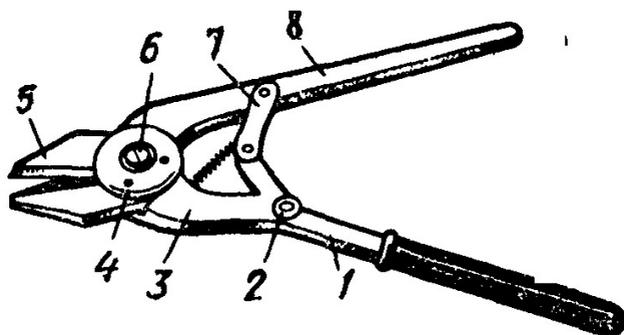
Стуловые ножницы малопроизводительны, при работе требуют значительных усилий, поэтому для резания больших партий листового металла их не применяют.



*а* – ручные, закрепленные в тисках; *б* – ступовые, закрепленные в тисках;  
*в* – ступовые, закрепленные на деревянном основании.

Рисунок 10 – Ножницы ступовые

*Ручные малогабаритные силовые ножницы* (рисунок 11) служат для резки листовой стали толщиной до 2,5 мм и прутков диаметром до 8 мм. Ножи ножниц – сменные и прикреплены к рычагам на потайных заклёпках. Эти ножи вставляются в гнездо дисков. Для обрезки болтов (шпилек) во втулках одного из дисков имеется нарезка (несколько ниток), которая предохраняет резьбу болтов при обрезке от смятия.



1, 8 – рукоятки; 2 – шарнир; 3 – рычаг; 4 – шарнир; 5 – нож; 6 – винт;  
7 – звено двухшарнирное.

Рисунок 11 – Ножницы ручные малогабаритные силовые

**Рычажные ножницы** (рисунок 12) применяются для резания листовой стали толщиной до 4 мм, алюминия и латуни – до 6 мм. Верхний шарнирно закреплённый нож приводится в действие от рычага. Нижний нож неподвижный. Ножи изготавливают из стали У8 и закаливают до твёрдости HRC 52...60. Углы заострения режущих граней находятся в пределах от 5 до 85 градусов. Перед работой проверяют наличие смазки на трущихся поверхностях, плавность хода рычага, отсутствие зазора между режущими кромками.

**Маховые ножницы** (рисунок 13) широко используются для резки листового металла толщиной 1,5...2,5 мм с пределом прочности 450...500 МПа (сталь, дюралюминий и т. д.). Этими ножницами режут металл значительной длины.

**Ножницы с наклонными ножами** (гильотинные) позволяют разрезать листовой металл толщиной до 32 мм, листы размерами 1000...3200 мм, резе – полосовой прокат, а также листовые неметаллические материалы.

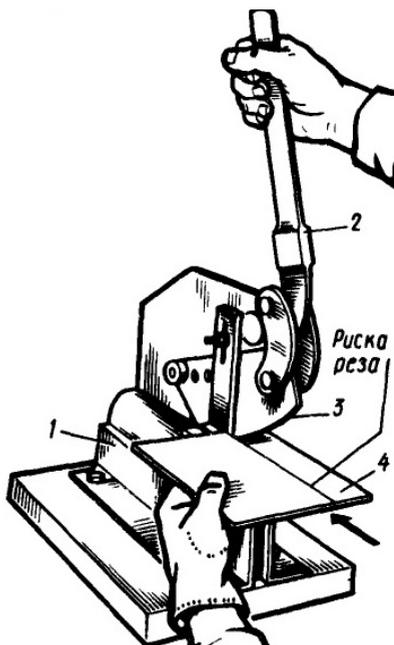
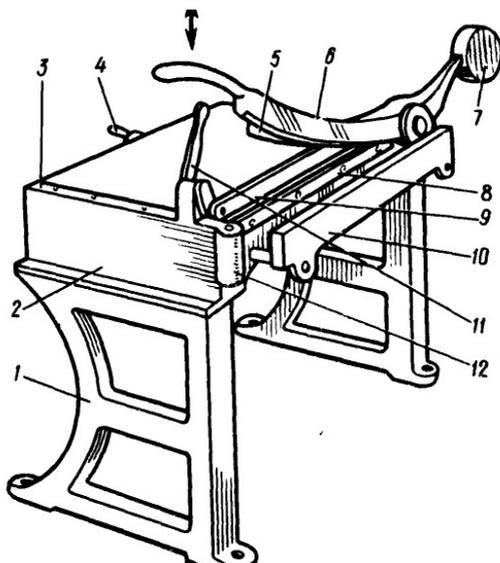


Рисунок 12 – Ножницы рычажные



- 1 – станина чугунная; 2 – стол; 3 – лист; 4 – рукоятка; 5 – нож подвижный;  
 6 – ножедержатель; 7 – противовес; 8 – нож неподвижный; 9 – планка прижимная;  
 10 – упор; 11 – рукоятка; 12 – упор пружинный.

Рисунок 13 – Ножницы маховые

### 3.8 Механизированная резка

**Механизированная резка** осуществляется с помощью различных механических, электрических и пневматических ножовок и ножниц, дисковых пил или другого универсального или специального оборудования.

**Ножовочные пилы** (приводные ножовки) применяют для резки сортового и профильного металла. Ножовочная пила 872А имеет электрический и гидравлический приводы, точность обработки на таком станке составляет +2... -2 мм, шероховатость поверхности  $Ra = 20$  мкм ( $Rz = 80$  мкм).

**Зажимные тиски** с плоскими губками служат для закрепления заготовок больших сечений (от 40 до 250 мм), с V-образными губками – до 120 мм. Эти тиски являются поворотными, в них разрезаемый материал закрепляют под углом 45 градусов.

**Установка ножовочного полотна.** Полотно устанавливают одним концом на штифт неподвижно укрепленной планки пильной рамы так, чтобы зубья полотна были направлены в сторону рабочего хода. Ножовочную плиту налаживают для резки твердых металлов на 85, а для резки мягких металлов – на 110 двойных ходов в минуту.

Приступая к разрезанию металла на пиле, рукоятку крана гидропривода устанавливают в положение «Пуск» и включают электродвигатель. Затем

рукоятку перемещают по направлению к положению «Быстрое действие» и устанавливают желаемую подачу резания.

*Ручные электрические ножницы С-424* вибрационного типа состоят из электродвигателя, редуктора с эксцентриком и рукоятки. Зазор между ножами устанавливают в зависимости от толщины разрезаемого металла по таблицам и проверяют щупом (при толщине 0,5...0,8 мм зазор равен 0,03...0,048 мм, при толщине 1...1,3 мм – 0,06...0,08 мм, при толщине 1,6...2 мм – 0,1...0,13 мм).

*Пневматические ножницы* предназначены для прямолинейной и криволинейной резки металла и приводятся в действие пневматическим роторным двигателем. Наибольшая толщина разрезаемого стального листа средней твёрдости составляет 3 мм, наибольшая скорость резания – 2,5 м/мин, число двойных ходов ножа в минуту – 1600.

*Пневматическая ножовка* приводится в действие сжатым воздухом. Максимальная толщина разрезаемого металла равна 5 мм, наименьший радиус – 50 мм, скорость резания – 20 м/мин.

*Дисковая пневматическая пила* применяется для резки труб непосредственно на месте сборки трубопроводов.

При использовании пневматической пилы на разрезаемых поверхностях труб не образуется наплывов и заусенцев.

Пневматическая пила допускает разрезание труб диаметром до 50...64 мм. Диаметр фрезы 190...220 мм, частота её вращения – 150...200 об/мин.

### 3.9 Безопасность труда при резке

При резке металлов необходимо выполнять следующие требования безопасности:

- оберегать руки от ранения о режущие кромки ножовки или заусенцы на металле;
- следить за положением левой руки, поддерживая лист снизу;
- не сдвигать опилки и не удалять их руками во избежание засорения глаз или ранения рук;
- не загромождать рабочее место ненужными инструментами и деталями;
- не снимать и не смазывать движущиеся и вращающиеся части;
- не переводить ремень со ступени на ступень во время работы ножовочного станка.

*При изучении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-3, ОК-6, ПК-7.*

### Вопросы к разделу 3

1. В каких случаях применяют рубку?
2. Правила пользования зубилом и молотком при рубке.
3. Инструменты для рубки.
4. Как надо стоять у тисков во время резки?

5. Как проверяют угол заострения зубила, крестцового?
6. Правила безопасной работы при рубке и резке.
7. Перечислите способы резки металла. Назовите инструменты, которыми производится резка.
8. Приемы резки ножовкой круглого, квадратного, полосового и листового металла.

## 4 Правка, рихтовка и гибка металла

### 4.1 Общие сведения

**Правка и рихтовка** представляют собой операции по выправке металла, заготовок и деталей, имеющих вмятины, выпучины, волнистость, коробление, искривления и др. Правка и рихтовка имеют одно и то же назначение, но отличаются приёмами выполнения и применяемыми инструментами и приспособлениями.

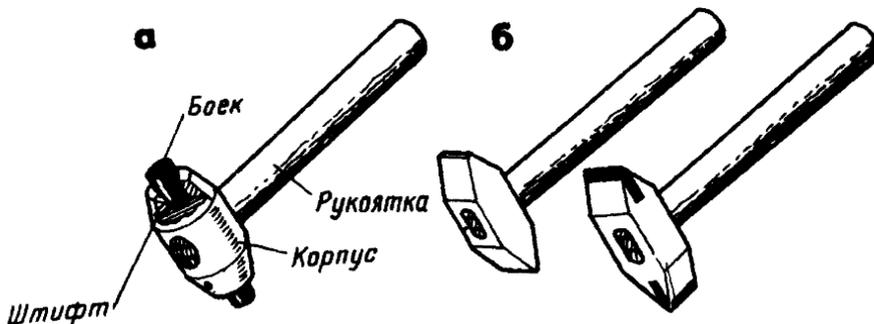
Металл подвергается правке как в холодном, так и в нагретом состоянии. Выбор способа зависит от прогиба, размеров и материала изделия. Правка выполняется ручным способом на правильной плите или наковальне, машинным – на вальцах или прессах.

*Правильные плиты* изготавливают массивными из стали или чугуна размером 400х400; 750х1000; 1000х1500; 1500х2000; 2000х2000; 1500х3000 мм.

*Рихтовальные бабки* используются для правки (рихтовки) закалённых деталей, изготавливают их из стали и закалывают.

Для правки применяют *молотки с круглым гладким полированным бойком* (рисунок 14а).

Для правки закалённых деталей (рихтовки) применяют *молотки с радиусным бойком* (рисунок 14б); корпус молотка выполняют из стали У10; масса молотка равна 400...500 г.



а – с круглым гладким полированным бойком; б – с радиусными бойками.

Рисунок 14 – Молотки рихтовальные

*Молотки со вставными бойками из мягких металлов* применяются для правки деталей с окончательно обработанной поверхностью.

*Гладилки* (деревянные или металлические бруски) применяют для правки тонкого листового и полосового металла.

**Гибка** – это способ обработки металла давлением, при котором заготовке или её части придаётся изогнутая форма. Слесарная гибка выполняется молотками (лучше с мягкими бойками) в тисках, на плите или с помощью специальных приспособлений. Тонкий листовой металл гнут киянками, изделия из проволоки диаметром до 3 мм – плоскогубцами или круглогубцами. Гибке подвергают только пластичный материал.

## 4.2 Правка металла

Кривизну деталей проверяют на глаз или по зазору между плитой и деталью.

Во время правки важно правильно выбирать места, по которым следует наносить удары. Правку выполняют на наковальне, правильной плите или надёжных подкладках, исключая возможность соскальзывания с них детали при ударе.

**Правка полосового металла** осуществляется в следующем порядке. Полосу располагают на правильной плите так, чтобы она лежала выпуклостью вверх, соприкасаясь с плитой в двух точках. По выпуклым частям наносят удары, регулируя их силу в зависимости от толщины полосы и величины кривизны: чем больше искривление и толще полоса, тем сильнее должны быть удары. Результат правки (прямолинейность заготовки) проверяют на глаз, а более точно – на разметочной плите по просвету или наложением линейки на полосу.

**Правка прутка** осуществляется следующим образом: после проверки на глаз на выпуклой стороне мелом отмечают границы изгибов, затем пруток укладывают на плиту или наковальню так, чтобы изогнутая часть находилась выпуклостью вверх и наносят удары молотком.

**Правка листового металла** (рисунок 15) более сложна, чем предыдущие операции.

При правке заготовок с выпучинами выявляют покоробленные участки, устанавливая, где больше выпучен металл. Правку начинают с ближайшего к выпучине края (рисунок 15а), по которому наносят один ряд ударов молотком в пределах, указанных зачёрнёнными кружками. Затем наносят удары по второму краю. После этого по первому краю наносят второй ряд ударов и переходят опять ко второму краю и так до тех пор, пока постепенно не приблизятся к выпучине.

Если лист имеет волнистость по краям, но ровную середину, то удары молотком наносят от середины листа к краям (рисунок 15б).

Тонкие листы правят лёгкими деревянными молотками – киянками, медными, латунными или свинцовыми молотками, а очень тонкие листы кладут на ровную плиту и выглаживают металлическими или деревянными брусками (рисунок 15в, г).

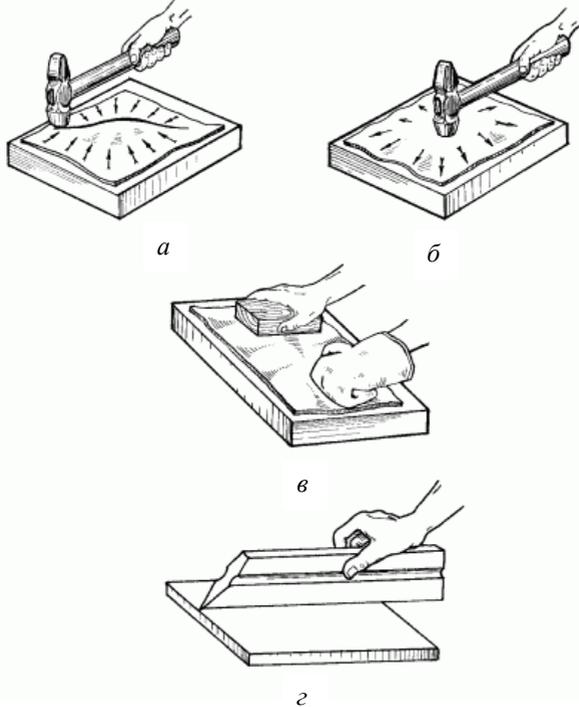


Рисунок 15 – Приемы правки листового материала

**Правка (рихтовка) закаленных деталей.** После закалки стальные детали иногда коробятся. Правка искривленных после закалки деталей называется рихтовкой. Точность рихтовки может составлять 0,01...0,05 мм.

В зависимости от характера рихтовки применяют молотки с закаленным бойком или специальные рихтовальные молотки с закруглённой стороной бойка.

Изделия толщиной более 5 мм, если они закалены не насквозь, а только на глубину 1...2 мм, имеют вязкую сердцевину, поэтому рихтуются сравнительно легко; их нужно рихтовать, нанося удары по выпуклым местам. В случае коробления изделия по плоскости и по узкому ребру рихтовку выполняют отдельно – сначала по плоскости, а потом по ребру.

**Правку короткого пруткового материала** выполняют на призмах, правильных плитах или простых подкладках. Прямолинейность проверяют на глаз или по просвету между прутком и плитой.

**Правку валов** (диаметром до 30 мм) выполняют на ручных прессах с применением призм.

**Правку наклёном** производят после укладки изогнутого вала на ровную плиту выпуклостью вниз, нанося небольшим молотком частые и лёгкие удары по поверхности вала. После возникновения на поверхности наклёпанного слоя просвет между валом и плитой исчезает, и правку прекращают.

### 4.3 Оборудование для правки

В основном, на предприятиях применяют машинную правку на правильных вальцах, прессах и специальных приспособлениях.

**Гибочные вальцы** бывают ручными и приводными. На ручных и приводных трёхвалковых гибочных вальцах правят заготовки прямые и изогнутые по радиусу, имеющие на поверхности выпучины и вмятины.

**Листогибочная трёхвалковая машина** имеет расположенные один над другим валки, которые регулируются в зависимости от толщины заготовки, удаляясь друг от друга или сближаясь. Заготовку устанавливают между двумя передними валками и, вращая рукоятку по часовой стрелке, пропускают между валками до полного устранения выпучин и вмятин.

Правка валов и угловой стали на **винтовых прессах** применяется в тех случаях, когда правка молотком не обеспечивает должного результата.

Некоторые особенности имеет правка угловой стали. Деформированный уголок устанавливают в призме на столе пресса, между полками уголка устанавливают закалённый стальной валик. При нажиме винтом пресса валик придаёт уголку соответствующую форму. Листы, полосы и ленты правят на листоправочных станках, горизонтальных правильно-растяжных машинах и пневматических молотах.

Сварные соединения, имеющие коробления, подвергаются холодной правке вручную с помощью деревянных и стальных молотков на плитах, наковальнях и т. д. Холодную правку выполняют особенно осторожно.

### 4.4 Гибка деталей из листового и полосового металла

**Гибку прямоугольной скобы из полосовой стали** выполняют в следующем порядке:

– определяют длину развёртки заготовки (рисунок 16), складывая длину сторон скобы с припуском на один изгиб, равным 0,5 толщины полосы:

$$L = 17,5 + 1,0 + 15,0 + 1,0 + 20,0 + 1,0 + 15,0 + 1,0 + 17,5 = 89 \text{ мм};$$

– отмечают длину с дополнительным припуском на обработку торцов по 1 мм на сторону и зубилом отрубая заготовку;

– выправляют вырубленную заготовку на плите;

– опиливают в размер по чертежу;

– наносят риски загиба;

- зажимают заготовку в тисках между угольниками-нагубниками на уровне риски и ударами молотком загибают конец скобы (первый загиб);
- переставляют заготовку в тисках, зажимая её между угольником и бруском-оправкой, более длинным, чем конец скобы;
- загибают второй конец, осуществляя второй загиб;
- снимают заготовку и вынимают брусок-оправку;
- размечают длину лапок на загнутых концах;
- надевают на тиски второй угольник и, вложив внутрь скобы тот же брусок-оправку, но в другом его положении, зажимают скобу в тисках на уровне рисок;
- отгибают первую и вторую лапки, делают четвёртый и пятый загибы первой и второй лапок;
- проверяют и выправляют по угольнику четвёртый и пятый загибы;
- снимают заусеницы на рёбрах скобы и опиляют концы лапок в размер.

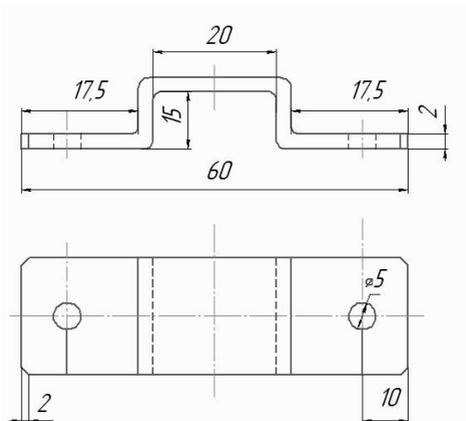


Рисунок 16 – Эскиз скобы

**Гибка двойного угольника в тисках** производится после разметки, вырубки заготовки, правки на плите и опилования по ширине в заданный размер. По окончании гибки концы угольника опиляют в размер и снимают заусеницы с острых рёбер.

**Гибка хомутика.** После расчёта длины заготовки и её разметки в местах изгиба зажимают в тисках оправку в вертикальном положении. Диаметр оправки должен быть равным диаметру отверстия хомутика. Окончательное формирование хомутика выполняют по той же оправке молотком, а затем на правильной плите.

**Гибка ушка круглогубцами.** Ушко со стержнем из тонкой проволоки изготавливают с помощью круглогубцев. Длина заготовки должна быть на 10...15 мм больше, чем требуется по чертежу. После окончания работы лишний конец удаляют кусачками.

**Гибка втулки.** Допустим, требуется изогнуть цилиндрическую втулку из полосовой стали на круглых оправках. Сначала определяют длину заготовки. Если наружный диаметр втулки равен 20 мм, а внутренний – 16 мм, то средний диаметр будет равен 18 мм. Тогда общую длину заготовки определяют по формуле:

$$L = 3,14 \cdot 18 = 56,5 \text{ мм.}$$

#### 4.5 Примеры расчета длины заготовок деталей при гибке

При гибке деталей под прямым углом без закруглений с внутренней стороны припуск на загиб берётся от 0,5 до 0,8 толщины материала.

**Пример 1.** Подсчитать длину развёртки заготовки угольника и скобы с прямыми внутренними углами (рисунок 17а, б).

Размеры угольника:  $a = 30 \text{ мм}$ ;  $b = 70 \text{ мм}$ ;  $t = 6 \text{ мм}$ .

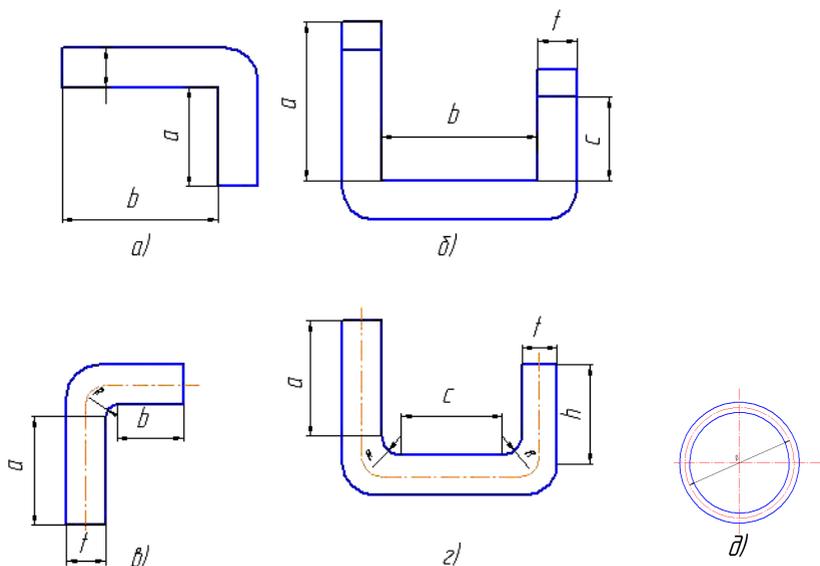
Длина развёртки заготовки

$$L = a + b + 0,5t = 30 + 70 + 3 = 103 \text{ мм.}$$

Размеры скобы:  $a = 70 \text{ мм}$ ;  $b = 80 \text{ мм}$ ;  $c = 60 \text{ мм}$ ;  $t = 4 \text{ мм}$ .

Длина развёртки заготовки

$$L = a + b + c + 0,5t = 70 + 80 + 60 + 2 = 212 \text{ мм.}$$



$a$  – угольник с прямым углом;  $б$  – скоба с прямыми внутренними углами;  $в$  – угольник с внутренним закруглением;  $г$  – скоба с внутренними закруглениями;  $д$  – кольцо.

Рисунок 17 – Эскизы деталей

**Пример 2.** Подсчитать длину развёртки заготовки угольника с внутренним закруглением (рисунок 17е).

Разбиваем угольник по чертежу на участки. Подставив их числовые значения ( $a = 50$  мм;  $b = 30$  мм;  $t = 6$  мм;  $r = 4$  мм) в формулу

$$L = a + b + 3,14 (r + t/2)/2,$$

получим  $L = 50 + 30 + 3,14(4 + 6/2)/2 = 50 + 30 + 3,14 \times 21,98 = 0,99 = 91$  мм.

**Пример 3.** Подсчитать длину развёртки заготовки скобы с закруглением (рисунок 17з).

Разбиваем скобу на участки, поставим их числовые значения ( $a = 80$  мм;  $b = 65$  мм;  $c = 120$  мм;  $t = 5$  мм;  $r = 2,5$  мм) в формулу

$$L = a + b + c + 3,14(r + t/2),$$

получим  $L = 80 + 65 + 120 + 3,14(2,5 + 5/2) = 265 + 15,75 = 280,75$  мм.

**Пример 4.** Подсчитать длину развёртки заготовки из стальной полосы толщиной 4 мм и шириной 12 мм для замкнутого кольца с наружным диаметром 120 мм (рисунок 17д).

Гибкая в окружность эту полосу, получим цилиндрическое кольцо, причём внешняя часть металла несколько вытянется, а внутренняя сожмётся. Следовательно, длине заготовки будет соответствовать длина средней линии окружности, проходящая посередине между внешней и внутренней окружностями кольца.

Длина заготовки  $L = \pi D$ .

Зная диаметр средней окружности кольца ( $D = 116$  мм) и подставляя его числовые значения в формулу, находим длину заготовки:

$$L = 3,14 \cdot 108 = 364,24 \text{ мм.}$$

В результате предварительных расчётов можно изготовить деталь установленных размеров.

## 4.6 Механизация гибочных работ

Профили (полосовой, сортовой металл) с разными радиусами кривизны гнут на трёх- и четырёхроликовых станках. Предварительно налаживают станок установкой верхнего ролика относительно двух нижних вращением рукоятки. При гибке заготовка должна быть прижата верхним роликом к двум нижним.

Профили с большим радиусом гибки получают на **трёхроликовых** станках (рисунок 18а) в несколько переходов. При гибке заготовка 3 должна быть прижата верхним роликом 5 к двум нижним 1 и 6.

**Четырёхроликовый станок** (рисунок 18б) состоит из станины 1, двух ведущих роликов 3 и 5, подающих заготовку, и двух нажимных роликов 4 и 8, изгибающих заготовку 7. Такие станки применяются для гибки профильного проката по дуге окружности или по спирали.

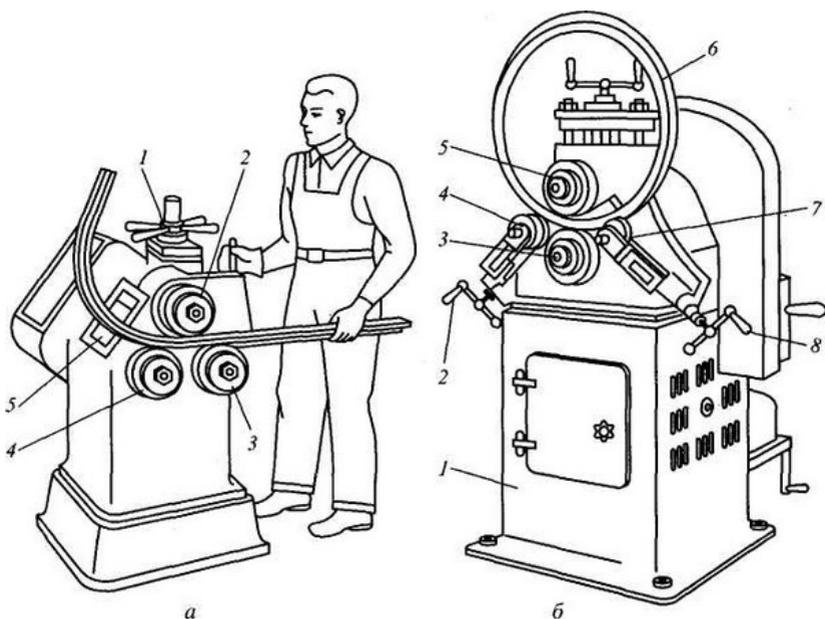


Рисунок 18 – Гибка кривых профилей

#### 4.7 Гибка труб

Трубы гнут ручным и механизированным способами, в горячем и холодном состоянии, с наполнителями и без них. Способ гибки зависит от диаметра и материала трубы, значения угла изгиба.

**Гибка труб в горячем состоянии** применяется при диаметре более 100 мм. При горячей гибке с наполнителем трубу отжигают, размечают, один конец закрывают деревянной или металлической пробкой.

Диаметры пробок (заглушек) зависят от внутреннего диаметра трубы. Для труб малых диаметров заглушки делают из глины, резины или твёрдой древесины; выполняют их в виде конусной пробки длиной, равной 1,5...2 диаметрам трубы, с конусностью 1:10. Для труб больших диаметров заглушки изготовляют из металла.

Для каждой трубы в зависимости от ее диаметра и материала должен быть установлен минимально допустимый радиус гибки. При гибке труб этот радиус должен быть не меньше трех диаметров трубы, а длина нагреваемой части зависит от угла изгиба и диаметра трубы. Если трубу изгибают под углом 90°, то нагревают участок, равный шести диаметрам трубы, если под углом 60°, – равный четырем диаметрам, если под углом 45°, – трем диаметрам и т.д.

Длина  $L$  (мм) нагреваемого участка трубы определяется по формуле:

$$L = \alpha \cdot d/15,$$

где  $\alpha$  – угол изгиба трубы, град;

$d$  – наружный диаметр трубы, мм;

15 – постоянный коэффициент (90 : 6 = 15; 60 : 4 = 15; 45 : 3 = 15).

При гибке труб в горячем состоянии работают в рукавицах. Трубы нагревают паяльными лампами в горнах или пламенем газовых горелок до вишнево-красного цвета. Трубы рекомендуется изгибать с одного нагрева, так как повторный нагрев ухудшает качество металла.

**Гибка труб в холодном состоянии** выполняется с помощью различных приспособлений. Простейшим приспособлением для гибки труб диаметром 10...15 мм является плита с отверстиями, в которой в соответствующих местах устанавливают штыри, служащие упорами при гибке.

Трубы небольших диаметров (до 40 мм) с большими радиусами кривизны гнут в холодном состоянии, применяя простые ручные приспособления с неподвижной оправой. Трубы диаметром до 20 мм изгибают в приспособлении, которое крепится к верстаку с помощью ступицы и плиты.

Подлежащие гибке в холодном состоянии **медные или латунные трубы** заполняют расплавленной канифолью, расплавленным стеарином (парафином) или свинцом в расплавленном состоянии.

**Медные трубы**, подлежащие гибке в холодном состоянии, отжигают при температуре 600...700 градусов и охлаждают в воде. Наполнитель при гибке медных труб в холодном состоянии – канифоль, а в нагретом – песок.

**Латунные трубы**, подлежащие гибке в холодном состоянии, предварительно отжигают при температуре 600...700 градусов и охлаждают на воздухе. Наполнители те же, что и при гибке медных труб.

**Дюралюминиевые трубы** перед гибкой отжигают при температуре 350...400 градусов и охлаждают на воздухе.

При массовом изготовлении деталей из труб наибольших диаметров применяют **ручные трубогибочные приспособления** и **рычажные трубогибы**, а для гибки труб больших диаметров (до 350 мм) – **специальные трубогибочные станки и прессы**.

**Гибку труб в кольцо** производят на трёхроликовом гибочном станке.

Широко используют новые способы гибки труб.

**Гибка с растяжением заготовки** заключается в том, что заготовку подвергают совместному действию растягивающих (превышающих предел текучести металла) и изгибающих усилий. Такой способ применяют при изготовлении труб для самолётов, автомашин, морских судов и др.

При **гибке труб с нагревом токами высокой частоты** нагрев, гибка и охлаждение происходят непрерывно и последовательно в специальной высокочастотной установке типа трубогибочных станков. Установка допускает гибку труб диаметром от 95 до 300 мм. Она состоит из двух частей – механической и электрической.

**Развальцовка (вальцевание) труб** заключается в расширении (раскатывании) концов труб изнутри специальным инструментом (вальцовкой).

Процесс развальцовки состоит в том, что на конец трубы надевают фланец с выточенными в его отверстиях канавками, затем в трубу вставляют вальцовку с роликами и вращают. Наиболее производительным является вальцевание на специальных вальцовочных машинах и различных механизмах.

При гибке металла **дефектами** чаще всего являются косые загибы и механические повреждения обработанной поверхности как результат неправильной разметки или закрепления деталей в тисках выше или ниже разметочной линии, а также неправильного нанесения ударов.

*При гибке труб следует соблюдать следующие условия:*

- тщательно следить за равномерностью вытягивания внешней стенки и посадки внутренней стенки трубы;
- учитывать, что вытягивания внешней стенки трубы происходят легче, чем посадка внутренней стенки;
- трубу гнуть плавно, без рывков;
- во избежание разрыва нельзя гнуть трубу и выправлять складки, если труба охладилась до светло-вишнёвого цвета (800 градусов), поэтому трубы больших диаметров гнут с многократным нагревом.

#### 4.8 Безопасность труда при правке, рихтовке и гибке

При правке и рихтовке металлов необходимо выполнять следующие требования безопасности:

- работать только исправным инструментом (правильно насаженные молотки, отсутствие трещин на рукоятках и отколов на молотках);
- для предохранения рук от ударов и вибраций металла работать в рукавицах;
- заготовку на плите или наковальне удерживать прочно.

При гибке необходимо выполнять следующие требования безопасности:

- заготовку закреплять в тисках или других приспособлениях прочно;
- работать только на исправном оборудовании;
- перед началом работы на гибочных станках ознакомиться с инструкцией;
- работу выполнять осторожно, чтобы не повредить пальцы рук;
- работать в рукавицах и застёгнутых халатах.

*При выполнении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-3, ОК-6, ПК-5, ПК-7.*

## Вопросы к разделу 4

1. Какой инструмент и какие приспособления применяют при правке?
2. Как правят полосовой, круглый и листовой материал?
3. Как правят закаленные детали?
4. Как гнут трубы в холодном и горячем состоянии?
5. Для чего применяют вальцевание?
6. Правила безопасной работы при правке и гибке металла.

## 5 Опиливание

### 5.1 Общие сведения. Напильники

**Опиливанием** называется операция по обработке металлов и других материалов снятием небольшого слоя напильниками вручную или на опилопочных станках.

С помощью напильников обрабатывают плоскости, криволинейные поверхности, пазы, канавки, отверстия любой формы, поверхности, расположенные под разными углами и т.п. Припуски на опиление оставляются небольшими – от 0,5 до 0,25 мм. Точность обработки опилением составляет 0,2...0,05 мм (в отдельных случаях – до 0,001 мм).

**Напильник** представляет собой стальной брусок определённого профиля и длины, на поверхности которого имеются насечки (нарезки), образующие впадины и острозаточенные зубцы (зубья), имеющие в сечении форму клина. Напильники изготавливают из стали У10А, У13А, ШХ15, 13Х, после насекания подвергают термической обработке.

Напильники подразделяют по размеру насечки, её форме, по длине и форме бруска.

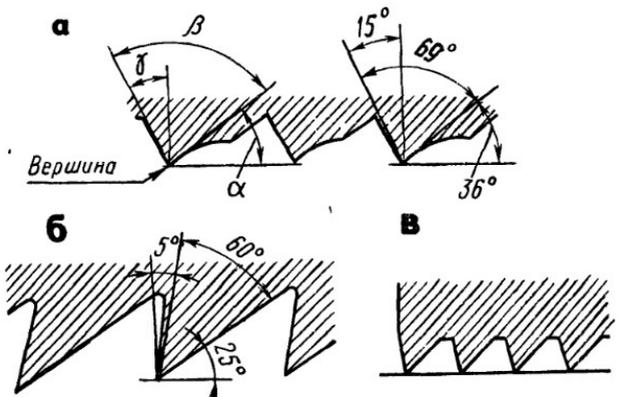


Рисунок 19 – Зубья напильников

Насечки на поверхности напильника образуют зубья, которые снимают стружку с обрабатываемого материала.

Зубья напильников получают на пилонасекательных станках с помощью специального зубила (рисунок 19а), на фрезерных станках – фрезами, на шлифовальных станках – специальными шлифовальными кругами (рисунок 19б), а также путем накачивания, протягивания на протяжных станках – протяжками и на зубонарезных станках.

*Напильники с одинарной насечкой* (рисунок 20а) могут снимать широкую стружку, равную длине всей насечки. Их применяют при опиливании мягких металлов и сплавов с незначительным сопротивлением резанию, а также неметаллических материалов. Одинарная насечка наносится под углом 25 градусов к оси напильника.

*Напильники с двойной (перекрестной) насечкой* (рисунок 20б) применяют для опиливания стали, чугуна и других твёрдых материалов с большим сопротивлением резанию.

*Напильники с рашпильной (точечной) насечкой – рашпили* (рисунок 20в) применяют для обработки очень мягких металлов и неметаллических материалов – кожи, резины и др.

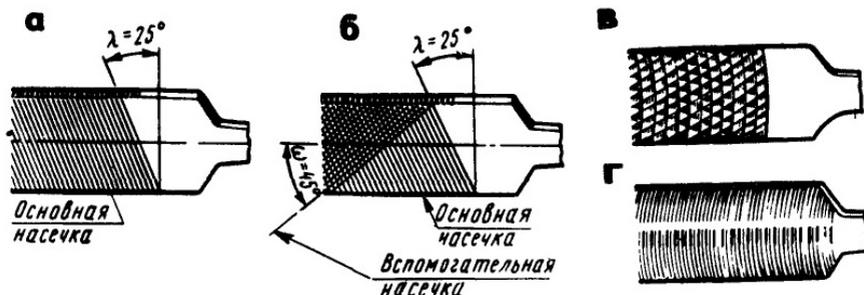


Рисунок 20 – Насечки напильников

Рашпильная (точечная) насечка получается вдавливанием металла специальными зубилами.

*Напильники с дуговой насечкой* (рисунок 20г) применяют при обработке мягких металлов. Дуговую насечку получают фрезерованием. Она имеет большие впадины между зубьями и дугообразную форму, обеспечивающую высокую производительность и повышенное качество обрабатываемых поверхностей.

## 5.2 Классификация напильников

По назначению напильники подразделяют на следующие группы:

- общего назначения;
- специального назначения; надфили;

- рашпили;
- машинные.

*Напильники общего назначения* предназначены для общеслесарных работ. По числу  $n$  насечек (зубьев), приходящихся на 10 мм длины, напильники подразделяются на шесть классов, а насечки имеют номера 0, 1, 2, 3, 4, и 5:

- первый класс с насечкой № 0 и № 1 ( $n = 4...12$ ) называют *драчёвыми*;
- второй класс с насечкой № 2 и № 3 ( $n = 13...24$ ) называют *личными*;
- третий, четвёртый и пятый класс с насечкой № 4 и № 5 ( $n = 24...28$ ),

называют *бархатными*.

Напильники делятся следующие типы:

**А** – *плоские* (рисунок 21а);

**Б** – *плоские остроносые напильники* (рисунок 21б) применяются для опилования наружных или внутренних плоских поверхностей;

**В** – *квадратные напильники* (рисунок 21в) используются для распиливания квадратных, прямоугольных и многоугольных отверстий;

**Г** – *трёхгранные напильники* (рисунок 21г) служат для опилования острых углов, равных 60 градусам и более, как с внешней стороны детали, так и в пазах, отверстиях и канавках;

**Д** – *круглые напильники* (рисунок 21д) используются для распиливания круглых или овальных отверстий и вогнутых поверхностей небольшого радиуса;

**Е** – *полукруглые напильники* с сегментным сечением (рисунок 21е) применяют для обработки вогнутых криволинейных поверхностей значительного радиуса и больших отверстий (выпуклой стороной);

**Ж** – *ромбические напильники* (рисунок 21ж) применяют для опилования зубчатых колёс, дисков и звёздочек;

**З** – *ножовочные напильники* (рисунок 21з) служат для опилования внутренних углов, клиновидных канавок, узких пазов, плоскостей в трёхгранных, квадратных и прямоугольных отверстиях.

Плоские, квадратные, трёхгранные, полукруглые, ромбические и ножовочные напильники изготавливают с насеченными и нарезанными зубьями. Ромбические и ножовочные напильники изготавливают только с насечками № 2, 3, 4 и 5 длиной соответственно 100...250 мм и 100...315 мм.

*Напильники специального назначения для обработки цветных сплавов*, в отличие от слесарных напильников общего назначения, имеют другие, более рациональные для данного конкретного сплава углы наклона насечек и более глубокую и острую насечку, что обеспечивает высокую производительность и стойкость напильников.

Напильники для обработки бронзы, латуни и дюралюминия имеют *двойную насечку*: верхняя выполнена под углами 45, 30 и 50 градусов, а нижняя – соответственно под углами 60, 85 и 60 градусов. Маркируют напильники буквами **ЦМ** на хвостовике. А также для обработки изделий из лёгких сплавов и неметаллических материалов применяют *тарированные и алмазные напильники*.

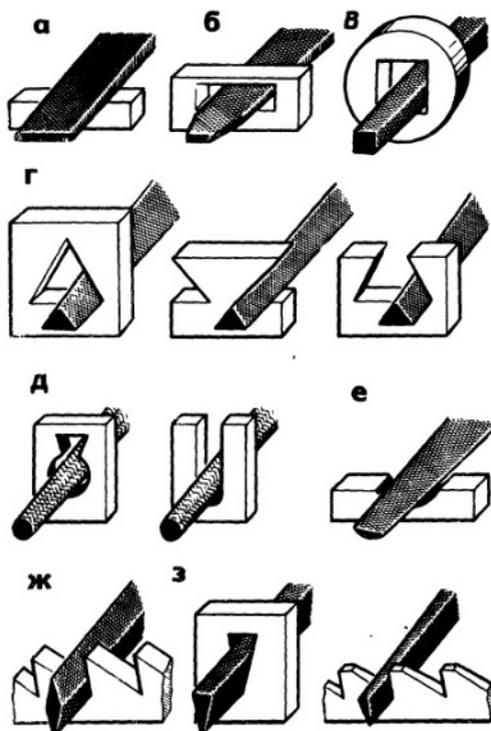


Рисунок 21 – Типы напильников

**Надфили** – это небольшие напильники (рисунок 22), применяются для лекальных, граверных, ювелирных работ, а также для зачистки в труднодоступных местах (отверстий, углов, коротких участков профиля и др.).

Изготавливают надфили из стали У13 или У13А (допускается У12 или У12А). Длина надфилей установлена равной 80, 120 и 160 мм.

В зависимости от количества насечек, приходящихся на каждые 10 мм длины, надфили разделяются на пять типов – № 1, 2, 3, 4 и 5. Надфили имеют на рукоятке наносимые номера насечки: № 1 – 20...40; № 2 – 28...56; № 3, 4 и 5 – 40...112 насечек на 10 мм длины.

**Алмазные надфили** применяют для обработки твердосплавных материалов, различных видов керамики, стекла, а также для доводки режущего твердосплавного инструмента. При обработке надфилями получают поверхности с шероховатостью  $Ra$  0,32...0,16.

**Рашпили** предназначены для обработки мягких металлов (свинец, олово, медь и др.) и неметаллических материалов (кожа, резина, древесина, пластические массы), когда обычные напильники непригодны. В зависимости от профиля рашпили бывают тупоносые и остроносые, а также круглые и полукруглые с насечкой № 1 и 2, длиной 250...350 мм.

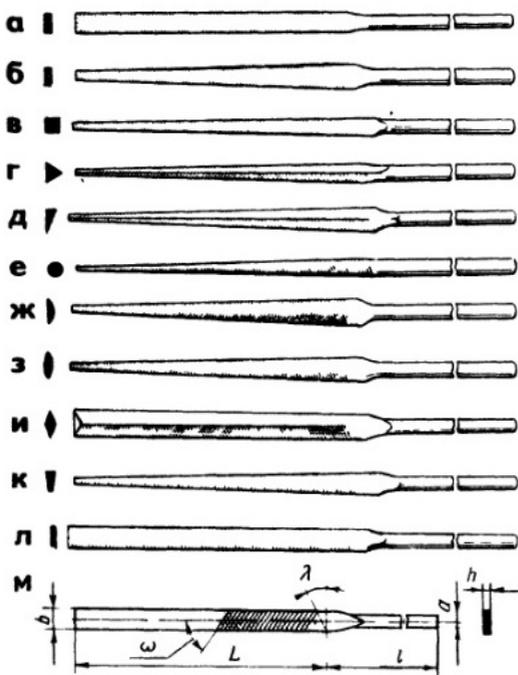


Рисунок 22 – Виды надфилей

### 5.3 Виды опилования

Опиливание наружных плоских поверхностей начинают с проверки припуска на обработку, который мог бы обеспечить изготовление детали в соответствии с чертежом.

**При опиловании плоских поверхностей** используют плоские напильники – драчёвый и личный. Опиливание ведут перекрёстными штрихами. Параллельность сторон проверяют штангенциркулем, а качество опилования – поверочной линейкой в различных положениях (вдоль, поперёк, по диагонали).

**Лекальные линейки** служат для проверки прямолинейности опиленных поверхностей на просвет и на краску. При проверке прямолинейности на просвет лекальную линейку накладывают на контролируемую поверхность и по размеру световой щели устанавливают, в каких местах имеются неровности.

**Опиливание поверхностей угольника, расположенных под прямым углом,** связано с пригонкой внутреннего угла и сопряжено с некоторыми трудностями.

**Опиливание конца стержня на квадрат** начинают с опилования грани, размер проверяют штангенциркулем.

## 5.4 Безопасность труда при опиливании

При опилочных работах необходимо выполнять следующие требования безопасности:

- при опиливании заготовок с острыми кромками нельзя поджимать пальцы левой руки под напильником при обратном ходе;
- образовавшуюся в процессе опилования стружку необходимо сметать с верстака волосистой щёткой, строго запрещается сбрасывать стружку обнажёнными руками, сдувать её или удалять сжатым воздухом;
- при работе следует пользоваться только напильниками с прочно насаженными рукоятками, запрещается работать напильниками без рукояток или напильниками с треснутыми, расколотыми рукоятками.

*При выполнении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-3, ОК-6, ПК-7.*

## Вопросы к разделу 5

1. Дайте определение процесса опилования. Какой используется инструмент?
2. Приведите классификацию напильников.
3. Перечислите виды брака при опиливании. Назовите меры предупреждения брака.
4. Какие правила техники безопасности нужно соблюдать при опилочных работах?
5. Как выполняют опилование плоских поверхностей?

## 6 Шабрение

### 6.1 Общие сведения. Инструменты для шабрения

**Шабрением** называется операция по снятию (соскабливанию) с поверхностей деталей очень тонких частиц металла специальным режущим инструментом – шабером. Цель шабрения – обеспечение плотного прилегания сопрягаемых поверхностей и герметичности соединения. Шабрением обрабатывают прямолинейные и криволинейные поверхности. Обработку производят вручную или на станках.

За один рабочий ход шабером снимается слой металла толщиной 0,005...0,007 мм. Шабрением достигается высокая точность (до 30 несущих

пятен в квадрате 25x25 мм) и шероховатость поверхности не более  $Ra\ 0,32$ . Его широко применяют в инструментальном производстве как окончательный процесс обработки незакалённых поверхностей.

**Шаберы** – металлические стержни различной формы с режущими кромками. Изготавливают их из инструментальных углеродистых сталей У10 и У12А. Режущий конец шабера закаливают без отпуска до твёрдости HRC 64...66.

По форме режущей части шаберы делятся на **плоские, трёхгранные, фасонные**; по числу режущих концов (граней) – на **односторонние** и **двусторонние**; по конструкции – на **цельные** и **со вставными пластинками**.

**Плоские шаберы** (рисунок 23) применяют для шабрения плоских поверхностей (открытых пазов, канавок и т.д.). Длина плоских двухсторонних шаберов составляет 350...400 мм. Ширина шабера для грубого шабрения принимается равной 20...25 мм, для точного – 5...10 мм. Толщина конца режущей части колеблется от 2 до 4 мм. Угол заострения у шаберов для черногового шабрения принимают равным 70...75 градусов, для чистового – 90 градусов.

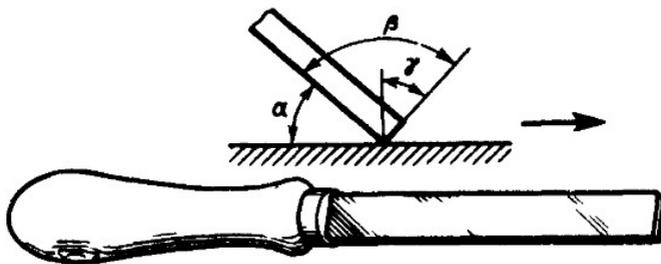


Рисунок 23 – Шабер плоский

Двусторонний плоский шабер (рисунок 24) благодаря наличию двух режущих концов имеет большой срок службы.

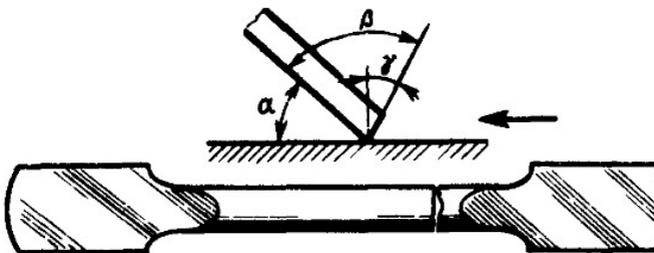
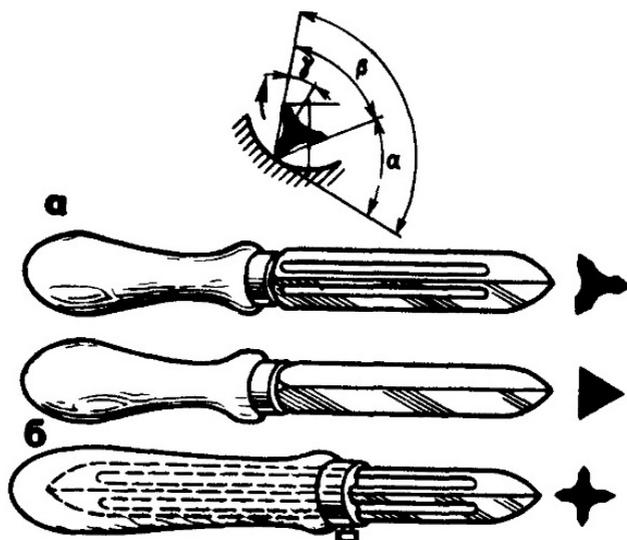


Рисунок 24 – Шабер плоский двусторонний

**Трёх- и четырёхгранные шаберы** (рисунок 25) применяют для шабрения вогнутых и цилиндрических поверхностей. Трёхгранные шаберы имеют длину 190, 280, 380 и 510 мм.



*a* – шабер трехгранный; *б* – шабер четырехгранный.

Рисунок 25 – Шаберы для обработки криволинейных поверхностей

**Универсальный шабер со сменными режущими пластинками** состоит из корпуса, держателя, рукоятки, зажимного винта, сменной режущей пластинки из быстрорежущей стали или твёрдого сплава.

**Дисковый шабер** используют для шабрения широких плоскостей. Диск диаметром 50...60 мм и толщиной 3...4 мм затачивают на круглошлифовальном станке. Таким образом, используется весь диск шабера, что повышает производительность труда.

Угол заострения режущей части шабера для стали принимают равным 75...90 градусов. Углы заточки шабера для обработки чугуна и бронзы 75...100 градусов, для черного шабрения мягких металлов – 35...40 градусов.

После заточки на лезвии шабера образуются заусеницы и неровности, поэтому лезвие доводят на абразивных брусках зернистостью 90 и ниже. Для точного шабрения и окончательной доводки режущей части шабера применяют пасты ГОИ. В среднем за 7 ч работы шабер доводят 4...6 раз в зависимости от характера шабрения и обрабатываемого материала.

Перед шабрением выявляют неровности поверхностей путём их окрашивания смесью машинного масла с лазурью или сажей.

Краску наносят на поверхность плиты тампоном из чистых льняных тряпок, сложенных в несколько слоев. Удобно проводить окрашивание изготовленным из чистого полотна (холста) мешочком, в который накладывают краску.

В небольших углублениях краска будет скапливаться, а в более углублённых местах её не будет. Так возникают белые пятна – наиболее углублённые места, не покрытые краской; тёмные пятна – менее углублённые места, в которых скопилась краска; серые пятна – это наиболее выступающие места, на которые краска ложится тонким слоем.

## 6.2 Безопасность труда при шабрении

При шабрении необходимо выполнять следующие требования безопасности:

- обрабатываемая деталь должна быть надёжно установлена и прочно закреплена;
- не допускается работа неисправными шаберами (без рукояток или с треснувшими рукоятками);
- при выполнении работ шлифовальными головками соблюдать правила электробезопасности.

*При выполнении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-3, ОК-6, ПК-7.*

## Вопросы к разделу 6

1. Дайте определение процесса шабрения.
2. Виды используемого инструмента при шабрении.
3. Заточка и доводка шабера.
4. Предварительное и окончательное шабрение.
5. Правила безопасной работы при шабрении.

## 7 Притирка и доводка

### 7.1 Общие сведения. Притирочные материалы

**Притиркой** называется обработка деталей, работающих в паре, для обеспечения наилучшего контакта их рабочих поверхностей.

**Доводка** – это чистовая обработка деталей с целью получения точных размеров и малой шероховатости поверхностей.

Притирка и доводка осуществляются абразивными порошками или пастами, наносимыми на обрабатываемые поверхности, или с помощью специального инструмента – притира.

Припуск на притирку составляет 0,01...0,02 мм, на доводку – 0,001...0,0025 мм. Точность притирки – 0,001...0,002 мм. Доводка обеспечивает точность по 5...6 квалитетам и шероховатость поверхности до Ra 0,05.

Притирке подвергают гидравлические пары, клапаны и сёдла в двигателях внутреннего сгорания, рабочие поверхности измерительных инструментов.

В качестве притирочных материалов применяют **абразивные материалы (абразивы)** – это мелкозернистые кристаллические порошкообразные или массивные твёрдые тела, применяемые для механической обработки материалов. Абразивы делятся на природные и искусственные, различаются по твёрдости.

**Твёрдые естественные абразивные материалы** – это минералы, содержащие оксид алюминия (наждак) и оксид кремния (кварц, кремень, алмаз).

**Твёрдые искусственные абразивы** получают в электропечах, они имеют высокую твёрдость и однородность состава. К ним относятся:

- электрокорунды – нормальный (1А), белый (2А), хромистый (3А), монокорунд (4А);
- карбиды кремния (карбоккорунд) – зелёный (6С), чёрный (5С);
- карбид бора (КБ);
- кубический нитрид бора (КБН);
- эльбор (Л);
- алмаз синтетический (АС).

Применяют при обработке чугуна, хрупких и труднообрабатываемых материалов.

**Мягкие абразивные материалы** – микропорошки М28, М20, М14, М10, М7, М5 и пасты ГОИ. Применяются для окончательных доводочных работ.

**Алмазные пасты** – природные и синтетические, имеют двенадцать зернистостей, делящихся на четыре группы (каждая имеет свой цвет):

- крупной зернистости (АП100, АП80, АП60) красного цвета;
- средней зернистости (АП40, АП28, АП20) зелёного цвета;
- мелкой зернистости (АП14, АП10, АП7) голубого цвета;
- тонкой зернистости (АП5, АП3 и АП1) жёлтого цвета.

Алмазные пасты применяют для притирки и доводки изделий из твёрдых сплавов, сталей, стекла, рубина, керамики.

По консистенции алмазные пасты делятся на *твёрдые, мазеобразные и жидкие*.

**Смазывающие материалы** для притирки и доводки способствуют ускорению этих процессов, уменьшают шероховатость, а также охлаждают поверхность детали. Для притирки (доводки) стали и чугуна чаще применяют керосин с добавкой 2,5% олеиновой кислоты и 7% канифоли, что значительно повышает производительность процесса.

## 7.2 Инструменты для притирочных работ

Доводку выполняют специальным инструментом – **притиром**, форма которого должна соответствовать форме обрабатываемой поверхности.

**Плоские притиры** представляют собой чугунные плиты, на которых доводят плоскости. Плоский притир для предварительной обработки имеет канавки глубиной и шириной 1...2 мм, расположенные на расстоянии 10...15 мм, в которых собираются остатки абразивного материала. Притиры для окончательной доводки делают гладкими.

**Цилиндрические притиры** применяют для доводки цилиндрических отверстий. Такие притиры бывают *нерегулируемыми* и *регулируемыми*. Регулирование диаметра притира осуществляют гайками.

**Шаржирование притиров твёрдым абразивным материалом.** Существует два способа – прямой и косвенный.

При *прямом способе* шаржирования абразивный порошок вдавливают в притир до работы. Круглый притир диаметром более 10 мм шаржируют на твёрдой стальной плите, на которую насыпан тонким, ровным слоем абразивный порошок.

После шаржирования с притира удаляют остаток абразивного порошка волосистой щёткой, притир слегка смазывают и применяют для работы.

*Косвенный способ шаржирования* заключается в покрытии притира слоем смазки, на которую затем посыпают абразивный порошок.

Прибавлять новый абразивный порошок во время работы не следует, так как это ведёт к снижению точности обработки.

**Притиры изготавливают** из чугуна, бронзы, меди, свинца, стекла, фибры и твёрдой древесины (дуб, клён и т.п.). Для доводки стальных деталей рекомендуется изготавливать притиры из чугуна средней твёрдости (НВ 100...200), для тонких и длинных притиров используют стали Ст 2 и Ст 3 (НВ 150...200). Стальные притиры изнашиваются быстрее, чем чугунные, поэтому их смазывают пастами ГОИ с целью получения зеркальной поверхности.

Для производительной и точной притирки необходимо правильно выбирать и строго дозировать количество абразивных материалов, а также смазки. При притирке необходимо учитывать давление на притираемые детали. Обычно давление при притирке составляет 150...400 кПа (1,5...4 кгс/см<sup>2</sup>). Во время окончательной притирки давление надо уменьшать.

**Доводка плоских поверхностей** обычно производится на неподвижных чугунных доводочных плитах. Доводка на плитах даёт очень хорошие результаты, поэтому на них обрабатывают детали, требующие высокой точности обработки (шаблоны, калибры, плитки и т. п.).

Предварительную доводку ведут на плите с канавками, а окончательную – на гладкой плите на одном месте, используя лишь остатки порошка, сохранившегося на детали от предыдущей операции.

После доводки *поверхности проверяют* на краску. Плоскость при доводке *контролируют* лекальной линейкой с точностью 0,001 мм. Следует

иметь в виду, что во избежание ошибок при контроле все измерения надо проводить при 20°C.

### 7.3 Безопасность труда при доводке и притирке

При выполнении притирочных и доводочных работ необходимо:

- обрабатываемую поверхность очищать не рукой, а ветошью;
- осторожно обращаться с пастами, так как они содержат кислоты;
- выполнять требования безопасности при работе механизированным инструментом.

*При выполнении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-6, ПК-7.*

### Вопросы к разделу 7

1. Отличие притирки от доводки.
2. Перечислите естественные и искусственные абразивные материалы.
3. Виды инструмента для притирочных работ.
4. Доводка плоских поверхностей и контроль плоскости.
5. Правила безопасной работы при доводке и притирке.

## 8 Сверление, зенкерование, зенкование, развёртывание отверстий

### 8.1 Общие сведения о сверлении. Свёрла. Заточка спиральных свёрл

**Сверлением** называется образование снятием стружки отверстий в сплошном материале с помощью режущего инструмента – сверла.

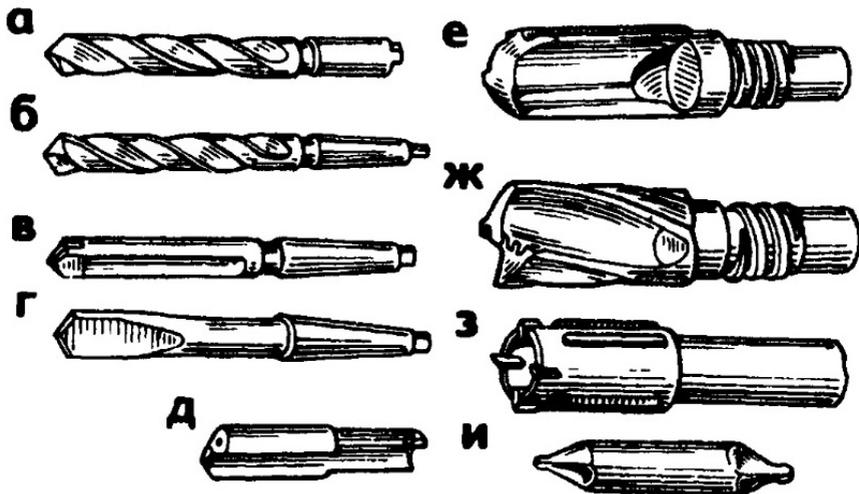
Сверление применяют для получения отверстий невысокой степени точности и для получения отверстий под нарезание резьбы, зенкерование и развёртывание.

Сверление применяется:

- для получения неответственных отверстий невысокой степени точности и значительной шероховатости, например, под крепёжные болты, заклёпки, шпильки и т.д.;
- для получения отверстий под нарезание резьбы, развёртывание и зенкерование.

Сверлением можно получить отверстие с точностью по 10-му, в отдельных случаях, по 11-му качеству и шероховатостью поверхности Rz 320..80.

*Свёрла* бывают различных видов (рисунок 26), их изготавливают из быстрорежущих, легированных и углеродистых сталей. Свёрла могут быть оснащены пластинками из твёрдых сплавов.



*а, б* – спиральные; *в* – с прямыми канавками; *г* – перовое;  
*д* – специальное; *е* – однокромочное с внутренним отводом стружки  
 для глубокого сверления; *ж* – двухкромочное для глубокого сверления;  
*з* – для кольцевого сверления; *и* – центровочное.

Рисунок 26 – Свёрла

Сверло имеет две режущие кромки. Для обработки металлов различной твёрдости применяют сверла с различным углом наклона винтовой канавки. Для сверления стали пользуются сверлами с углом наклона канавки 18...30 градусов, для сверления лёгких и вязких металлов – 40...45 градусов, при обработке алюминия, дюралюминия – 45 градусов.

*Хвостовики* у спиральных сверл могут быть коническими и цилиндрическими. Конические хвостовики имеют сверла диаметром 6...80 мм. Эти хвостовики образуются конусом Морзе.

*Шейка* сверла, соединяющая рабочую часть с хвостовиком, имеет меньший диаметр, чем диаметр рабочей части.

*Свёрла* могут быть оснащены пластинками из твёрдых сплавов, с винтовыми, прямыми и косыми канавками, а также с отверстиями для подвода охлаждающей жидкости. Свёрла изготавливают из инструментальных углеродистых сталей У10, У12, У10А и У12А, а чаще – из быстрорежущей стали Р6М5.

Чтобы повысить стойкость режущего инструмента и получить чистую поверхность отверстия, при сверлении металлов и сплавов пользуются смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ) и минеральными маслами.

**Заточку свёрл** выполняют в защитных очках (если на станке нет прозрачного экрана).

**Угол заточки** существенно влияет на режим резания, стойкость сверла и, следовательно, на производительность. Качество заточки свёрл проверяют специальными шаблонами с вырезами. Шаблон с тремя вырезами позволяет проверять длину режущей кромки, угол заточки, угол заострения, а также угол наклона поперечной кромки.

Для улучшения условий работы свёрл применяют специальные виды заточки.

## 8.2 Особенности сверления труднообрабатываемых сплавов и пластмасс

**Сверление жаропрочных сталей** осуществляется при обильном охлаждении СОЖ.

**Сверление лёгких сплавов** требует особого внимания. Свёрла для обработки магниевых сплавов имеют большие передние углы; малые углы при вершине (24...90 градусов); большие задние углы (15 градусов). Для обработки алюминиевых сплавов свёрла имеют большие углы при вершине (65...70 градусов), угол наклона винтовых канавок (35...45 градусов), задний угол равен 8...10 градусов.

**Сверление пластмасс** можно производить любыми видами свёрл, однако нужно учитывать их механические свойства. При сверлении одних для охлаждения используют воздух, другие охлаждают 5%-ным раствором эмульсола в воде. Чтобы выходная сторона при сверлении не крошилась, под неё подкладывают жёсткую металлическую опору. Сверление пластмасс выполняется только острозаточенными резами.

## 8.3 Зенкерование

**Зенкерованием** называется процесс обработки зенкерами цилиндрических и конических необработанных отверстий в деталях, полученных литьём, ковкой, штамповкой, сверлением, с целью увеличения их диаметра, качества поверхности, повышения точности (уменьшение конусности, овальности).

**Зенкер** по внешнему виду напоминает сверло, но имеет больше режущих кромок (три-четыре) и спиральных канавок. Работает зенкер как сверло, совершая вращательное движение вокруг оси, а поступательное – вдоль оси отверстия. Зенкеры изготавливают из быстрорежущей стали, они бывают двух типов – *цельные с коническим хвостиком* и *насадные*. Первые предназначены для предварительной, а вторые – для окончательной обработки отверстий.

При зенкерование деталей из стали, меди, латуни, дюралюминия применяют охлаждение СОЖ.

Для получения правильного и чистого отверстия припуски на диаметр под зенкерование должны составлять 0,05 диаметра (до 0,1 мм).

## 8.4 Зенкование

**Зенкование** – это процесс обработки специальным инструментом цилиндрических или конических углублений и фасок просверленных отверстий под головки болтов, винтов и заклёпок.

Зенкование производят с помощью **зенковок**. Основной особенностью зенковок по сравнению с зенкерами является наличие зубьев на торце и направляющих цапф, которыми зенковки вводятся в просверленное отверстие.

Зенковки бывают следующих видов:

– *цилиндрическая*, имеющая направляющую цапфу, рабочую часть, состоящую из 4...8 зубьев, и хвостовика;

– *коническая* – имеет угол конуса при вершине 30, 60, 90 и 120 градусов;

– *державка с зенковкой и вращающимся ограничителем* позволяет зенковать отверстия на одинаковую глубину, при пользовании обычными зенковками этого трудно достичь;

Крепление зенковок не отличается от крепления свёрл.

## 8.5 Развёртывание отверстий

**Развёртывание** – это процесс чистовой обработки отверстий, обеспечивающий точность по 7...9 квалитетам и шероховатость поверхности Ra 1,25...0,63.

**Развёртки** – это инструмент для развёртывания отверстий ручным или машинным способом. Развёртки, применяемые для ручного развёртывания, называются *ручными* (рисунок 27а), а для станочного развёртывания – *машинными* (рисунок 27б).

По форме обрабатываемого отверстия развёртки подразделяют на **цилиндрические и конические**. Ручные и машинные развёртки состоят из трёх основных частей: рабочей части, шейки и хвостовика. У ручных развёрток обратный конус составляет 0,05...0,1 мм, а у машинных – 0,04...0,3 мм.

Машинные развёртки изготовляют с *равномерным распределением зубьев* по окружности. Число зубьев развёрток чётное – 6, 8, 10 и т. д. Чем больше зубьев, тем выше качество обработки.

Для обработки конических отверстий, чаще всего для конусов Морзе, применяют конические ручные развёртки комплектами из двух и трех штук (рисунок 27в).

Ручные и машинные развёртки выполняют с **прямыми** (прямозубые) и **винтовыми** (спиральные) канавками (зубьями).

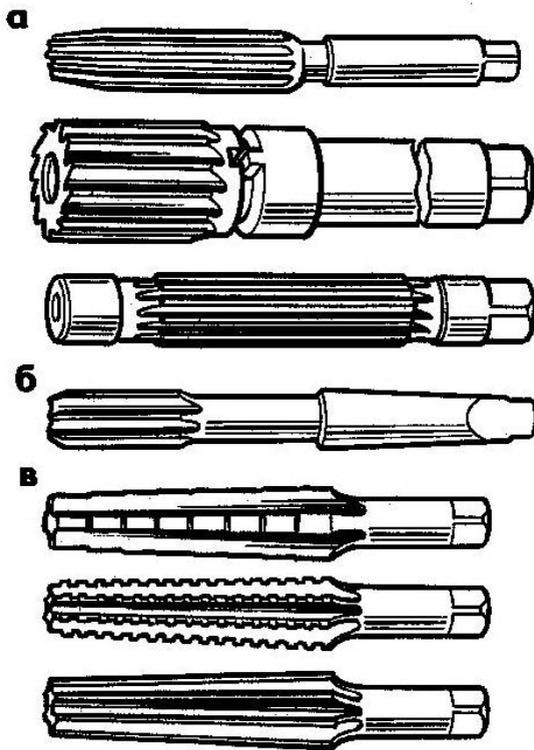


Рисунок 27 – Типы развёрток

Развёртки подразделяются на несколько видов:

- ручные цилиндрические развёртки;
- машинные развёртки с коническим и цилиндрическим хвостиком;
- машинные насадные развёртки со вставными ножами;
- машинные развёртки с квадратной головкой;
- машинные развёртки, оснащённые пластинками из твёрдого сплава;
- раздвижные (регулируемые) машинные развёртки.

## 8.6 Приёмы развёртывания

Развёртыванию всегда предшествует сверление и зенкерование отверстий. Глубина резания определяется толщиной срезаемого слоя, составляющей половину припуска на диаметр. При этом нужно иметь в виду, что для отверстий диаметром менее 25 мм под черновое развёртывание оставляют припуск 0,01...0,15 мм, под чистовое – 0,05...0,02 мм.

**Ручное развёртывание.** Приступая к развёртыванию, прежде всего следует:

- выбрать соответствующую развёртку, затем убедиться, что на режущих кромках нет выкрошившихся зубьев или забоин;

- осторожно установить в отверстие развёртку и проверить её положение по угольнику 90 градусов;

- убедившись в перпендикулярности оси, в отверстие вставляют конец развёртки так, чтобы её ось совпала с осью отверстия;

- вращение осуществляют только в одном направлении, так как при вращении в обратном направлении может искрошиться лезвие.

Для примера рассмотрим последовательность обработки отверстия диаметром 30 мм в стальной детали по 6...7-му качеству:

- а) сверление отверстия диаметром 28 мм;

- б) зенкерование зенкером диаметром 29,6 мм;

- в) развёртывание черновой развёрткой диаметром 29,9 мм;

- г) развёртывание чистовой развёрткой диаметром 30 мм.

**Обработку конических отверстий** производят в следующей последовательности. Вначале обрабатывают отверстие ступенчатым зенкером, затем применяют развёртку со стружколомающими канавками и далее – коническую развёртку с гладкими режущими лезвиями.

## 8.7 Безопасность труда при сверлении, зенкеровании, развёртывании

При работе на сверлильном станке необходимо соблюдать следующие требования безопасности:

- правильно установить, надёжно закрепить заготовку на столе станка и не удерживать её руками в процессе обработки;

- не оставлять ключ в сверлильном станке после смены режущего инструмента;

- пуск станка производить только при твёрдой уверенности в безопасности работы;

- не браться за вращающийся режущий инструмент и шпиндель;

- не вынимать рукой сломанных режущих инструментов из отверстия, пользоваться для этого специальными приспособлениями;

- для удаления сверлильного патрона, сверла или переходной втулки из шпинделя пользоваться специальным ключом либо клином;

- не передавать и не принимать каких-либо предметов через работающий станок;

- не работать на станке в рукавицах;

- не опираться на станок во время его работы.

При развёртывании отверстий необходимо выполнять те же требования безопасности, что и при сверлении.

*При выполнении данного раздела студент должен овладеть следующими компетенциями: ОК-3, ПК-7.*

## Вопросы к разделу 8

1. Что такое сверление и какими инструментами оно осуществляется?
2. Особенности сверления пластмасс.
3. Что такое зенкование, зенкерование и развёртывание и в каких случаях их применяют?
4. Типы развёрток.
5. Приёмы развёртывания.
6. Правила безопасной работы при сверлении и развёртывании.

## Рекомендуемая литература

1. Покровский, Б.С. Основы слесарного дела [Текст]: учебник для нач. проф. образования / Б.С. Покровский. – 5-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 312 с.

## Список использованных источников

1. Макиенко, Н.И. Общий курс слесарного дела [Текст]: учеб. для проф. учеб. завед / Н.И. Макиенко. – М.: Высш. шк., 2002. – 336 с.
2. Пугач, Н.Ф. Технологическая практика в учебных мастерских [Текст] / Н.Ф. Пугач, Н.А. Шилов. – Минск: Ураджай, 1989. – 311 с.

В методических указаниях использованы рисунки из кн. Макиенко Н.И. «Общий курс слесарного дела».

*Учебное издание*

*Составители:*

Елена Владимировна Буликова,  
Ирина Марковна Соцкая

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по учебной технологической практике в мастерских  
для студентов, обучающихся по направлению 110800.62  
«Агроинженерия» (Профили «Машины и оборудование в агробизнесе»  
и «Технический сервис в АПК»)

Часть 1

СЛЕСАРНАЯ ОБРАБОТКА

Начальник редакционно-издательского отдела Е.А. Богословская  
Технический редактор Е.И. Кудрявцева  
Художественный редактор Т.Н. Волкова  
Редактор Т.В. Сурикова

Подписано в печать 21.05.2013 г.  
Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Печать ризографическая.  
Усл. печ. л. 3,5. Тираж 50 экз. Заказ № 17.

Издательство ФГБОУ ВПО «Ярославская государственная  
сельскохозяйственная академия».  
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

Отпечатано в типографии  
ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА».  
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.

