

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Технология конструкционных материалов» является одной из основных в цикле общепрофессиональных дисциплин при подготовке специалистов технического профиля (инженеров), а также специалистов, обучающихся по многоуровневой образовательно-профессиональной структуре вузов (базовое высшее образование – бакалавр, полное высшее образование – дипломированный инженер, магистр).

Технология конструкционных материалов – это наука, изучающая методы получения материалов, формирования из них заготовок, деталей, изделий и их обработки. Для решения многих практических вопросов, обеспечения надежности и работоспособности деталей машин и оборудования инженерно-технические специалисты должны располагать сведениями о современных способах получения материалов, основах технологических процессов изготовления, обработки и ремонта изделий и влиянии этих технологических методов на качество деталей и всей конструкции в целом. Для успешного усвоения курса студентам необходимо иметь знания по таким естественнонаучным и общепрофессиональным дисциплинам, как «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Инженерная графика», «Сопротивление материалов», «Материаловедение». Знания, умения и навыки, приобретенные в процессе изучения дисциплины «Технология конструкционных материалов» обеспечивают готовность студентов к освоению специальных дисциплин и, в конечном итоге, к практической работе в качестве инженера-эксплуатационщика, инженера-технолога, инженера-конструктора, видами профессиональной деятельности которых являются проектно-конструкторская, производственно-технологическая, организационно-управленческая, научно-исследовательская и другие виды деятельности. В условиях активизации самостоятельной работы студентов, ограниченности отводимого на дисциплину аудиторного времени и многообразия технологий изготовления и ремонта изделий машиностроения лабораторный практикум (второй раздел пособия) позволяет активно закрепить и углубить основные теоретические положения курса, приобрести навыки практического использования теоретических знаний и научного эксперимента, использования компьютерных технологий, работы со справочной и научно-технической литературой, государственными стандартами, технологической и конструкторской документацией, навыки логического мышления.

Настоящее учебное пособие включает два раздела.

В первом разделе рассматриваются теоретические положения основных разделов дисциплины (литейное производство, обработка давлением, сварочное производство, обработка резанием), в которых сде-

лан акцент на темах работ предлагаемых к выполнению в данном практикуме. Традиционные разделы курса освещены с учетом современных достижений науки и техники, а также действующих государственных стандартов на материалы, инструменты, оборудование и т.п. Также приведены некоторые справочные сведения, позволяющие решать поставленные в предлагаемых работах задачи. Каждая тема первого раздела имеет самостоятельное значение, представляет собой законченное изложение и может изучаться независимо от проработки других тем.

Во втором (практическом) разделе учебного пособия обозначены темы лабораторных работ, их цели, порядок выполнения и обработки результатов, вопросы для самоконтроля знаний. Контрольные вопросы дают направление для лучшего усвоения материала. Некоторые из них могут более широко охватывать предмет, чем он изложен в основных теоретических положениях данного пособия. В этом случае для правильного и полного ответа требуется изучение дополнительного материала по рекомендуемой литературе, приведенной в конце пособия.

Объем лабораторных работ в часах и количество заданий к той или иной работе назначает преподаватель в зависимости от специальности и учебного плана обучающихся групп студентов. Работы выполняются каждым учащимся или группой учащихся из 3–4-х человек самостоятельно по индивидуальным заданиям. Внеаудиторная самостоятельная подготовка студентов к предстоящей работе является обязательной. Часть заданий может быть поручена к выполнению в виде домашнего задания.

Каждая работа завершается оформлением отчета, в котором текст, таблицы, схемы, эскизы, графики, применяемые единицы измерения, обозначения физических величин должны отвечать требованиям соответствующих государственных стандартов. Отчет о результатах проделанной работы позволяет студенту приобрести навыки оформления технической документации, а преподавателю – оценить приобретенные обучающимися знания и умения.

Данное учебное пособие является законченным дополнением к учебной литературе по дисциплине «Технология конструкционных материалов».

Автор выражает благодарность рецензентам, д-ру техн. наук, профессору А.А. Поповичу, и д-ру транспорта, профессору Г.С. Филиппову, а также главному редактору издательства Л.И. Александровой за оказанную помощь при составлении учебного пособия.

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе создания, производства, эксплуатации и ремонта деталей машин, технологического и транспортного оборудования особое значение имеет технологичность их конструкций, которая должна обеспечивать минимальные затраты материалов и труда. Основной характеристикой детали, определяющей ее назначение, является форма и качество поверхностей. Поэтому наиболее важной задачей при разработке технологического процесса ее изготовления и ремонта является выбор методов получения и обработки заготовки. Для решения означенных задач необходимы знания технологии конструкционных материалов.

Цель дисциплины «Технология конструкционных материалов» – дать студентам знания физико-химических основ и технологических особенностей процессов получения и обработки материалов, принципов устройства типового оборудования, инструментов и приспособлений, технико-экономических и экологических характеристик технологических процессов и оборудования, а также областей их применения.

Основными задачами дисциплины являются изучение физических основ технологических методов получения материалов, исходных заготовок и их обработки; способов формирования заданных свойств материалов заготовок и изделий; принципов устройства типового оборудования, инструментов и приспособлений; технико-экономических и экологических характеристик технологических процессов и оборудования, а также областей их применения.

В результате изучения дисциплины «Технология конструкционных материалов» студент должен знать сущность процессов современных способов получения различных материалов, особенности формообразования заготовок, принципы получения неразъемных соединений, физические основы и основы технологии методов обработки заготовок, их виды и технологические возможности; уметь определить, исходя из материала, формы и размеров детали, тип и технологическую форму исходной заготовки; выбрать рациональный способ изготовления и обработки заготовки, необходимое оборудование и технологическую оснастку для осуществления процесса, обеспечивающих ее работоспособность и долговечность; квалифицированно оформить необходимую технологическую документацию. Знания и умения, приобретенные при изучении дисциплины «Технология конструкционных материалов» позволят специалистам обеспечивать работоспособность и технологичность как деталей, так и машин, агрегатов и др.

К основным методам формообразования поверхностей заготовок относятся методы литья, обработки давлением, сварки и обработки резанием, которые различаются между собой производительностью труда, точностью изготовления, свойствами и надежностью изделий.

Метод литья позволяет получить детали или заготовки максимально приближенные по форме и размерам к готовым деталям практически любой конфигурации.

Метод обработки давлением уступает методу литья в сложности конфигурации получаемых изделий, но имеет преимущества в их прочности и надежности.

Сварка делает возможным изготовление заготовок и конструкций, которые другими способами получить невозможно или затруднительно и обеспечивает низкую себестоимость и небольшой расход материала при высокой прочности и надежности соединяемых изделий.

Методы обработки резанием, по сравнению с остальными методами обработки заготовок и получения деталей, позволяют реализовать высокие требования к точности и качеству поверхностей деталей машин.

Выбор метода в каждом конкретном случае обусловлен его технологическими возможностями, типом производства, конструктивными особенностями, свойствами материала, размерами детали и некоторыми другими критериями.

# Раздел I. УЧЕБНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ

## Тема 1. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

### 1.1. Характеристика литейного производства

**Литейное производство** – это отрасль машиностроения, занимающаяся изготовлением заготовок и деталей путем заливки расплавленного металла в форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки (детали).

Заготовка или деталь, полученная методом литья, называется **отливка**.

Отливки изготавливаются из чугуна, стали, сплавов цветных металлов, которые должны иметь определенные литейные свойства: жидкотекучесть, усадку, минимальную склонность к образованию трещин, газовых раковин, пористости и др.

**Жидкотекучесть** – это способность сплавов в расплавленном состоянии заполнять полость формы и точно воспроизводить контуры отливки.

**Усадка** – свойство литейных сплавов уменьшаться в объеме при затвердевании и охлаждении.

Большую часть отливок различной сложности получают в разовых песчано-глинистых литейных формах. Преимуществами этого способа являются универсальность форм и низкая себестоимость. К недостаткам относятся низкая точность размеров отливок и большая шероховатость поверхности, что увеличивает объем последующей механической обработки отливки; неблагоприятные условия труда из-за загазованности и запыленности литейного цеха.

Отливки с более высокой точностью размеров и чистотой поверхности по сравнению с отливками, получаемыми в песчано-глинистых формах, изготавливают специальными способами литья: в металлические и оболочковые формы, по выплавляемым моделям, под давлением, центробежным литьем и другими способами.

Литейные формы могут быть разовыми и многократными и иметь одну или несколько плоскостей разъема или не иметь вовсе.

Процесс изготовления отливок в разовых **песчаных формах** состоит из ряда последовательно выполняемых операций, описанных в пособии далее.

При литье в **оболочковые формы** отливки получают в тонкостенных (толщиной 8–15 мм) формах-оболочках, изготовленных из высокопрочных песчано-смоляных смесей.

Литье **по выплавляемым моделям** заключается в получении отливок путем заливки расплавленного металла в формы, изготовленные

по выплавляемым моделям многократным погружением в керамическую суспензию с последующей обсыпкой и отверждением. Разовые выплавляемые модели изготавливают из модельных составов, состоящих из легкоплавких компонентов (парафина, стеарина, жирных кислот и др.).

При **литье в кокиль** отливки получают путем заливки расплавленного металла в металлические формы – кокили.

**Литьем под давлением** получают отливки в металлических пресс-формах, куда заливают металл под давлением и где формирование отливки также осуществляется под давлением.

При **центробежном литье** сплав заливают во вращающиеся формы, где формирование отливки осуществляется под действием центробежных сил. Центробежным литьем изготавливают отливки в металлических, песчаных, оболочковых формах и формах для литья по выплавляемым моделям на центробежных машинах.

Выбор способа литья для производства отливок определяется объемом производства, требованиями к геометрической точности и шероховатости поверхности отливок, экономической целесообразностью и рядом других факторов.

**Технологическая схема производства отливок** состоит из следующих основных этапов:

- 1) разработка технологии изготовления отливки;
- 2) проектирование и изготовление литейной оснастки;
- 3) изготовление литейной формы и стержней;
- 4) расплавление металла и заливка его в форму;
- 5) затвердевание и охлаждение отливки;
- 6) освобождение отливки от формы и стержней;
- 7) очистка и обрубка отливки;
- 8) контроль качества отливки.

Литьем изготавливают блоки цилиндров двигателей, гильзы цилиндров, картеры редукторов, коробки передач, тормозные барабаны, валы, поршни, корпуса различных деталей, золотники, подшипники, кронштейны, шестерни, станины и др.

## **1.2. Литейная оснастка**

### **1.2.1. Составляющие литейной оснастки**

**Литейная оснастка** – это комплект приспособлений для изготовления отливок, в который входят модель отливки, модели элементов литниковой системы, модельные плиты, стержневые ящики, опоки и др.

Часть оснастки, включающая все приспособления, необходимые для образования рабочей полости литейной формы при ее формовке, называется **модельным комплектом**.

Полный комплект оснастки, необходимый для получения разовой формы, называется **формовочный комплект**.

### 1.2.2. Модель отливки

**Модель отливки** – это копия отливки, отражающая ее внешние очертания, размер которой больше отливки на величину усадки сплава и служит для образования отпечатка в литейной форме, соответствующего наружной конфигурации и размерам отливки. Также, в отличие от отливки, модель имеет выступы, называемые стержневыми знаками. Стержневые знаки модели создают в форме углубления для установки стержней.

Модели простых отливок обычно неразъемные, а сложных – разъемные и изготавливаются из древесины, металлических сплавов, пластмассы и некоторых других материалов (рис. 3).

При изготовлении форм на машинах вместо моделей используют модельные плиты. Модельная плита – это металлическая плита, на которой укреплены металлические модели отливок и модели литниковой системы.

### 1.2.3. Стержни

**Стержень**, являясь элементом литейной формы, служит для образования отверстий и полостей в отливке и состоит из рабочей части, образующей поверхность отливки, и знаков, которые крепят стержни в форме.

Изготавливают стержни из специальных стержневых смесей в стержневых ящиках из древесины, металлических сплавов, пластмассы. Стержневой ящик обычно состоит из двух частей. Рабочая полость ящика изготавливается в соответствии с конфигурацией отверстий в отливке и стержневых знаков (рис. 4).

### 1.2.4. Литниковая система и ее модели

Для заливки металла, выхода газов, отделения неметаллических включений и контроля заливки форма имеет систему каналов, которая называется **литниковой системой**. Литниковая система состоит из следующих элементов (рис. 1):

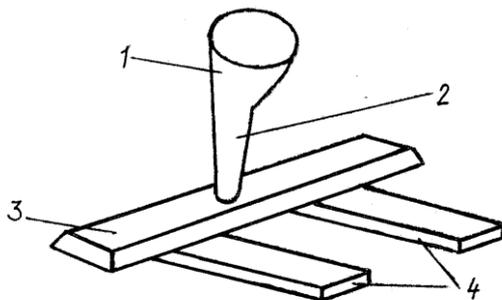


Рис. 1. Литниковая система:

1 – литниковая чаша; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатели

1) литниковая чаша – служит для смягчения удара струи жидкого металла, выливаемого из ковша, и частичного задержания шлака;

2) стояк – конический канал круглого сечения;

3) шлакоуловитель – канал трапециевидного сечения, служащий для улавливания шлака и частиц формовочной смеси, попавших в стояк из литниковой чаши;

4) питатели – каналы, подводящие жидкий металл к полости формы;

5) выпор – вертикальный канал, служащий для отвода газов из формы и контроля заполнения формы металлом (на рисунке не показан).

Жидкий сплав заливают в литниковую чашу, затем через стояк сплав поступает в шлакоуловитель и дальше через питатели – в полость формы. Шлакоуловитель расположен выше питателя.

В зависимости от марки сплава, конструкции изделия литниковая система может быть различной. Так, подвод металла может осуществляться и в горизонтальной плоскости и в вертикальной, шлакоуловитель может быть прямым и кольцевым.

В процессе заливки, во избежание брака, литниковая система должна быть вся заполнена металлом, перерыв в струе металла приводит к засасыванию воздуха и шлака. По этой причине по ходу металла принимают постепенное уменьшение площадей поперечного сечения стояка, шлакоуловителя и питателя. При этом металл отстаивается в шлакоуловителе и неметаллические включения всплывают к потолку шлакоуловителя.

Каналы литниковой системы выполняются по особым моделям, которые представляют собой набор деревянных брусков различного размера и сечения.

### 1.2.5. Опоки

**Опоки** – это жесткие деревянные или металлические рамки различной формы. Они служат для удержания формовочной смеси, образующей литейную форму как при ее изготовлении и транспортировке, так и при последующей заливке и охлаждении отливки.

Опока, с уплотненной формовочной смесью и отпечатком от модели, называется **полуформой**, если модель разъемная, и **формой**, если модель неразъемная.

Если формовку выполняют в двух опоках, то для предотвращения смещения полуформ, опоки скрепляют, для чего на их стенках снаружи предусматриваются специальные приспособления (скобы, втулки со штырями и др.).

### 1.3. Формовочные и стержневые смеси

Для изготовления песчано-глинистой формы используют специальные формовочные смеси.

По применению **формовочные смеси** разделяют на облицовочные, наполнительные и единые (общие).

**Облицовочная смесь** при формовке наносится на модель тонким слоем (15–40 мм), при заливке она непосредственно соприкасается с металлом.

**Наполнительная смесь** служит для набивки остальной части формы.

**Единые смеси** применяют в массовом производстве, когда вся форма изготавливается из однородной формовочной смеси.

В зависимости от вида сплава и веса отливки применяют различные стандартные составы формовочных смесей с определенными пропорциями составляющих материалов. В их состав входят: кварцевый песок, глина, специальные добавки.

Формовочные и стержневые смеси должны обладать рядом свойств: газопроницаемостью, прочностью, податливостью, противогригаторностью и др.

**Газопроницаемость** – способность формовочной и стержневой смеси пропускать газы при заливке и кристаллизации металла.

**Пластичность** – это способность смеси легко воспринимать и сохранять форму (хорошо формоваться). Пластичность возрастает при увеличении содержания воды, глины и мелкого песка.

**Прочность** – способность смеси не разрушаться при заполнении формы металлом. Для повышения прочности больших сложных форм в смеси добавляют крепители: жидкое стекло, сульфито-щелочную барду (отходы бумажного производства) и цемент.

**Податливость** – способность смеси не препятствовать усадке при охлаждении отливки. Для увеличения податливости в формовочную смесь добавляют торф, опилки. Сгорая при сушке, они образуют поры и каналы, уменьшающие плотность формы, при этом также увеличивается газопроницаемость.

**Противопригарность** обеспечивается введением в смесь молотого каменного угля (для чугуна), мазута (для медных сплавов). При заливке металла эти добавки сгорают и образуют газовую «рубашку», предохраняющую отливку от пригорания к ней формовочной смеси. С этой же целью сырые формы опыляют молотым древесным углем, кварцем, а сухие – окрашивают специальными формовочными красками.

Стержни по условиям их работы должны обладать повышенной газопроницаемостью, большой прочностью, удовлетворительной податливостью и повышенной противопригарностью. Их изготавливают из **стержневых смесей**, состоящих из кварцевого песка и специальных связующих материалов (3–5%), которые придают стержню прочность после сушки. В качестве связующих применяют крепители различных марок, сульфитную барду и др.

## **1.4. Разработка технологического процесса изготовления отливки в песчано-глинистой форме в парных опоках по разъемной модели на примере отливки из серого чугуна\***

### **1.4.1. Чертеж детали**

Основой для разработки технологического процесса изготовления отливки является чертеж детали (рис. 2,а).

**Поверхности детали**, подвергающиеся механической обработке, условно обозначаются знаком  $\surd$  или  $\surd$  без числового или с числовым обозначением параметра шероховатости, например  $\surd Ra 1,6$ . Знак  $\surd$  означает, что данная поверхность механической обработке не подвергается.

Если шероховатость всех поверхностей одинакова, то знак шероховатости помещают только в правом верхнем углу чертежа.

При указании шероховатости поверхности, преобладающей на данном чертеже, в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение шероховатости этой поверхности и условное обозначение  $\surd$  в скобках, например  $\surd Rz 50(\surd)$ . Это означает, что все поверхности, у которых на

---

\* Рассмотрены основные позиции технологического процесса

чертеже не нанесены обозначения шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед знаком в скобках.

Если часть поверхности детали надо сохранить в состоянии поставки, то в правом верхнем углу чертежа перед обозначением шероховатости в скобках (✓) помещают знак ✓, например ✓(✓). Это означает, что все поверхности, у которых на чертеже не нанесены обозначения шероховатости, должны быть сохранены в состоянии поставки.

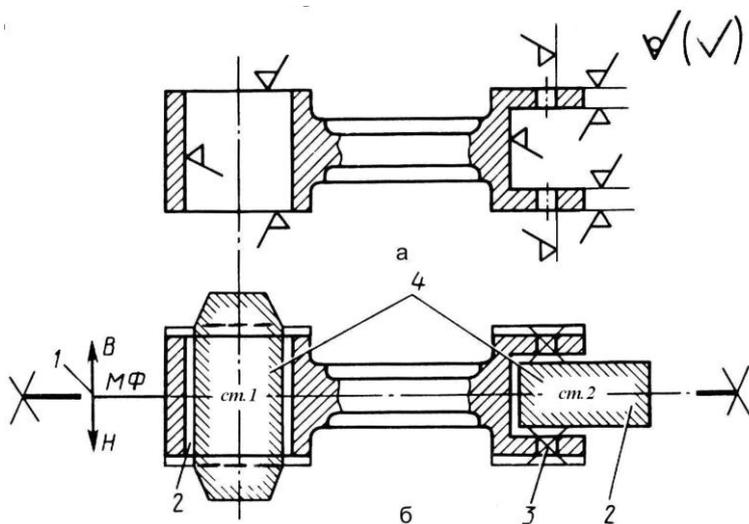


Рис. 2. Эскизы детали (а) и детали с элементами литейной формы (б):  
1 – плоскость разреза; 2 – припуски; 3 – отверстия, не выполняемые литьем; 4 – стержни

### 1.4.2. Чертеж детали с элементами литейной формы

По чертежу детали (рис. 2, а) разрабатывают технологический чертеж детали с элементами литейной формы (рис. 2, б) в следующей последовательности:

1) определяется **плоскость разреза 1** модели и формы для удобства формовки и извлечения модели из формы. В симметричных деталях плоскость разреза обычно проходит через ось симметрии.

Разъем модели и формы показывают отрезком или ломаной штрих-пунктирной линией, заканчивающейся знаком «X - X», над которой указывается буквенное обозначение разреза – «МФ».

Направление разреза показывают сплошной основной линией, ограниченной стрелками и перпендикулярной к линиям разреза. Положе-

ние отливки в форме при заливке обозначают буквами В (верх) и Н (низ). Буквы проставляют у стрелок, показывающих направление разъема формы.

При нескольких разъемах модели и формы каждый разъем показывается отдельно.

Плоскость разъема формы представляет собой поверхность смыкания отдельных полуформ и определяет пространственное расположение отливки в форме. От выбора плоскости разъема зависят конструкция и размеры литейной формы, направление и величина формовочных уклонов, количество необходимых стержней и их конфигурация, расположение литниковой системы и другие технологические характеристики.

Наиболее ответственные части отливки желательно располагать в нижней части формы, так как вверху, при заливке формы металлом, скапливаются шлак и газы;

2) **у поверхностей**, с которых будет сниматься слой металла при последующей механической обработке (на чертеже детали они обозначены соответствующими знаками шероховатости), наносят сплошной тонкой линией, вынесенной за контур детали, **припуски 2** на механическую обработку. Величина припусков определяется по ГОСТ.

Кроме припусков на механическую обработку все размеры детали увеличивают пропорционально величине усадки сплава, из которого будет изготовлена отливка;

3) **отверстия, впадины и т.п., не выполняемые** при изготовлении отливки, зачеркивают сплошной тонкой линией 3;

4) **контуры стержня со стержневыми знаками 4**, выполненными заодно со стержнем, изображаются сплошной тонкой линией. В разрезе стержни штрихуются только у контура. Стержни обозначаются буквами и порядковыми номерами, например «ст.1».

При вертикальном расположении стержней обязательно наличие конусности на их знаках; при горизонтальном расположении стержней конусность знаков не выполняется.

Размеры знаков стержней и зазоры между знаками стержней и модели принимаются по ГОСТ.

### 1.4.3. Чертеж отливки

По чертежу детали с элементами литейной формы (рис. 2, б) разрабатывается чертеж отливки, на котором, в отличие от чертежа детали с элементами литейной формы, наносятся формовочные уклоны и радиусы закруглений (галтели) в местах сопряжений поверхностей (в данной работе чертеж отливки не разрабатывается).

Формовочные и литейные **уклоны** являются обязательными элементами конструкции отливки и служат для беспрепятственного извле-

чения модели из уплотненной песчаной формы. Уклоны назначаются на всех поверхностях отливки, перпендикулярных плоскости разреза формы.

Наружные и внутренние углы в отливке должны иметь закругления (**галтели**). При наличии галтелей литейная форма в таких скругленных углах, после извлечения модели, не осыпается, а отливка не приобретает склонности к появлению трещин, так как устраняются концентраторы напряжений.

#### 1.4.4. Чертеж модели

По чертежу отливки разрабатывается чертеж модели (рис. 3). Модель имеет разъем *1*, стержневые знаки *2, 3* (они окрашены черным цветом), конфигурация которых соответствует конфигурации знаков, указанных на чертеже детали с элементами литейной формы (рис. 2, б; ст. 1 и ст. 2). На модели предусматривают формовочные уклоны *4* на стенках, перпендикулярных плоскости разреза, и радиусы закруглений в местах сопряжения стенок *5* (табл. 1). Размеры моделей выполняют с учетом припусков на механическую обработку, технологических припусков и усадки сплава, из которого изготавливают отливку.

#### 1.4.5. Стержни и стержневые ящики

Для изготовления стержней используют стержневые ящики (рис. 4).

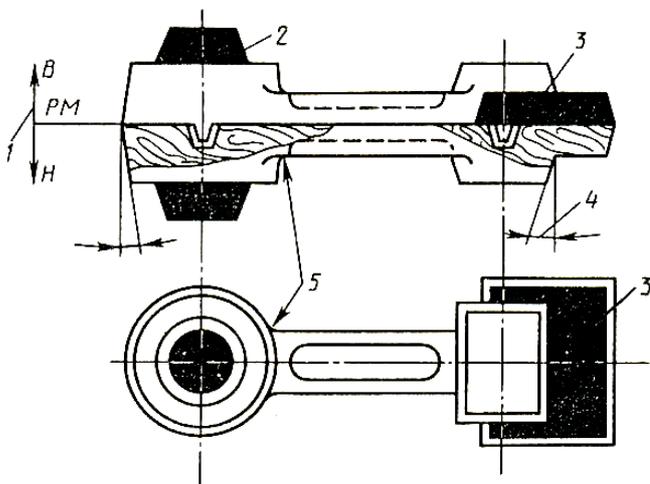


Рис. 3. Эскиз деревянной модели для ручной формовки:  
*1* – разъем модели; *2, 3* – стержневые знаки; *4* – формовочные уклоны;  
*5* – закругления модели (галтели)

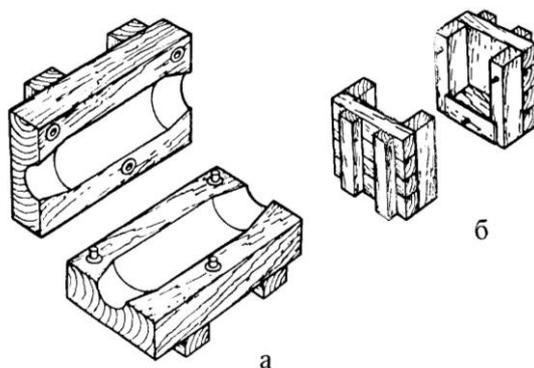


Рис. 4. Деревянные стержневые ящики для ручного изготовления стержней: *a* – для вертикального стержня ст. 1; *б* – для горизонтального стержня ст. 2

Таблица 1

**Формовочные уклоны наружных и внутренних поверхностей деревянных моделей (ГОСТ 3212-80)**

Высота модели от плоскости разреза, мм	До 20	21–50	50–100	101–200	201–300	301–800	801–2000	Свыше 2000
Величина уклона наружной поверхности, град.	3°	1°30'	1°	0°45'	0°30'	0°30'	0°20'	0°15'
Величина уклона внутренней поверхности, град.	3°	2°	1°30'	1°	1°	0°45'	0°30'	0°30'

#### 1.4.6. Эскиз собранной литейной формы и готовой отливки

Эскиз собранной литейной формы (вертикальный разрез) для разрабатываемой технологии изготовления отливки приведен на рис. 5, *a* и готовой отливки с литниковой системой – на рис. 5, *б*.

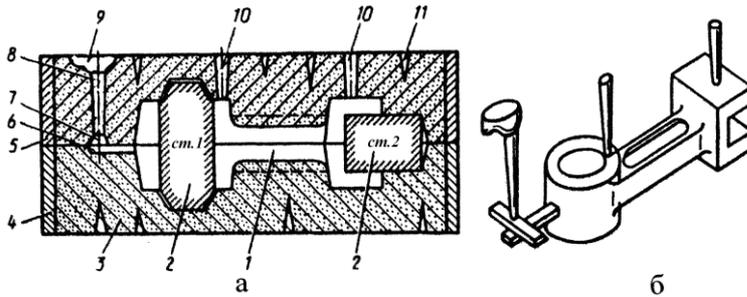


Рис. 5. Эскизы собранной литейной формы (а) и готовой чугуновой отливки с литниковой системой (б): 1 – полости формы; 2 – стержни; 3 – формовочная смесь; 4, 5 – нижняя и верхняя опоки; 6 – питатель; 7 – шлакоуловитель; 8 – стояк; 9 – литниковая чаша; 10 – выпор; 11 – газоотводящие каналы

Литейная форма в сборе состоит из следующих элементов: полости формы 1, стержней 2, формовочной смеси 3, опоки нижней 4, опоки верхней 5, питателя 6, шлакоуловителя 7, стояка 8, литниковой чаши 9, выпоров 10, газоотводящих каналов 11. Обратите внимание на графические изображения элементов литейной формы: полость формы и каналы литниковой системы не штрихуются, стержни заштрихованы у контура.

### 1.5. Изготовление литейной песчано-глинистой формы ручной формовкой в парных опоках по разъемной модели для отливки из серого чугуна

Процесс изготовления литейной песчано-глинистой формы называется **формовка**.

В единичном и мелкосерийном производствах, а также при получении больших отливок применяется ручная формовка. В массовом производстве при получении отливок применяют машинную формовку, при которой механизмируются самые трудоемкие операции – уплотнение смеси и извлечение модели из формы.

Крупные и средние формы ответственного литья, формы сложных отливок из чугуна и стали и стержни подвергаются сушке в специальных сушильных камерах. Это увеличивает их прочность, газопроницаемость, уменьшает выделение газов и образование пригара.

Мелкие отливки из чугуна, цветных сплавов обычно получают заливкой металла в сырые (не высушенные) формы.

Для изготовления формы необходимы модели, стержни, опоки, подмодельные доски, а также такие инструменты как лопатки, сита,

трамбовки, вентиляционные иглы, кисти и щетки, крюки, гладилки, лопатки, ланцеты и др.

**Технологический процесс ручной формовки** осуществляется в следующей последовательности:

1) **изготовление нижней полуформы** (рис. 6, а). На подмодельную доску кладут половину модели без шипов (плоскостью разъема вниз) и устанавливают опоку. Припудрив модель порошком талька или графита, покрывают ее через сито слоем (15–20 мм) облицовочной смеси. Этот слой уплотняют руками, после чего в опоку набрасывают лопаткой наполнительную смесь и уплотняют ее трамбовкой. Перемещая по верхнему краю опоки линейку, удаляют лишнюю формовочную смесь. В формовочной смеси на расстоянии 40–50 мм друг от друга и на 10–15 мм от модели, душником накалывают отверстия для выхода газов. Опоку накрывают второй подмодельной доской и переворачивают на 180°, первую подмодельную доску убирают;

2) **изготовление верхней полуформы** (рис. 6, б). На заформованную половину модели накладывают ее вторую половину, направляя шипы последней в гнезда первой. Поверхность разъема посыпают сухим кварцевым (разделительным) песком. Верхнюю опоку ставят на нижнюю, фиксируют ее положение штырями, которые вставляют в отверстия приливов на опоках. Устанавливают модели шлакоуловителя, стояка и выпоров (брусочки). Верхнюю опоку наполняют формовочными смесями, так же как нижнюю. После уплотнения смеси вокруг стояка гладилкой прорезают литниковую чашу;

3) **извлечение моделей** (рис. 6, в). Из верхней полуформы вынимают модель стояка и выпоров, осторожно раскачивая; снимают верхнюю опоку и переворачивают плоскостью разъема вверх. В плоскости разъема нижней полуформы гладилкой прорезают питательные каналы от шлакоуловителя к полости формы. Смочив водой полоску формовочной смеси на границе с моделью и осторожно поколачивая деревянным молотком по подъемнику, ввинченному в гнездо на модели, вынимают из формы половинки модели и модель шлакоуловителя. Исправляют повреждения формы и удаляют осыпавшуюся землю сухим сжатым воздухом. Поверхность полуформ присыпают порошкообразным графитом или порошком древесного угля;

4) **сборка формы** (рис. 6, в, 6, г). При сборке формы в углубления (знаки) нижней полуформы вкладывают стержень, устанавливают на место верхнюю опоку (полуформу). Полуформы фиксируют штырями и наверх кладут груз, чтобы при заливке расплавленный металл своей тяжестью не сдвинул верхнюю опоку.

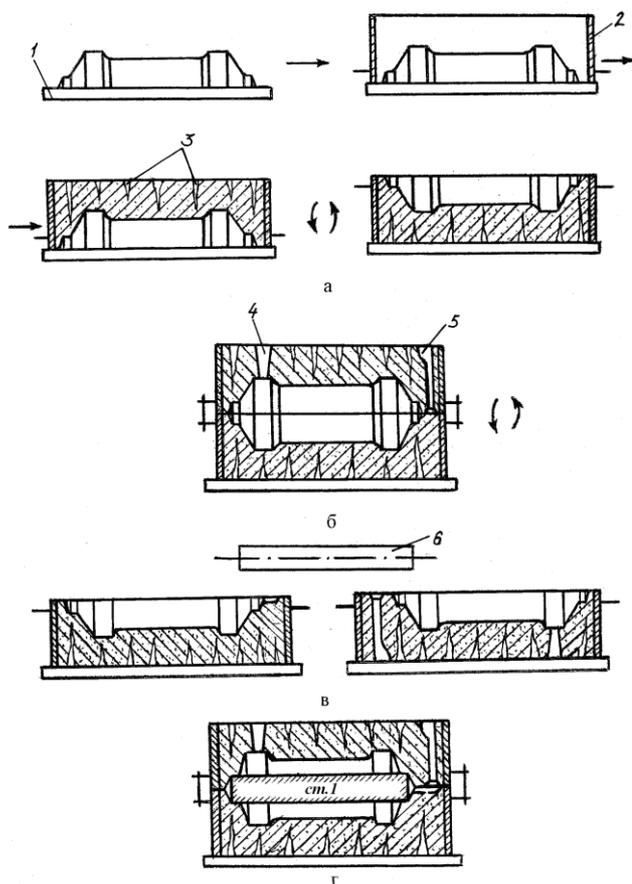


Рис. 6. Последовательность изготовления песчано-глинистой формы ручной формовкой в парных опоках по разъемной модели для отливки втулки: *а, б* – изготовление нижней и верхней полуформ; *в* – извлечение модели; *г* – собранная литейная форма (*1* – подмодельная доска, *2* – опока, *3* – газоотводящие каналы, *4* – выпор, *5* – литниковая система, *6* – стержень)

## 1.6. Заливка формы и выбивка отливки

Чугун плавят в печах – вагранках, пламенных и электрических печах.

Жидкий металл заливают в форму ковшом до тех пор, пока он, поднимаясь снизу, не заполнит до верха выпоры. После затвердевания

металла и определенной выдержки, необходимой для охлаждения отливки, ее выбивают из формы. После чего из отливки выбивают стержень, обрубает и зачищают литниковую систему, очищают отливку от пригоревшей земли и производят контроль.

## **1.7. Литье в кокиль**

### **1.7.1. Общая характеристика и особенности литья в кокиль**

**Литье в кокиль** – это процесс получения отливок в металлических формах изготовленных из стали, чугуна, медных и алюминиевых сплавов и др.

Способ литья в кокиль имеет ряд преимуществ перед литьем в песчаные формы: металлическая форма является многооборотной и выдерживает от нескольких сот до десятков тысяч заливок в зависимости от сплава, заливаемого в форму; отливки, полученные в кокиле, имеют большую точность размеров и высокую чистоту поверхности, требуют меньшего припуска на механическую обработку; структура металла отливки получается более мелкозернистой, вследствие чего повышаются ее механические свойства; устраняется необходимость в формовочной смеси; улучшаются технико-экономические показатели производства и его экологическая чистота.

К недостаткам способа относятся высокая трудоемкость изготовления кокилей; большая стоимость изготовления формы; повышенная теплопроводность формы, что может привести к пониженной заполняемости форм расплавленным металлом вследствие быстрой потери его жидкотекучести; возможное получение поверхностного отбела (образование цементита  $Fe_3C$ ) у чугунных отливок, что затрудняет их механическую обработку.

Отливки при литье в кокиль изготавливают из стали, чугуна и сплавов цветных металлов.

Кокиль для простых отливок изготавливают из двух разъемных частей, соответствующих верхней и нижней полуформам при литье в песчаные формы. Для сложных отливок форму изготавливают из нескольких разъемных частей. Наиболее распространены кокили с вертикальным разъемом, с горизонтальным разъемом и неразъемные (вытряхные). Неразъемные кокили применяют для отливок, имеющих внешние очертания без выступающих частей.

Кокили можно изготавливать литьем, методами порошковой металлургии, резанием и др.

Удаление газа из рабочей полости кокиля, во время заливки металла, осуществляется через выпоры и газоотводные каналы по разьему формы. Газоотводные каналы также выполняют и на стенках рабочих полостей формы.

Для получения отверстий и полостей в отливках применяют песчаные и металлические стержни.

Для предотвращения физико-химического взаимодействия расплавленного металла с формой на предварительно подогретую до 100–150° С рабочую поверхность кокиля ровным слоем наносят кистью или пульверизатором огнеупорные покрытия (пылевидный кварц, молотый шамот, графит, огнеупорную глину, мел, тальк и связующее вещество, которым чаще всего является жидкое стекло) (табл. 2). Полости литниковой системы также покрывают специальной обмазкой, чтобы увеличить термическое сопротивление стенок кокиля и предотвратить чрезмерное охлаждение металла при движении в каналах литниковой системы.

Таблица 2

**Составы теплоизоляционных покрытий (облицовок)**

Сплавы	Состав покрытия	Содержание компонентов, % по массе	Характеристика отливок по массе
1	2	3	4
Стали	Пылевидный кварц Сульфитно-спиртовая барда плотностью 1,43 г/см <sup>3</sup>	60 40	мелкие
	Циркон Вода	92 8	крупные
Чугуны	Сажа Глинистая эмульсия (1 мас. ч. глины огнеупорной и 4 мас. ч. воды) Жидкое стекло Вода	15 15 7,3 62,7	разные
	Огнеупорная глина Жидкое стекло Вода Марганцовокислый калий	10 5 85 6 г на 1 кг облицовки	мелкие и средние
Алюминиевые	Шамот Каолин Связующие	50 35 15	мелкие и средние
Медные	Веретенное масло Графит	96 4	разные

1	2	3	4
Магниевые	Мел Борная кислота Вода	6 3 91	разные

При сборке кокилей в определенной последовательности устанавливают стержни, проверяют точность их установки и закрепления, соединяют половинки кокиля и скрепляют их.

С целью повышения заполняемости формы расплавом и тем самым улучшения качества отливок, кокили нагревают до оптимальной (для каждого сплава своей) температуры в пределах 115–475° С (табл. 3).

Таблица 3

### Температура нагрева кокиля

Заливаемые сплавы	Характеристика отливок	Температура нагрева кокиля, °С
Алюминиевые	Толщина стенок: до 3 мм с ребрами, до 8 мм без ребер, более 8 мм без ребер	470–490 250–350 200–250
Магниевые	Тонкостенные до 8 мм Толстостенные более 8 мм	350 250
Стали	Тонкостенные до 8 мм Толстостенные более 8 мм	300 150
Чугуны	Толщина стенок: до 5 мм, 5–10 мм, 10–20 мм, 20–40 мм	400–450 300–400 250–300 150–250
Медные	Толщина стенок: до 3 мм, более 3 мм	120–250 100–150
Свинцовые	-	100–150

Подвод металла в кокили осуществляется сверху, снизу (сифоном) или сбоку через щелевые питатели. Заливку металла осуществляют разливочными ковшами или автоматическими заливочными устройствами. Температура заливки некоторых сплавов в кокиль приведена в табл. 4.

Температура заливки сплавов

Заливаемые сплавы	Толщина стенки отливки, мм	Температура заливки, °С
Стали углеродистые и низколегированные	10–20	1560–1540
	20–25	1560–1535
	25–30	1555–1535
	30–75	1550–1530
Стали высоколегированные	–	1465–1390
Чугуны	5–10	1400–1340
	10–40	1360–1300
	>40	1350–1280
Бронзы Латуни	– –	1250–1130 1100–980
Алюминиевые сплавы	–	850–700
Свинцовые сплавы	–	350–300

Отливки охлаждают до температуры выбивки, составляющей 0,6–0,8 температуры солидуса сплава, и вынимают или выталкивают из кокиля.

После этого отливки подвергают обрубке, очистке и, в случае необходимости, термической обработке.

Эскиз собранной литейной металлической формы представлен на рис. 7.

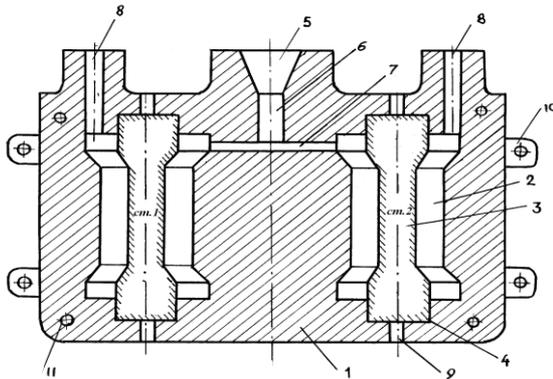


Рис. 7. Эскиз сечения собранной металлической формы:

1 – корпус кокиля; 2 – литейная форма; 3 – стержень; 4 – знак стержня; 5 – литниковая чаша; 6 – стояк; 7 – питатель; 8 – выпор; 9 – вентиляционный канал; 10 – прилив; 11 – центрирующий штифт

### 1.7.2. Технологический процесс кокильного литья

Технологический процесс литья в кокиль сводится к следующим основным операциям:

- 1) очистка рабочей поверхности кокиля и каналов литниковой системы от остатков отработанного покрытия, загрязнений и ржавчины;
- 2) предварительный подогрев кокиля до 100–150°C;
- 3) нанесение на рабочие поверхности кокиля специальных теплоизоляционных слоев и теплозащитных красок;
- 4) сборка формы (установка стержней, соединение полуформ);
- 5) нагрев кокиля до оптимальной температуры;
- 6) заливка расплава в форму;
- 7) охлаждение отливки;
- 8) разборка кокиля и извлечение отливки;
- 9) обрубка, очистка и термическая обработка отливки.

### 1.8. Дефекты отливок

Дефекты отливок подразделяют на наружные и внутренние.

Наружные дефекты выявляются внешним осмотром и измерениями, внутренние – неразрушающими методами контроля (рентгеновской дефектоскопией, исследованием макроструктуры, по изломам и др.).

К **наружным дефектам** относят пригар, вскипы, недоливы, ужимины, газовые раковины, шлаковые и флюсовые включения, горячие и холодные трещины, несоответствие размеров отливок размерам чертежа, усадочные раковины и рыхлоты, плены.

К **внутренним дефектам** относят газовую пористость, плены из окислов металла, усадочные раковины, шлаковые и флюсовые включения, газовые раковины, ликвации, крупнозернистую и столбчатую структуры.

**Пригар** – грубая, шероховатая поверхность отливки.

**Вскипы** – окисные складки, образовавшиеся при «кипении» металла.

**Недоливы** – незаполнение формы металлом.

**Ужимины** – длинные узкие вмятины на теле отливки.

**Усадочные раковины** и **рыхлоты** – углубления и пустоты различной формы и размеров.

**Газовые раковины** – углубления, располагающиеся в большинстве своем в наиболее массивных частях.

**Шлаковые** и **флюсовые включения** наиболее часто появляются в местах изменения толщины стенок, в массивных частях отливки, в местах, близких к выпорам.

**Горячие трещины** возникают при кристаллизации отливок.

**Холодные трещины** возникают при охлаждении отливки.

**Плены** – самостоятельный металлический или окисный слой на поверхности отливки.

**Газовая пористость** обычно располагается по всему объему отливки, особенно в ее массивных частях.

**Ликвация** – химическая неоднородность металла отливки.

## Тема 2. ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ

### 2.1. Обработка металлов давлением

#### 2.1.1. Общая характеристика

**Обработка металлов давлением** – это технологический процесс получения деталей и заготовок методом пластического деформирования металла исходной заготовки под действием внешних сил без разрушения.

На величину пластической деформации, которую можно достичь без разрушения, оказывают влияние такие факторы, как механические свойства деформируемого сплава, температурно-скоростные условия деформирования, схема напряженного состояния, условия трения на поверхности контакта металла и инструмента и др.

**Процессы** обработки металлов давлением **по назначению** подразделяют на два вида: для получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине (прутков, труб, лент, листов, проволоки) и для получения деталей или заготовок (полуфабрикатов), приближенных по форме и размерам к готовым деталям.

Основными способами получения заготовок постоянного поперечного сечения по длине являются прокатка, прессование и волочение. Ковка и штамповка – это основные способы получения заготовок (полуфабрикатов) и деталей. Штамповка, в зависимости от формы получаемого изделия, подразделяется на объемную и листовую.

Заготовки постоянного поперечного сечения по длине применяют в строительных конструкциях и в качестве заготовок для изготовления из них деталей другими методами обработки давлением или обработкой резанием.

**Прокатка** – это обжатие заготовки 2 между вращающимися валками 1 (рис. 8, а). Силами трения  $P_{тр}$  заготовка втягивается между валками, а силы  $P$ , нормальные к поверхности валков, уменьшают поперечные размеры заготовки. Основным оборудованием при прокатке являются прокатные станы, инструментом – валки, исходными заготовками – слитки. Изделия, получаемые при прокатке, называют **прокат**.

**Прессование** – это продавливание давящим инструментом 4 исходной заготовки 2, из замкнутой формы 3, через отверстие матрицы 1,

которое соответствует форме и размерам получаемой заготовки 5 (рис. 8, б). Основным оборудованием при прессовании являются прессы; исходными заготовками – слитки или прокат; инструмент для прессования состоит из контейнера, матрицы, давящего инструмента (пуансона), иглы и иглодержателя (для прессования полых профилей и труб).

**Волочение** – протягивание заготовки 2 через сужающуюся полость матрицы 1; площадь поперечного сечения заготовки уменьшается и получает форму поперечного сечения отверстия матрицы (рис. 8, в). Основным оборудованием при волочении являются волочильные станы, инструментом – волокни (матрицы), исходными заготовками – прокатанные или прессованные прутки и трубы.

**Ковка** – это вид обработки давлением, при котором изменяют форму и размеры заготовки 2 путем последовательного воздействия (обычно ударами) универсальным инструментом 1 на отдельные участки заготовки (рис. 8, г). Основным оборудованием при ковке являются молоты и прессы; инструментом – плоские или фигурные бойки, а также подкладные плиты, обжимки, оправки, прошивни, топоры и др.; исходными заготовками – слитки или прокат.

**Объемная штамповка** – вид обработки давлением, при котором формируется объемное изделие с помощью специализированного инструмента – штампа 1; при этом металл заготовки заполняет полость штампа, приобретая ее форму и размеры (рис. 8, д). Основным оборудованием при объемной штамповке являются молоты, прессы, горизонтально-ковочные машины; инструментом – штампы; исходными заготовками – прокат круглого, квадратного и прямоугольного сечения, а также периодический прокат.

**Листовая штамповка** – вид обработки давлением, при котором формируются плоские и пространственные полые изделия 3 из заготовок с толщиной значительно меньше их размеров в плане (рис. 8, е). В качестве оборудования при листовой штамповке используют прессы; инструмента – штампы различной конструкции, основными частями которых являются пуансон 1 и матрица 2; исходными заготовками – полученные прокаткой листы, ленты и полосы.

Преимуществами обработки металлов давлением, например по сравнению с обработкой резанием, являются меньший отход обрабатываемого металла, более высокая производительность труда, увеличенный диапазон деталей по массе и размерам, возможность получать изделия с высокой прочностью, износостойкостью и др.

Методами обработки давлением изготавливают детали кузова, рамы и капот автомобилей; радиаторы, змеевики; детали крепежа (шаровые пальцы, болты, шпильки, гайки и др.); валы, полуоси, шестерни и др.

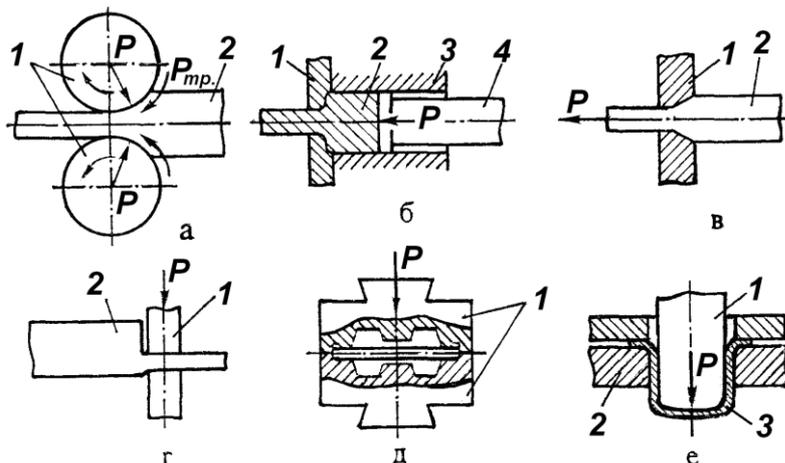


Рис. 8. Схемы обработки металлов давлением: а – прокатка; б – прессование; в – волочение; г – ковка; д – объемная штамповка; е – листовая штамповка

В зависимости от температурно-скоростных условий деформирования различают холодную и горячую деформации.

**Деформацию** называют **холодной**, если ее проводят при температуре ниже температуры рекристаллизации, и **горячей**, если – выше температуры рекристаллизации.

Для большинства сплавов

$$T_{рекр.} = (0,7 - 0,75) T_{пл.},$$

где  $T_{рекр.}$  – температура рекристаллизации сплава;  $T_{пл.}$  – температура плавления сплава.

### 2.1.2. Холодная пластическая деформация

При холодной деформации сплавов происходит изменение их структуры и, как следствие, – механических и физико-химических свойств. Это явление называется **наклепом**.

Наклеп вызывает увеличение твердости и прочности сплавов и резкое снижение пластичности, что не позволяет продолжить их деформирование в связи с опасностью разрушения металла. Устраняют наклеп термической обработкой. Полностью его снимает такая термическая обработка, как **рекристаллизационный отжиг**, который заключается в нагреве холоднодеформированной стали выше температуры начала рекристаллизации, выдержке при этой температуре и последующем мед-

ленном охлаждении. После рекристаллизации структура наклепанного сплава восстанавливается, металл разупрочняется и его пластичность повышается. Рекристаллизационный отжиг используют в качестве межоперационной смягчающей обработки при холодной обработке давлением. Температура отжига обычно выбирается на 100-200 °С выше температуры рекристаллизации.

Холодная деформация без нагрева заготовки позволяет получать большую точность размеров и лучшее качество поверхности по сравнению с обработкой давлением при высоких температурах.

### 2.1.3. Горячая пластическая деформация

При горячей обработке давлением в металле протекают одновременно процессы упрочнения и разупрочнения. Пластическая деформация оказывает упрочняющее влияние на сплав, повышенная температура вызывает его разупрочнение.

Горячая деформация характеризуется таким соотношением скоростей деформирования и рекристаллизации, при котором рекристаллизация успевает произойти во всем объеме заготовки и микроструктура после обработки давлением оказывается без следов упрочнения. Сопротивление деформированию в горячем состоянии примерно в 10–15 раз меньше, чем при холодной деформации. Поэтому горячую деформацию целесообразно применять при обработке труднодеформируемых, малопластичных металлов и сплавов.

Область температур между началом и окончанием обработки давлением, в которой сплав обладает наилучшей пластичностью и минимальным сопротивлением деформации, называется **температурным интервалом** горячей обработки давлением, и определяют его с учетом диаграмм состояния сплавов. Каждый сплав имеет свой строго определенный температурный интервал горячей обработки давлением.

Если нагреть сплав выше температуры, близкой температуре плавления, происходит окисление границ его зерен и металл охрупчивается. Это явление называется **пережогом**. Пережог металла – неисправимый брак. При нагреве металлов и сплавов выше температуры начала горячей обработки, но ниже температуры пережога, начинается интенсивный рост зерен и сплав становится хрупким. Это явление называется **перегревом**. В большинстве случаев перегрев можно устранить термической обработкой (отжигом или нормализацией). Таким образом температуру начала горячей обработки давлением следует назначать такой, чтобы не было пережога и перегрева. Температура окончания процесса горячей обработки давлением должна быть как можно ниже, во избежание роста зерен, но не ниже температуры, при которой происходит наклеп. Так, например, для углеродистой стали температуру начала горя-

чего деформирования выбирают по диаграмме состояния железо-углерод на 100-200 °С ниже температуры плавления выбранной стали, а температуру конца деформирования принимают на 50-100 °С выше температуры рекристаллизации.

Помимо пережога и перегрева сплава при горячей обработке давлением происходит его окисление и на поверхности нагреваемой заготовки образуется окалина, что приводит к потере металла на угар. При высоких температурах на поверхности стальной заготовки интенсивно окисляется не только железо, но и углерод. Происходит обезуглероживание стали.

Нагрев заготовок для горячей обработки давлением осуществляют в нагревательных печах и электронагревательных устройствах.

## 2.2. Горячая объемная штамповка и ее особенности

Горячей объемной штамповкой получают заготовки для ответственных деталей автомобилей, тракторов, различных машин, станков и т.д. (валы, оси, шестерни, шатуны и др.). Этим способом можно изготавливать детали массой от нескольких граммов до нескольких тонн (обычно до 200-300 кг).

Штамповка, по сравнению с ковкой, имеет ряд достоинств: высокую производительность, точность изготовления и хорошее качество поверхности получаемых изделий, возможность получения изделий сложной конфигурации. Основным недостатком штамповки является высокая стоимость штампа.

**Горячая объемная штамповка (ГОШ)** – это вид обработки металлов давлением, при котором формообразование поковки осуществляется пластическим деформированием нагретой заготовки в специальном инструменте – штампе.

**Поковка**- это изделие, получаемое ковкой или объемной штамповкой.

**Штамп** – это инструмент, представляющий собой металлическую форму, полость которой соответствует конфигурации изготавливаемой поковки и состоящий, как правило, из двух, а иногда и более частей, т.е. имеет не одну, а несколько поверхностей разъема.

Полости в верхней и нижней частях штампа называются **ручьями**.

Течение металла в штампе ограничивается ручьями штампа и в конечный момент штамповки при смыкании они образуют единую замкнутую полость, соответствующую по конфигурации поковке.

По количеству ручьев в штампе различают **одноручьевые** и **мноручьевые штампы**. Одноручьевые штампы применяют для изготовления изделий простой формы и для штамповки заготовок, предварительно подготовленных, т.е. приближенных к форме готовой поковки,

например, ковкой. Многоручьевые штампы используют для изготовления поковок сложной формы. **Ручьи** многоручьевых штампов подразделяют на **заготовительные**, где выполняют операции протяжки, гибки и др.; **штамповочные** – придающие заготовке окончательную форму; **отрезные**, в которых отделяют готовую поковку от прутка. Поковка в многоручьевых штампах формируется последовательно – сначала в заготовительных, а затем штамповочных и отрезных ручьях. Обработку заготовки в одном ручье штампа называют **переходом штамповки**.

По способу изготовления поковок горячую объемную штамповку разделяют на **штамповку в открытых штампах** и **штамповку в закрытых штампах** (рис. 9, а, б). **Открытыми** называют штампы, в которых вдоль всего внешнего контура штамповочного ручья в поверхности разъема сделана канавка. При штамповке часть металла вытесняется в канавку, образуя слой металла, называемый **облой** или **заусенец**. Штампы, в которых металл заготовки деформируется в замкнутой полости, называются **закрытыми**. Штамповку в них выполняют без заусенца. В большинстве случаев применяют штамповку в открытых штампах, так как, в отличие от закрытых, в них можно изготавливать поковки как простой, так и сложной формы.

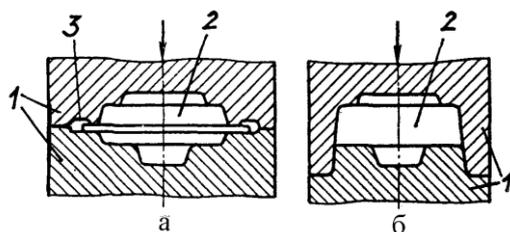


Рис. 9. Схемы штамповки в открытом (а) и закрытом (б) штампах:  
1 – половины штампа; 2 – поковка; 3 – заусеничная канавка

В качестве **оборудования при ГОШ** используют штамповочные паровоздушные молоты, кривошипные горячештамповочные прессы, горизонтально-ковочные машины, гидравлические прессы и др. Особенно широко используют кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП) благодаря ряду преимуществ, например, по сравнению с молотами – повышенной точности размеров поковок, увеличенному коэффициенту использования металла, более высокой производительности, большему коэффициенту полезного действия, сниженной себестоимости продукции.

**Исходными заготовками** для объемной штамповки могут быть слитки, литые профильные заготовки, сортовой прокат, прессованные прутки из черных и цветных сплавов. Слитки являются заготовками для

крупных поковок. Для большинства же штампованных поковок используют прокат в виде прутков круглого или квадратного сечения. Исходные заготовки разрезают на штучные заготовки необходимой длины.

Поковки удлиненной формы, характеризующиеся значительной величиной отношения длины к средней ширине в плане (в плоскости разъема), штампуются перпендикулярно оси заготовки (**штамповка плашмя**). Поковки круглые и квадратные в плане или близкие к этой форме с двумя примерно равными размерами в плане во взаимно перпендикулярных направлениях штампуются вдоль оси заготовки (**штамповка осадкой в торец**). При этом способе обычно применяют в качестве заготовительного ручья площадку для осадки и окончательный ручей.

Перед штамповкой исходная заготовка нагревается до необходимой температуры и помещается в нижнюю неподвижную половину штампа. Под действием ударов или нажатия верхней части штампа металл заготовки заполняет полости штампа, формируя поковку.

## **2.3. Разработка технологического процесса изготовления поковки в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе\***

### **2.3.1. Чертеж поковки**

Основой для разработки технологического процесса изготовления поковки является чертеж детали (рис. 10). По чертежу детали разрабатывается чертеж поковки (рис. 11) в следующей последовательности:

1) выбирается поверхность разъема штампа (обычно в виде плоскости или сочетания плоскостей), по которым половины штампа соприкасаются между собой. Выбранная плоскость разъема должна обеспечивать свободную выемку поковки из штампа. Желательно, чтобы полости штампа имели наименьшую возможную глубину и наибольшие ширину и длину. Если поковка несимметрична, то глубокие полости должны располагаться в верхней половине штампа, так как вверх металл течет лучше. На рис. 12 приведены примеры выбора поверхности разъема;

2) **устанавливаются припуски** на механическую обработку и **допуски** (допустимые отклонения размеров поковок от номинальных) на поверхности поковки по ГОСТ 7505-89 (таблицы 47, 48 приложения 5). Для этого необходимо определить класс точности и степень сложности поковки, группу стали, расчетную массу поковки, шероховатость и размеры поверхности, на которую назначаются припуск и допуск. Шероховатость поверхности и размеры указаны на чертеже детали.

**Расчетная масса поковки** ( $M_{н.р.}$ , кг) находится по формуле

---

\* Рассмотрены основные позиции технологического процесса

$$M_{н.р.} = M_{д.} \times K_{р.},$$

где  $M_{д.}$  – масса детали, кг;  $K_{р.}$  – расчетный коэффициент, устанавливаемый по ГОСТ 7505-89 (табл. 5).

Таблица 5

Коэффициент ( $K_{р.}$ ) для определения ориентировочной расчетной массы поковки (ГОСТ 7505-89)

Группа	Характеристика детали	Типовые представители	$K_{р.}$
1	Удлиненной формы		
1.1	С прямой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны	1,3–1,6
1.2	С изогнутой осью	Рычаги, сошки рулевого управления	1,1–1,4
2	Круглые и многогранные в плане		
2.1	Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5–1,8
2.2	Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,3–1,7
2.3	С отрезками	Крестовины, вилки	1,4–1,6
3	Комбинированной (сочетающей элементы групп 1-й и 2-й) конфигурации	Кулаки поворотные, коленчатые валы	1,3–1,8
4	С большим объемом необрабатываемых поверхностей	Балки передних осей, рычаги переключения коробок передач, буксирные крюки	1,1–1,3
5	С отверстиями, углублениями, поднутрениями, не оформляемыми в поковке при штамповке	Полые валы, фланцы, блоки шестерен	1,8–2,2

**Масса детали** ( $M_{д.}$ , г) определяется по формуле

$$M_{д.} = V_{д.} \times \gamma,$$

где  $V_{д.}$  – объем детали, см<sup>3</sup>;  $\gamma$  – плотность металла (для стали  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>).

**Объем детали** подсчитывается как сумма составляющих ее элементарных объемов простой формы (цилиндра, сферы, конуса и т.п.).

Также, для назначения припусков и допусков, необходимо определить исходный индекс (табл. 6, 7). **Исходный индекс** – это условный показатель, учитывающий в обобщенном виде сумму конструктивных характеристик (класс точности, группу стали и др.) и массу поковки.

Таблица 6

Определение исходного индекса

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковок				Класс точности поковок					Исходный индекс
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 включ.													1
Св.0,5 до 1,0 "													2
" 1,0 " 1,8 "													3
" 1,8 " 3,2 "													4
" 3,2 " 5,6 "													5
" 5,6 " 10,0 "													6
													7

Таблица 7

Определение исходного индекса (ГОСТ 7505-89)

Масса поковки, кг	Группа стали			Степень сложности поковки				Класс точности поковки					Исходный индекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 включ.														1
Св.0,5 до 1,0 "														2
" 1,0 " 1,8 "														3
" 1,8 " 3,2 "														4
" 3,2 " 5,6 "														5
" 5,6 " 10,0 "														6
" 10,0 " 20,0 "														7
" 20,0 " 50,0 "														8
" 50,0 " 125,0 "														9
"125,0 " 250,0 "														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Для определения исходного индекса в графе «Масса поковки» находят соответствующую данной массе строку и, смещаясь по горизонтали вправо или по утолщенным наклонным линиям вправо вниз до пересечения с вертикальными линиями, соответствующими заданным значениям группы стали  $M$ , степени сложности  $C$ , класса точности  $T$ , устанавливают исходный индекс (от 1 до 23).

**Примеры определения исходного индекса** (табл. 6):

1. Поковка массой 0,5 кг, группа стали  $M1$ , степень сложности  $C1$ , класс точности  $T2$ . Исходный индекс – 3.

2. Поковка массой 1,5 кг, группа стали  $M3$ , степень сложности  $C2$ , класс точности  $T1$ . Исходный индекс – 6.

В таблицах 47, 48 приложения 5 припуски приведены на одну сторону детали, а допуски – на полный размер поковки. При обработке детали с двух сторон припуск на размер поковки необходимо удвоить;

3) **назначаются напуски, штамповочные уклоны, радиусы закруглений.**

Кузнечные напуски могут быть образованы на поковке штамповочными уклонами, радиусами закругления внутренних углов, непробиваемой перемычкой в отверстиях и невыполнимыми в штамповочных операциях полостями. **Напуск** – это дополнительный объем металла, добавляемый к поковке для упрощения ее формы, если изготовление поковки в соответствии с контуром детали невозможно или затруднено.

**Штамповочные уклоны** назначают на все поверхности поковки, перпендикулярные плоскости разъема штампа. При штамповке на кривошипном прессе с выталкивателем штамповочные уклоны на наружной поверхности можно принять равными  $5^\circ$ , а на внутренней –  $7^\circ$ . Штамповочные уклоны назначают сверх припуска.

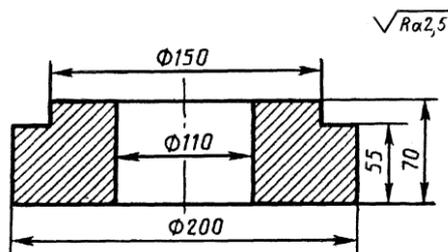


Рис. 10. Эскиз детали

Все пересекающиеся поверхности поковки сопрягаются по **радиусам**. Радиусы закруглений подразделяют на наружные и внутренние. Они необходимы для лучшего заполнения полости штампа металлом и снижения концентрации напряжений в местах их расположения. На-

ружные радиусы закруглений назначают по ГОСТ 7505-89. Внутренние радиусы закруглений примерно в 3 раза больше соответствующих наружных радиусов;

4) при наличии отверстий в поковках определяют **толщину перемычки под пробивку**. При горячей объемной штамповке на кривошипном горячештамповочном прессе в штампах с одной плоскостью разъема сквозное отверстие в поковке получить нельзя, поэтому делают наметку под отверстие с оставлением перемычки (внутреннего облоя), удаляемой впоследствии в специальных штампах. Диаметр наметки выбирают меньше требуемого отверстия с учетом припусков на механическую обработку и уклонов на внутренней поверхности. Толщину перемычки можно принять равной 0,1 диаметра отверстия. Отверстия диаметром менее 30 мм штамповкой не выполняются.

5) на основании полученных размеров поковки **оформляется чертеж поковки** с соблюдением общепринятых правил выполнения чертежей поковок (рис. 11):

- контур готовой детали вычерчивают на чертеже поковки тонкой штрихпунктирной линией с двумя точками;
- плоскость разъема штампа изображают тонкой штрихпунктирной линией с одной точкой, обозначенной на концах **X- X**;
- контур поковки вычерчивают сплошной линией нормальной толщины;
- показывают припуски, уклоны, напуски, скругления, а в плоскости разъема штампа – перемычки в отверстиях поковки, если таковые имеются;
- проставляют на чертеже размеры поковки с учетом припусков;
- допуски (верхнее и нижнее отклонения размеров) обозначают цифрами со знаками плюс и минус, расположенными справа и выше размера поковки.

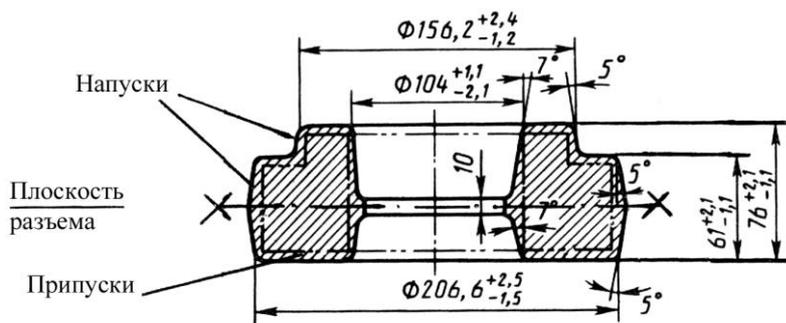


Рис. 11. Эскиз поковки

### 2.3.2. Определение массы и размеров исходной заготовки

**Объем заготовки** ( $V_{заг.}$ , см<sup>3</sup>) можно определить по формуле

$$V_{заг.} = (V_{пок.} + V_{обл.}) \times \frac{100 + \delta}{100},$$

где  $V_{пок.}$  – объем поковки, см<sup>3</sup>;  $V_{обл.}$  – объем облоя, см<sup>3</sup>;  $\delta$  – потери металла на угар при нагреве заготовки, % (принимаются равными 1,5–3% от массы поковки при нагреве в пламенных печах, при электронагреве – 0,5–1%).

Расчет **объема поковки** ( $V_{пок.}$ ) следует выполнять по эскизу поковки, разбивая весь объем на элементы, представляющие собой правильные геометрические тела.

**Объем облоя** ( $V_{обл.}$ , см<sup>3</sup>) вычисляется по формуле

$$V_{обл.} = (0,5 - 0,8) F_{обл.} \times \Pi_{пок.},$$

где  $F_{обл.}$  – площадь поперечного сечения канавки для облоя, см<sup>2</sup>;

$\Pi_{пок.}$  – периметр поковки в плоскости разреза штампа, см.

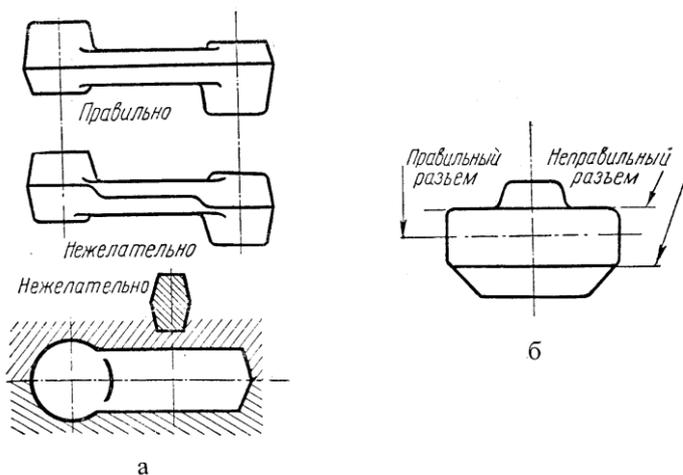


Рис. 12. Выбор плоскости разреза:

*а* – предпочтение отдается плоской, а не сложной поверхности разреза;

*б* – контуры полостей по плоскости разреза в верхней и нижней частях штампа должны быть максимально одинаковы

Большее значение численного коэффициента берется для поковок сложной формы (группа С4), а меньшее – для простых поковок

(группа С1). Ориентировочные значения площади поперечного сечения канавки для заусенца приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Площади поперечного сечения канавки для облоя ( $F_{обл}$ ) в зависимости от массы поковки ( $M_{пок}$ )**

$M_{пок}$ , кг	до 0,5	0,5–1,5	1,5–5	5–12
$F_{обл}$ , см <sup>2</sup>	1,1	1,6	2,4	3,2
$M_{пок}$ , кг	12–25	25–40	40–100	свыше 100
$F_{обл}$ , см <sup>2</sup>	4,2	5,3	11,5	19,5

**Масса поковки** ( $M_{пок}$ , г) определяется по формуле

$$M_{пок} = \gamma \times V_{пок},$$

где  $\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>;

$V_{пок}$  – объем поковки, см<sup>3</sup>.

**Массу исходной заготовки** ( $M_{заг}$ , г) можно определить по формуле

$$M_{заг} = \gamma \times V_{заг}.$$

Исходя из массы детали и заготовки определяют **коэффициент использования металла** ( $K$ ) по формуле

$$K = \frac{M_o}{M_{заг}} \times 100\%.$$

При изготовлении поковок осадкой в торец отношение  $m$  длины заготовки ( $L_{заг}$ ) к ее диаметру ( $D_{заг}$ ) или к стороне квадратной заготовки ( $A_{заг}$ ) должно составить 1,25–2,8.

$$m = \frac{L_{заг}}{D_{заг}} = \frac{L_{заг}}{A_{заг}} = 1,25 - 2,8.$$

Наиболее часто принимают  $m = 2,5$ .

При  $m < 2,5$  заготовку трудно отрезать, а при  $m > 2,5$  возможен продольный изгиб заготовки при деформировании.

Задаваясь значением коэффициента  $m$ , находим **диаметр заготовки** ( $D_{заг}$ , см) или **сторону квадратной заготовки** ( $A_{заг}$ , см) по формулам

$$D_{заг} = 1,08 \times \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m}}, \quad A_{заг} = \sqrt[3]{\frac{V_{заг}}{m}}$$

и длину штучной заготовки ( $L_{заг}$ , см)

$$L_{заг} = \frac{4V_{заг}}{\pi D_{заг}^2}$$

Далее необходимо **подобрать по сортаменту** заготовку размерами  $D_{заг}$  или  $A_{заг}$ , ближайшими к полученным расчетным.

Сортамент круглого в сечении проката стали по ГОСТ 2590-88 (диаметр, мм): 5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43; 44; 45; 46; 47; 48; 50; 52; 53; 54; 55; 56; 58; 60; 62; 63; 65; 67; 68; 70; 72; 75; 78; 80; 82; 85; 87; 90; 92; 95; 97; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190; 195; 200.

Сортамент квадратного в сечении проката стали по ГОСТ 2591-88 (сторона квадрата, мм): 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 32; 34; 35; 36; 38; 40; 42; 45; 46; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 63; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 93; 95; 100; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 160; 170; 180; 190; 200.

### 2.3.3. Определение температурного интервала горячей штамповки

Температурный интервал горячей штамповки можно определить, пользуясь справочными данными (табл. 9).

Таблица 9

**Температурный интервал горячей штамповки**

Марка стали	Предел прочности стали после отжига или нормализации $\sigma_{\theta}$ , Н/мм <sup>2</sup> (МПа)	Рекомендуемый интервал температур штамповки, °С	
		начала	конца
1	2	3	4
20	420	1250	800
25	460		
30	500		
35	540		
40	580	1200	800
45	610		
50	640		

Окончание табл. 9

1	2	3	4
15X	630	1200	800
20X	630		
30X	660	1180	820
45X	800	1180	830
18ХГТ	700	1180	800
40ХС	890	1150	830
30ХМА	800	1180	850
20ХН	690	1200	800
40ХН	760	1180	830
12ХНЗА	610	1180	800
20ХНЗА	610	1170	800
20ХГСА	700	1160	830
30ХГСА	800	1140	830
40ХНМА	940	1160	850

Таблица 10

**Поправочный коэффициент (*m*)**

Объем заготовки, см <sup>3</sup>	<i>m</i>
до 25	1
25–100	1–0,9
100–1000	0,9–0,8
1000–5000	0,8–0,7
5000–10 000	0,7–0,6
10 000–15 000	0,6–0,5
15 000–25 000	0,5–0,4
свыше 25 000	0,4

### 2.3.4. Определение продолжительности нагрева исходной заготовки

Расчет продолжительности нагрева заготовок производится по формуле Н.Н. Доброхотова

$$T = 10 \times \alpha \times D_{\text{заг.}} \times \sqrt{D_{\text{заг.}}} \text{ для углеродистой стали и}$$

$$T = 20 \times \alpha \times D_{\text{заг.}} \times \sqrt{D_{\text{заг.}}} \text{ для легированной стали,}$$

где  $T$  – общее время нагрева, включая выдержку, час;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от способа укладки заготовок в печах ( $\alpha = 1,0$  для одиночных заготовок с круглым сечением и  $1,3$  – для одиночных заготовок с квадратным сечением);  $D_{\text{заг.}}$  – диаметр заготовки или размер стороны сечения заготовки, м.

### 2.3.5. Определение усилий деформирования и мощности прессы

Необходимое усилие деформирования и мощность прессы определяются по формуле

$$P = z \times t \times \kappa \times F ,$$

где  $P$  – усилие деформирования, Н;

$z$  – коэффициент, учитывающий условия деформирования ( $z = 1,5$  для штамповки заготовок простой конфигурации и  $z = 1,8$  – сложной конфигурации);

$t$  – коэффициент, учитывающий объем заготовки (табл. 10);  $\kappa$  – удельное давление деформирования (для конструкционных сталей  $\kappa = 6 \cdot 10^4 \text{ Н/см}^2$ );

$F$  – площадь проекции штампуемой поковки на плоскость разреза штампа (без учета облоя),  $\text{см}^2$ .

**Усилие прессы** для обрезки облоя определяется по формуле

$$P_{\text{обл.}} = \alpha \times \sigma_{\text{ср.}} \times F_{\text{ср.}} ,$$

где  $P_{\text{обл.}}$  – усилие прессы, Н;

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий притупление режущих кромок ( $\alpha = 1,6-1,8$ );

$\sigma_{\text{ср.}}$  – предел прочности металла поковки на срез,  $\text{Н/мм}^2$  (МПа);

$F_{\text{ср.}}$  – площадь среза,  $\text{мм}^2$ .

Предел прочности на срез подсчитывается по формуле

$$\sigma_{\text{ср.}} = 0,8 \times \sigma_{\text{г}} ,$$

где  $\sigma_{\text{г}}$  – временное сопротивление металла поковки,  $\text{Н/мм}^2$  (МПа) (табл. 9).

Площадь среза ( $F_{ср.}$ , мм<sup>2</sup>) определяется по формуле

$$F_{ср.} = P \times h,$$

где  $P$  – периметр обрезаемого слоя, мм;

$h$  – толщина облоя, мм ( $h = 3-4$  мм).

## 2.4. Технология изготовления штампованной поковки

Технология изготовления штампованной поковки в общем случае состоит из следующих основных **операций**:

1) **разделка проката** на мерные заготовки. Мерные заготовки для штамповки отрезают на различном оборудовании – ножницах, прессах, дисковых пилах и т.д.;

2) **нагрев заготовки**. Для нагрева заготовок используют пламенные печи, электрические печи сопротивления, установки для индукционного нагрева и др.;

3) собственно **штамповка**;

4) **обрезка облоя**. Обрезку облоя и пробивку отверстий выполняют в обрезных штампах в холодном или горячем состоянии на прессах;

5) **термическая обработка**. Термической обработкой устраняется неоднородность структуры сплава, снимаются внутренние напряжения, улучшается обрабатываемость резанием;

6) **очистка от окалины**. Очистка от окалины производится на дробеструйных или дробеметных установках, травлением в растворах кислот и др.;

7) **правка**. Правку поковки применяют для устранения искривления (коробления) в правочных штампах;

8) **калибровка**. Калибровку применяют в основном для повышения точности и класса шероховатости поволоков на специальных прессах;

9) окончательный **контроль** поволоков (качества поверхности, механических свойств, несоответствия размерам и форме и др.).

## 2.5. Дефекты поволоков

Основными дефектами поволоков являются волосовины, плены, трещины, флокены, неметаллические включения, заковы.

**Волосовины** – тонкие трещины глубиной 0,5–1,5 мм.

**Плены** – отслаивающиеся с поверхности тонкие пластинки металла толщиной до 1,5 мм.

**Флокены** – скопления тончайших водородных трещин в глубоких слоях поковки.

**Заковы** – отслаивающиеся с поверхности небольшие участки поковок.

## 2.6. Холодная листовая штамповка

### 2.6.1. Общая характеристика

**Листовая штамповка** является разновидностью обработки материалов давлением. К ней относятся методы изготовления изделий, для которых **в качестве исходных заготовок** используются ленты, полосы и листы из черных и цветных металлов и сплавов, а также неметаллических материалов (бумаги, картона, фибры, текстолита, кожи и др.).

Листовой штамповкой получают плоские и пространственные детали массой от долей грамма и размерами менее миллиметра (например, секундная стрелка ручных часов) и детали массой в десятки килограммов и размерами, составляющими несколько метров (например, кузов автомобиля).

Листовую штамповку применяют в различных отраслях промышленности: авто-, тракторо-, судо-, самолето-, приборостроении, электротехнической промышленности (рамы и кузова автомобилей, детали фюзеляжей и шасси самолетов, элементы обшивки судов, детали часовых механизмов, детали авторучек, посуду, консервные банки). Сваривая листовые штампованные детали, получают штампосварные детали и конструкции, которые легче, прочнее и дешевле, например таких же литых или кованных изделий.

Листовую штамповку подразделяют на **холодную** и **горячую**. Горячей листовой штамповкой в основном производят крупногабаритные изделия из заготовок толщиной более 10 мм (котлы, цистерны, корпуса судов).

**Основное оборудование** листовой штамповки – механические и гидравлические прессы, а **инструмент** – штампы различных конструкций.

Преимуществами листовой штамповки являются возможность получения деталей минимальной массы при заданной их прочности и жесткости; высокая точность размеров и качество поверхности, позволяющие исключить или до минимума сократить отделочные операции обработки резанием; возможность механизации и автоматизации процессов, обеспечивающих высокую производительность; экономное использование материала (отходы составляют 15-20%).

Холодную штамповку листового материала производят за одну или несколько последовательных операций. Все **технологические операции** подразделяют на две группы: разделительные и формоизменяющие. Разделительные операции всегда завершаются разрушением (полным

или частичным отделением одной части заготовки от другой); при формоизменяющих операциях заготовка не должна разрушаться в процессе деформации.

### 2.6.2. Основные разделительные операции листовой штамповки

К основным разделительным операциям относят отрезку, вырубку и пробивку.

**Отрезка** – это полное отделение части заготовки от исходной заготовки по незамкнутому контуру путем сдвига на специальных ножницах или в штампах. Чаще всего ее применяют как заготовительную операцию для разделения листа на полосы заданной ширины.

**Вырубка** – это полное отделение получаемого изделия (детали или заготовки) от исходной заготовки по замкнутому контуру путем сдвига. Вырубка оформляет наружный контур детали (рис. 13).

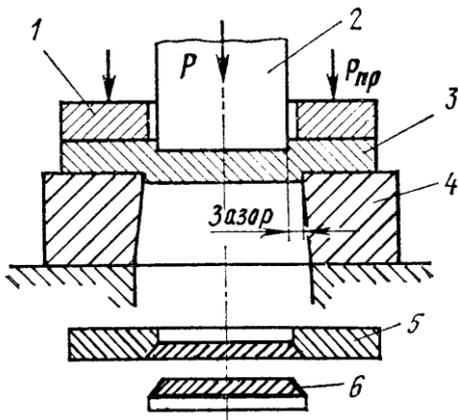


Рис. 13. Схема вырубki (пробивки): 1 – прижим; 2 – пуансон; 3 – заготовка; 4 – матрица; 5 – отход (изделие); 6 – изделие (отход); ( $P$  – усилие вырубki;  $P_{пр}$  – усилие прижима)

**Пробивка** – это образование в заготовке сквозных отверстий и пазов с удалением части материала в отход путем сдвига. Пробивка оформляет внутренний контур детали (рис. 13).

Разделительные операции осуществляют на специальных ножницах различного типа или в штампах, установленных на прессах. При резке ножницами нельзя получить заготовки любой формы. Кроме того кром-

ки заготовок получаются низкого качества; поэтому для фасонных листовых заготовок разделительные операции осуществляют в штампах.

### 2.6.3. Основные формоизменяющие операции листовой штамповки

Формоизменяющие операции предназначены для получения изделий пространственной формы. Основными формоизменяющими операциями являются гибка, вытяжка, отбортовка, обжим, раздача, формовка.

Формоизменяющие операции листовой штамповки осуществляют на механических и гидравлических прессах в штампах различных типов, а также пресс-автоматах, выполняющих за один ход несколько операций – вырубку, вытяжку, гибку и др.

#### Гибка

**Гибка** – это образование или изменение углов заготовки или придание ей криволинейной формы. Гибка бывает одноугловая (V-образная), двухугловая (U-образная) и многоугловая. Схемы гибки показаны на рис. 14.

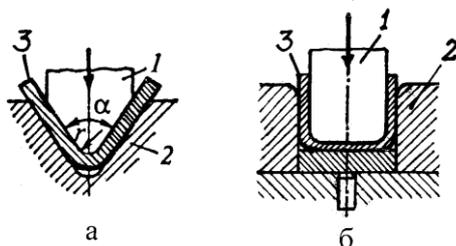


Рис. 14. Схемы гибки одноугловой (а) и двухугловой (б):  
1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – заготовка ( $\alpha$  - внутренний угол гибки)

Гибка, являющаяся процессом пластической деформации, сопровождается упругой деформацией, определяемой законом Гука. По окончании гибки упругая деформация устраняется, вследствие чего происходит изменение размеров изделия по сравнению с размерами, заданными инструментом, называемое **упругим пружинением**. Упругое пружинение выражается в угловом измерении и является той величиной, на которую следует уменьшить угол гибки, чтобы получить требуемый угол изогнутой детали.

Гибкой получают изделия типа скоб, кронштейнов, заготовок для сварных труб и т.п.

## Вытяжка

**Вытяжка** – это процесс образования полой заготовки или детали из плоской или полой исходной листовой заготовки на вытяжных штампах. Схема вытяжки представлена на рис. 15.

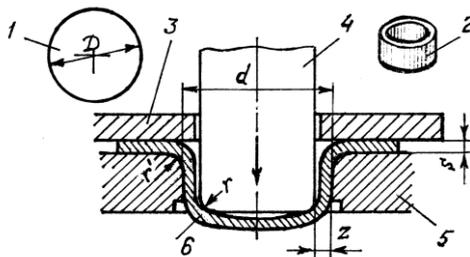


Рис. 15. Схема вытяжки: 1 – исходная заготовка; 2 – изделие; 3 – прижим; 4 – пуансон; 5 – матрица; 6 – формируемая заготовка ( $D$  – диаметр исходной заготовки;  $d$  – диаметр изделия;  $s$  – толщина заготовки;  $z$  – зазор между пуансоном и матрицей)

Различают вытяжку с утонением стенок и без утонения стенок. Вытяжкой получают осесимметричные детали (тела вращения), детали коробчатой и сложных несимметричных форм, например кузовные детали автомобилей.

## Отбортовка

**Отбортовка** – это процесс образования борта по внутреннему или наружному контуру заготовки. Схема отбортовки представлена на рис. 16.

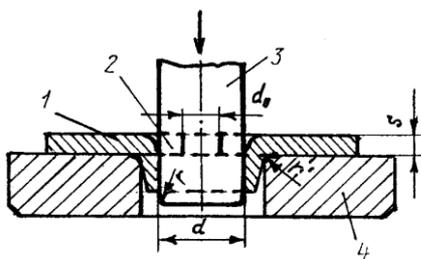


Рис. 16. Схема отбортовки: 1 – изделие; 2 – заготовка; 3 – пуансон; 4 – матрица ( $d_0$  – диаметр отверстия заготовки под отбортовку;  $d$  – диаметр изделия;  $s$  – толщина заготовки)

Отбортовку применяют для изготовления кольцевых деталей с фланцами, для образования выступов под резьбу и т.п.

### Обжим

**Обжим** – это уменьшение периметра поперечного сечения полой заготовки. Обжим представляет собой операцию, при которой происходит сужение поперечного сечения труб, концевой части полых или объемных изделий путем одновременного воздействия инструмента по всему ее периметру снаружи и уменьшение диаметра. Схема обжима представлена на рис. 17.

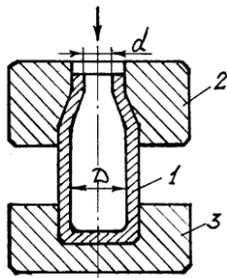


Рис. 17. Схема обжима: 1 – изделие; 2 – матрица; 3 – упор  
( $d$  – диаметр изделия;  $D$  – диаметр заготовки)

### Раздача

**Раздача** – это увеличение размеров поперечного сечения части полой заготовки, производимое за счет растяжения материалов изнутри путем проталкивания в них расширяющегося инструмента (пуансона). Схема раздачи представлена на рис. 18.

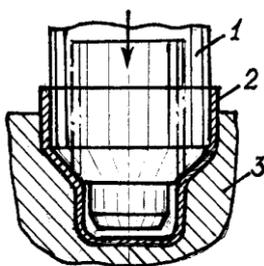


Рис. 18. Схема раздачи: 1 – пуансон; 2 – изделие; 3 – матрица

## Формовка

**Формовка** – это образование рельефа в листовой заготовке при ее местном деформировании без обусловленного изменения толщины металла. Формовку часто используют для увеличения жесткости листовых конструкций путем создания выступов или впадин, ребер жесткости и т.п., например на таких деталях как капот и крышка багажника автомобиля, двери; боковины канистр. Схема формовки представлена на рис. 19.

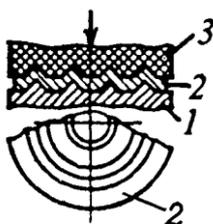


Рис. 19. Схема формовки: 1 – матрица; 2 – изделие;  
3 – резиновая подушка

### 2.6.4. Разработка технологического процесса листовой штамповки

Разработка технологического процесса листовой штамповки осуществляется по чертежу готовой детали в следующем порядке:

- 1) выбирают и разрабатывают штамповочные (основные) операции (резка, вырубка, вытяжка и др.);
- 2) определяют форму и размеры заготовки (полуфабриката);
- 3) выбирают сортамент материала (лист, ленту или полосу);
- 4) устанавливают способ раскроя материала и разрабатывают его;
- 5) устанавливают типы штампов;
- 6) выбирают оборудование;
- 7) разрабатывают вспомогательные операции термической обработки, травления, галтовки, полирования, покрытия и др.;
- 8) назначают методы контроля.

### 2.6.5. Технология холодной листовой штамповки

Технологический процесс листовой штамповки в общем виде осуществляется в следующей последовательности:

- 1) подготовка материала исходной заготовки (очистка, смазка);
- 2) проведение разделительных операций;

- 3) проведение формоизменяющих операций;
- 4) термическая обработка (отжиг для снятия наклепа после некоторых операций холодной штамповки; закалка и отпуск после окончания штамповки при необходимости повышения прочности и твердости детали);
- 5) проведение отделочных операций (галтовка для удаления заусенцев, травление, промывка, полирование, нанесение защитных покрытий и др.);
- 6) по окончании технологического процесса, а также на его промежуточных этапах осуществление контроля как самого процесса, так и получаемых изделий.

### 2.6.6. Раскрой материала исходной заготовки

**Раскрой** – это порядок расположения контуров смежных вырубаемых заготовок на листе, ленте или полосе. Необходимо произвести наиболее выгоднейший раскрой исходной заготовки, который сводится к установлению такого расположения последовательно вырубаемых заготовок, при котором отход металла будет наименьшим. Для получения более чистого среза вырубленной заготовки, а также для уменьшения заусенцев и коробления заготовки, рекомендуется вести вырубку с перемычкой.

**Способы раскроя** подразделяют на три вида: раскрой с отходами, безотходный и малоотходный.

**Перемычки** – это промежутки, оставшиеся между вырубленными заготовками или между заготовками и краем листа или ленты.

**Внутренняя перемычка (*a*)** – наименьшее расстояние между соседними контурами заготовок (рис. 20–22).

**Внешняя перемычка (*b*)** – наименьшее расстояние от края заготовки до вырубаемого контура (рис. 20–22). Перемычка между заготовкой и краем листа, как правило, на 15–20% больше перемычки между заготовками.

**Высечки** – это отходы, возникающие при пробивке.

**Раскрой с отходами** – когда вырезка происходит по всему контуру детали, а перемычка имеет замкнутую форму.

**Безотходный раскрой** – когда вырезаемая заготовка получается путем прямолинейной или криволинейной отрезки без образования перемычек.

**Малоотходный раскрой** – когда вырезается или обрезается только часть контура заготовки, а в отход идет или перемычка между двумя вырезками, или только боковая перемычка.

Отходы от пробивки отверстий, а также отходы в начале и конце полосы неизбежны.

Раскрой заготовки производится с изображением **схемы раскроя** (рис. 20–22). Размещение пуансонов или отверстий матрицы штампа соответствуют схеме раскроя.

Детали простой формы вырезают в один или несколько рядов, располагая их параллельно или в шахматном порядке (рис. 20–22). Перед раскромом фасонных заготовок несколько их штук вырезают из плотной бумаги и, раскладывая их на макете листа или полосы, устанавливают наиболее экономичный вид раскроя. В массовом производстве для установления оптимального раскроя используют компьютерные технологии.

**Раскрой** может быть **прямым, наклонным, встречным, комбинированным, многорядным** (рис. 20). Прямой раскрой применяют для деталей простой формы – прямоугольной, квадратной, круглой; наклонный – для деталей Г-образной или других сложных форм; встречный – для деталей Т-, П-, Ш-образной форм.

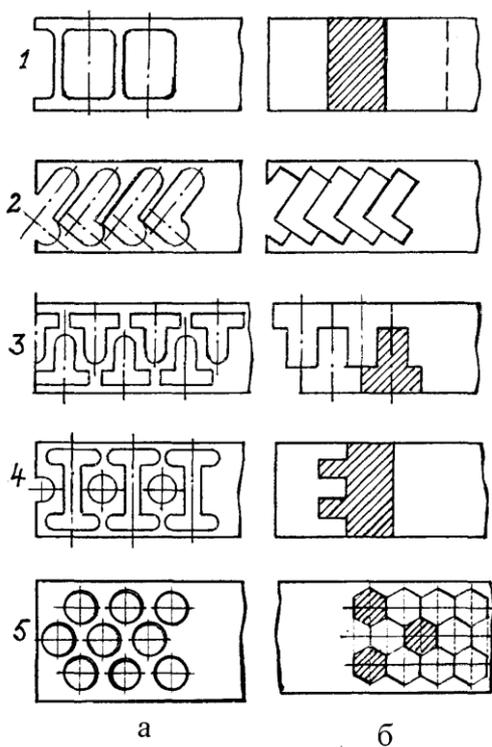


Рис. 20. Примеры раскроя материала с перемычками (а) и без перемычек (б): 1 – прямого; 2 – наклонного; 3 – встречного; 4 – комбинированного; 5 – многорядного

## Величина перемычек

Перемычки не могут быть произвольно малы и должны обеспечивать достаточную жесткость и прочность ленты или листа. Величины перемычек для стали приведены в табл. 11.

Таблица 11

### Величины перемычек для стали с содержанием углерода до 0,2%

Толщина исходной заготовки $s$ , мм	Для круглых контуров		Для прямоугольных контуров			
			до 50 мм		более 50 мм	
	$a$	$b$	$a$	$b$	$a$	$b$
до 0,25	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0
0,25–0,5	1,2	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5
0,5–0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	1,8	2,0
0,8–1,2	0,8	1,0	1,2	1,5	1,5	1,8
1,2–1,6	1,0	1,2	1,5	1,8	1,8	2,0
1,6–2,0	1,2	1,5	1,8	2,0	2,0	2,2
2,0–2,5	1,5	1,8	2,0	2,2	2,2	2,5
2,5–3,0	1,8	2,2	2,2	2,5	2,5	2,8
3,0–3,5	2,2	2,5	2,5	2,8	2,8	3,2
3,5–4,0	2,5	2,8	2,8	3,2	3,2	3,5
$a$ – размер внутренней перемычки, $b$ – размер внешней перемычки						

Величина перемычек для других материалов равна произведению коэффициента  $K$  на соответствующую величину перемычки стали с содержанием углерода до 0,2% (табл. 12).

Таблица 12

### Значения коэффициента $K$ для определения величин перемычек некоторых материалов

Материал	Коэффициент $K$
Сталь с содержанием углерода более 0,5%	0,8–0,9
Бронза, латунь	1,0–1,2
Дюралюминий	1,0–1,2
Неметаллические материалы	1,5–2,0

### 2.6.7 Оценка экономичности раскроя исходной заготовки по коэффициенту раскроя

Оценку экономичности раскроя производят, определяя коэффициент раскроя ( $K_p$ , %).

$$K_p = \frac{F \times n_p}{B \times h} \times 100\% ,$$

где  $F$  – площадь поверхности детали,  $\text{мм}^2$ ;  $h$  – шаг вырубki (раскроя), равный сумме ширины детали и величины внутренней перемычки, мм;  $B$  – ширина полосы, мм;  $n_p$  – число рядов раскроя.

Наиболее экономичным будет раскрой с наибольшим значением  $K_p$ .

### 2.6.8. Оценка экономичности раскроя по коэффициенту использования материала исходной заготовки

Коэффициент раскроя  $K_p$  не дает полного представления об общей величине использования материала. Поэтому обычно экономичность раскроя оценивают по коэффициенту полезного использования материала ( $K_u$ , %). Общий коэффициент полезного использования материала ( $K_u$ , %) при штамповке одинаковых деталей из полосы или ленты определяется по формуле

$$K_u = \frac{F \times n}{L \times B} \times 100\% ,$$

где  $F$  – площадь детали без отверстий,  $\text{мм}^2$ ;  $n$  – количество фактических деталей, получаемых из полосы;  $L$  – длина полосы или ленты, мм;  $B$  – ширина полосы, мм.

### 2.6.9. Определение коэффициента использования материала при однорядном раскрое исходной заготовки с параллельным расположением контуров деталей на полосе или ленте

Рассмотрим методику определения коэффициента использования материала ( $K_u$ , %), исходя из геометрических соотношений для деталей простой формы (круг, квадрат, прямоугольник) на примере круглых деталей (рис. 21, а). В этом случае длину исходной заготовки ( $L$ , мм) (полосы или ленты) можно определить по формуле

$$L = nD + (n - 1)a + 2b ,$$

где  $n$  – количество деталей, получаемых из полосы;  $D$  – диаметр детали, мм;  $a$ ,  $b$  – размеры перемычек, мм.

А расчетную ширину  $B_{расч.}$ , мм по формуле

$$B_{расч.} = D + 2b .$$

Тогда коэффициент использования материала  $K_u$  определяется из следующей зависимости

$$K_u = \frac{F \times n}{L \times B} \times 100\% = \frac{\pi R^2 n}{(nD + (n-1)a + 2b) \times (D + 2b)} \times 100\% ,$$

где  $F$  – площадь детали, мм<sup>2</sup>.

### **2.6.10. Определение коэффициента использования материала при двухрядном раскрое исходной заготовки с параллельным расположением контуров деталей на полосе или ленте**

Рассмотрим методику определения коэффициента, как и в предыдущем случае, на примере круглых деталей (рис. 21, б).

Из геометрических соотношений длина заготовки ( $L$ , мм), ее расчетная ширина ( $B_{расч.}$ , мм) и коэффициент использования материала ( $K_u$ , %) определяются по формулам

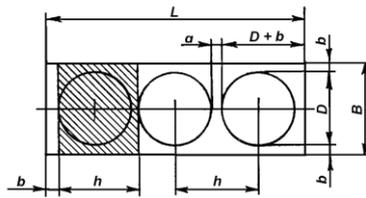
$$L = nD + (n-1)a + 2b ,$$

$$B_{расч.} = 2D + a + 2b ,$$

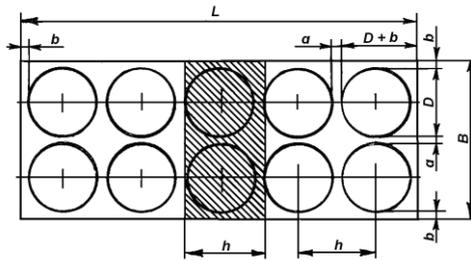
$$K_u = \frac{F \times n}{L \times B} \times 100\% = \frac{\pi R^2 n}{[nD + (n-1)a + 2b] \times (2D + a + 2b)} \times 100\% .$$

Аналогичным образом коэффициент использования материала можно определить и при  $n$ -рядном раскрое с параллельным расположением вырубаемых контуров.

При параллельном расположении рядов коэффициент использования материала составляет 65–70%.



а



б

Рис. 21. Схемы раскроя с параллельным расположением вырубаемых контуров:  $a$  – однорядный;  $b$  – двухрядный ( $L$ ,  $B$  – длина и ширина полосы или ленты соответственно;  $D$  – диаметр вырубаемого контура;  $a$ ,  $b$  – размеры внутренней и внешней перемычек соответственно;  $h$  – шаг вырубki (раскроя)

### 2.6.11. Определение коэффициента использования материала при двухрядном раскрое исходной заготовки с шахматным расположением контуров детали

Рассмотрим методику определения коэффициента  $K_u$  на примере круглых деталей (рис. 22, а).

Из геометрических соотношений определяется длина заготовки ( $L$ , мм), ее расчетная ширина ( $B_{расч.}$ , мм) и коэффициент использования материала ( $K_u$ , %).

Длина заготовки

$$L = n_1 D + (n_1 - 1) a + 2b,$$

где  $n_1$  – количество деталей в ряду с наибольшим их числом.

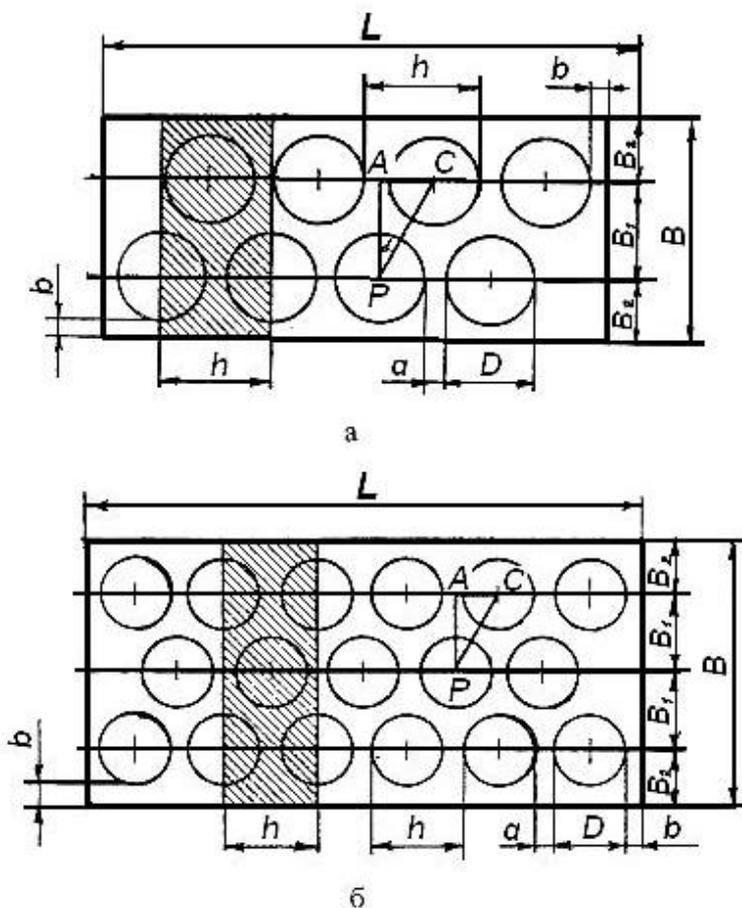


Рис. 22. Схемы раскроя с шахматным расположением вырубаемых контуров:  $a$  – двухрядный;  $b$  – трехрядный ( $L$ ,  $B$  – длина и ширина полосы или ленты соответственно;  $D$  – диаметр вырубаемого контура;  $a$ ,  $b$  – размеры внутренней и внешней перемычек соответственно;  $h$  – шаг вырубki (раскроя))

Чтобы определить ширину заготовки  $B_{расч}$  рассмотрим прямоугольный треугольник  $ACP$ , имеющий при основании угол  $\alpha = 30^\circ$  (рис. 22, а). Очевидно, что сторона треугольника  $CP = D + a$ . Тогда сторона  $AP = B_1 = (D + a) \cos \alpha = (D + a) \cos 30^\circ = (D + a) \cdot 0,87$ . Отсюда

$$B_{расч.} = B_1 + 2B_2 = 0,87(D + a) + (D + 2b).$$

Из вышесказанного следует, что

$$K_u = \frac{F \times n}{L \times B} \times 100\% = \frac{\pi r^2 n}{[n_1 D + (n_1 - 1) a + 2b] \times [0,87(D + a) + (D + 2b)]} \times 100\% .$$

По аналогии можно определить коэффициент использования материала при  $n$ -рядном шахматном раскрое. При шахматном раскрое коэффициент использования материала составляет 75–80%.

### 2.6.12. Раскрой материала исходной заготовки для вырубki фигурных деталей

При вырубке фигурных деталей рационально раскроить материал аналитическим путем затруднительно, а в некоторых случаях – невозможно. Поэтому пользуются графическим методом, суть которого состоит в следующем: из бумаги или картона вырезают несколько шаблонов вырубаемой фигуры и, придавая им взаимное расположение (выдерживая перемычки), определяют площадь заготовки, затрачиваемую на одну деталь (с учетом площади перемычек). Расположение фигур, при котором получается наименьший расход материала на одно изделие, и определяет наиболее выгодную схему раскроя.

### 2.6.13. Определение стандартной ширины исходной заготовки

Стандартную ширину исходной заготовки ( $B$ , мм) определяют, округляя расчетную ширину ( $B_{расч}$ , мм) до ближайшего большего стандартного значения. В соответствии с ГОСТ 503-81\* **лента** холоднокатаная из низкоуглеродистой стали изготавливается размерами **по толщине**: 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,10; 0,11; 0,12; 0,15; 0,18; 0,20; 0,22; 0,25; 0,28; 0,30; 0,32; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55; 0,57; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; 1,0; 1,05; 1,10; 1,15; 1,20; 1,25; 1,30; 1,35; 1,40; 1,45; 1,50; 1,55; 1,60; 1,65; 1,70; 1,75; 1,80; 1,85; 1,90; 1,95; 2,00; 2,10; 2,20; 2,25; 2,30; 2,40; 2,45; 2,50; 2,60; 2,70; 2,80; 2,90; 3,00; 3,10; 3,20; 3,30; 3,40; 3,50; 3,60; 3,80; 4,00 мм

**по ширине** 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 32; 34; 36; 38; 39; 40; 42; 43; 45; 46; 48; 50; 52; 53; 54; 55; 56; 60; 63; 65; 66; 70; 73; 75; 76; 80; 83; 85; 86; 90; 93; 95; 96; 100; 102; 103; 105; 110; 112; 114; 115; 117; 120; 123; 125; 130; 135; 140; 142; 145; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190; 195; 200; 205; 210; 215; 220; 225; 230; 235; 240; 245; 250; 260; 270; 280; 290; 300; 310; 320; 325; 330; 340; 350; 360; 370; 380; 390; 400; 410; 420; 430; 440; 450 мм.

**Ширина ленты** в зависимости от ее толщины должна соответствовать указанной в табл. 13.

**Ширина ленты в зависимости от толщины ленты**

Толщина ленты $S$ , мм	Ширина ленты $B$ , мм
0,05 – 0,28 включ.	4 – 240
Св. 0,28 – 0,40 »	4 – 300
» 0,40 – 0,45 »	5 – 300
» 0,45 – 0,50 »	5 – 450
» 0,50 – 0,80 »	6 – 450
» 0,80 – 0,85 »	8 – 450
» 0,85 – 1,00 »	9 – 450
» 1,00 – 2,00 »	10 – 450
» 2,00 – 3,00 »	15 – 450
» 3,00 – 4,00 »	20 – 450

В соответствии с ГОСТ 82-70\* **ширина широкополосной стали  $B$  при толщине  $S$** , равной 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45, 50, 55, 60 мм может составлять 200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 460, 480, 500, 520, 530, 560, 600, 630, 650, 670, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1050 мм.

**Тема 3. СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО****3.1. Характеристика сварочного производства**

**Сварка** – это технологический процесс получения неразъемных соединений материалов посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действием того и другого.

Сваркой соединяют однородные и разнородные металлы и сплавы, пластмассы, металлы с неметаллическими материалами.

Сварка позволяет получать рациональные конструкции при сборке из отдельных деталей, изготовить деталь с различными свойствами в разных ее частях; она эффективна при ремонтных работах по исправле-

нию и восстановлению изношенных деталей, при исправлении брака литья и применяется практически во всех отраслях машиностроения.

По сравнению с другими способами соединения частей применение сварки снижает себестоимость продукции, экономит металл, ускоряет производственный процесс, который может быть в значительной степени механизирован и автоматизирован. **Различают сварку** ручную, полуавтоматическую и автоматическую.

**Физическая сущность** процесса сварки заключается в образовании прочных связей между атомами или молекулами соединяемых поверхностей заготовок.

Для образования соединений необходимо подготовить свариваемые поверхности очищением от загрязнений и окисных пленок, сблизить их на должное расстояние (приблизительно  $10^{-8}$  см) и энергетически активировать поверхностные атомы. Энергия активации может быть в виде теплоты; упругопластической деформации; электронного, плазменного и других видов воздействия.

**По методу объединения поверхностей** соединяемых заготовок **способы сварки** подразделяются на два класса: сварку плавлением и сварку давлением.

**По виду применяемой энергии способы сварки** подразделяются на три класса: термический, термомеханический и механический.

К **термическому классу** относятся виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии: дуговая и ее разновидности, электрошлаковая, лазерная, газовая и др.

К **термомеханическому классу** относятся виды сварки, осуществляемые с использованием тепловой энергии и энергии давления: контактная сварка, диффузионная и др.

К **механическому классу** относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и энергии давления: сварка трением, холодная, взрывом и др.

Свойство материала или сочетания материалов образовывать при установленной технологии сварки соединения, отвечающие требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатацией изделия называется **свариваемость**.

**Свариваемость** подразделяют на хорошую, удовлетворительную и плохую; она зависит от физико-химических свойств сплавов и от особенностей применяемого способа сварки.

Дуговой сваркой изготавливают картеры задних мостов и карданные валы автомобилей; контактной точечной сваркой осуществляют сборку кабин и кузовов автомобилей; контактной шовной – сваривают топливные баки и резервуары пневмосистем; сваркой трением – различные валы, например вал колонки рулевого управления.

### 3.2. Сущность сварки давлением

**Сварка давлением** – это сварка, осуществляемая за счет пластической деформации свариваемых частей при температуре ниже температуры плавления.

Для сварки давлением характерны две стадии: сближение соединяемых поверхностей заготовок до образования физического контакта и появление на контактной поверхности активных центров взаимодействия, в которых устанавливаются межатомные связи.

Главным фактором в процессе сварки давлением является пластическое деформирование, протекающее в контактных поверхностных слоях соединяемых элементов.

С ростом пластической деформации в месте контакта количество и размеры активных центров увеличиваются, что повышает прочность связей соединяемых заготовок. Для получения высококачественного сварного соединения необходимо, чтобы металл заготовок имел хорошую пластичность.

### 3.3. Сущность сварки плавлением

**Сварка плавлением** – это сварка, осуществляемая местным сплавлением соединяемых частей без приложения давления. Процесс сварки плавлением состоит из следующих стадий: нагрев и расплавление металла кромок свариваемых элементов, охлаждение и кристаллизация металла соединения (шва).

Расплавленный металл обеих свариваемых кромок образует общий объем жидкого металла называемый **сварочной ванной** и удерживается на частично оплавленных кромках. При прекращении теплового воздействия на кромки свариваемых элементов зона сварки охлаждается и начинается кристаллизация металла сварочной ванны. При этом металл шва приобретает литую структуру.

Для лучшего заполнения зазора между свариваемыми частями в сварочную ванну вводят **присадочный материал** в виде проволоки, ленты или порошка.

### 3.4. Строение сварного шва

**Сварной шов** – это участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации расплавленного металла или в результате пластической деформации при сварке давлением, или сочетания кристаллизации и деформации.

При сварке плавлением процесс первичной кристаллизации сварочной ванны и образование шва начинается с частичного оплавления

зерен металла изделия. Оплавленные зерна начинают расти в виде дендритов или столбчатых кристаллов, распространяясь вглубь сварочной ванны. Между металлом изделия и металлом шва возникают общие зерна и через шов устанавливается связь между свариваемыми элементами конструкции.

Участок основного металла вблизи шва, не подвергающийся расплавлению, структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке, называется **зоной термического влияния**.

Металл, находящийся вблизи выполняемого шва, претерпевает структурные изменения вследствие температурного воздействия на него в процессе сварки. Строение сварного шва после затвердевания и распределение температур при сварке сплавов на основе железа на примере малоуглеродистой стали приведены на рис. 23. Зона 1 примыкает непосредственно к металлу шва. Металл на этом участке в процессе сварки состоит из частично оплавленных зерен основного металла и отличается по химическому составу от соседних участков основного металла и металла шва. Этот участок зоны термического влияния называется **переходной зоной** или **зоной сплавления**.

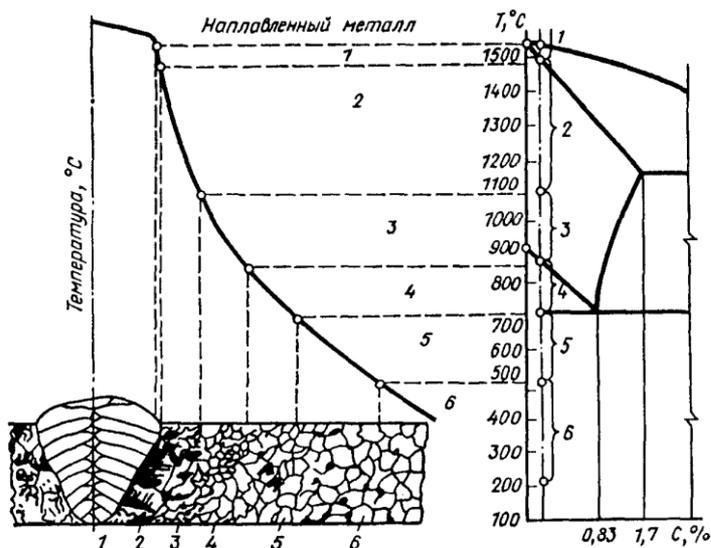


Рис. 23. Структурные превращения в малоуглеродистой стали в зоне термического влияния при сварке и участки диаграммы состояния системы Fe-C: зоны 1 – сплавления; 2 – перегрева; 3 – нормализации; 4 – неполной перекристаллизации; 5 – рекристаллизации; 6 – синеломкости

Зона 2 называется **зоной перегрева** (температура нагрева металла на 50–100°C ниже температуры плавления, в которой происходит рост зерен сплава). Металл этой зоны хрупкий, поэтому участок 2 является наиболее слабым местом сварного соединения.

Зона 3 называется **зоной нормализации** или **перекристаллизации** (температура нагрева металла 900–1100°C). На этом участке образуется мелкозернистая структура нормализованной стали с более высокими механическими свойствами, чем в металле 1-й и 2-й зон.

Зона 4 – **зона неполной перекристаллизации** (температура нагрева металла находится между критическими точками  $A_{C_1}$  и  $A_{C_3}$  и составляет 723–900°C). На этом участке после охлаждения, наряду с зернами металла изделия, не изменившимися при нагреве, присутствуют зерна, образовавшиеся при перекристаллизации.

Зона 5 – **зона рекристаллизации** (температура нагрева металла лежит ниже температуры  $A_{C_1}$  и составляет 500–727°C). Рекристаллизация наблюдается только в предварительно пластически деформированных сплавах (после прокатки, штамповки и др.). Мелкие раздробленные зерна металла после обработки давлением срачиваются и несколько укрупняются. После других видов обработки сплавов, например, после литья, в зоне 5 структурных изменений в сплаве не происходит.

В зоне 6 (температура нагрева составляет 100–500°C) видимых структурных изменений в сплаве не происходит. Однако на этом участке наблюдается резкое падение ударной вязкости (**синеломкость**).

На участке синеломкости металл охлаждается очень медленно, прогреваясь от соседних участков, и поэтому по границам зерен могут выделяться микроскопические частицы примесей. Это явление называется **старением металла**. Охрупчивание металла, нагревавшегося до температуры, при которой образуются синие цвета побежалости\* (200–400°C), называется **синеломкостью**.

### 3.5. Напряжения и деформации при сварке

Вследствие неравномерности нагрева и быстрого охлаждения при сварке, усадки наплавленного металла в сварных конструкциях возникают внутренние напряжения и остаточные деформации. Для предупреждения этих явлений проводят специальные мероприятия: применяют как можно меньшее сечение швов с минимально возможной их протяженностью, не допускают пересечения в одной точке более трех швов, соблюдают определенную последовательность на-

---

\* **Цвет побежалости** – окраска, приобретаемая поверхностью металла, нагретого до определенной температуры

ложения швов, конструкции после сварки подвергают низкотемпературному отжигу и др.

### 3.6. Дефекты сварных соединений

Дефекты сварных соединений подразделяют на внешние и внутренние.

Наружные дефекты выявляются внешним осмотром и измерениями, внутренние – неразрушающими методами контроля (радиационными, акустическими, магнитными, проникающими веществами). Каждый метод контроля имеет разную чувствительность к видам дефектов и свою область применения.

К **внешним дефектам** относят наплывы, непровары, прожоги, смещение сваренных кромок, подрезы, наружные трещины, усадочные раковины, вогнутость корня шва, свищи, брызги металла, поверхностное окисление.

К **внутренним дефектам** относят непровары, шлаковые включения, внутренние трещины и поры.

Эскизы некоторых дефектов сварных соединений приведены на рис. 24.

**Наплыв** – дефект в виде натекания металла шва на поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним.

**Непровар** – дефект в виде несплавления в сварном соединении вследствие неполного расплавления кромок или поверхностей ранее выполненных валиков сварного шва.

**Прожог** – дефект в виде сквозного отверстия в сварном шве, образовавшийся в результате вытекания части металла сварочной ванны.

**Смещение кромок** – неправильное положение сваренных кромок друг относительно друга.

**Подрез** – дефект в виде углубления по линии сплавления сварного шва с основным металлом.

**Усадочная раковина** – дефект в виде полости или впадины, образованной при усадке металла шва в условиях отсутствия питания жидким металлом (рис. 24, а).

**Вогнутость корня шва\*** – дефект в виде углубления на поверхности обратной стороны сварного одностороннего шва (рис. 24, а).

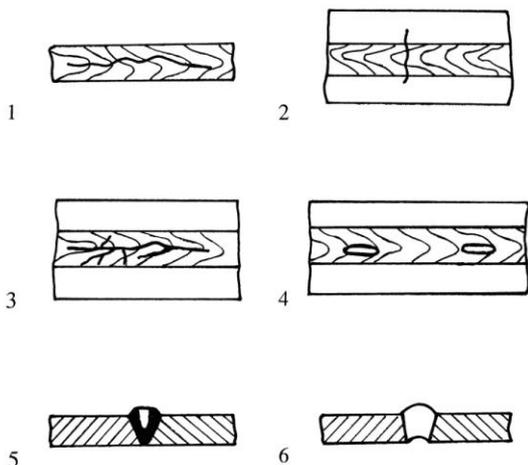
**Свищ** – дефект в виде воронкообразного углубления в сварном шве (рис. 24, а).

---

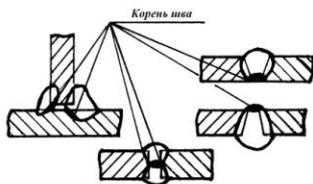
\* **Корень шва** – часть сварного шва, наиболее удаленная от его лицевой поверхности (рис. 24, б)

**Брызги металла** – дефект в виде затвердевших капель на поверхности сварного соединения.

**Поверхностное окисление** – дефект в виде окалины или пленки окислов на поверхности сварного соединения.



а



б

Рис. 24. Дефекты сварных соединений (а) и корень шва (б):  
1 – продольная трещина; 2 – поперечная трещина; 3 – разветвленная трещина; 4 – усадочные раковины; 5 – свищ; 6 – вогнутость корня шва

**Шлаковое включение** – дефект в виде вкраплений шлака в сварном шве.

**Трещина сварного соединения** – дефект сварного соединения в виде разрыва в сварном шве и (или) прилегающих к нему зонах.

**Продольная трещина сварного соединения** – трещина сварного соединения, ориентированная вдоль оси сварного шва (рис. 24, а).

**Поперечная трещина сварного соединения** – трещина сварного соединения, ориентированная поперек оси сварного шва (рис. 24, а).

**Разветвленная трещина сварного соединения** – трещина сварного соединения, имеющая ответвления в различных направлениях (рис. 24, а).

### 3.7. Виды сварных соединений и швов

По взаимному расположению свариваемых элементов различают следующие основные виды сварных соединений: стыковые, нахлесточные, тавровые, угловые и торцовые (рис. 25).

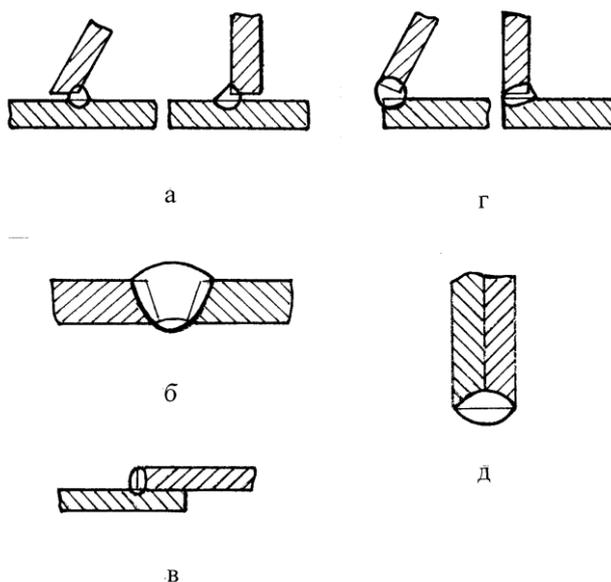


Рис. 25. Виды сварных соединений: а – тавровое; б – стыковое; в – нахлесточное; г – угловое; д – торцовое

**Стыковое соединение** – сварное соединение двух элементов, смыкающихся друг к другу торцовыми поверхностями.

**Нахлесточное соединение** – сварное соединение, в котором свариваемые элементы расположены параллельно и частично перекрывают друг друга.

**Тавровое соединение** – сварное соединение, в котором торец одного элемента примыкает под углом и приварен к боковой поверхности другого элемента.

**Угловое соединение** – сварное соединение двух элементов, расположенных под углом друг к другу и сваренных в месте примыкания их краев.

**Торцовое соединение** – сварное соединение, в котором боковые поверхности сваренных элементов примыкают друг к другу.

**По положению в пространстве** швы могут быть нижние, горизонтальные, вертикальные, потолочные (рис. 26).

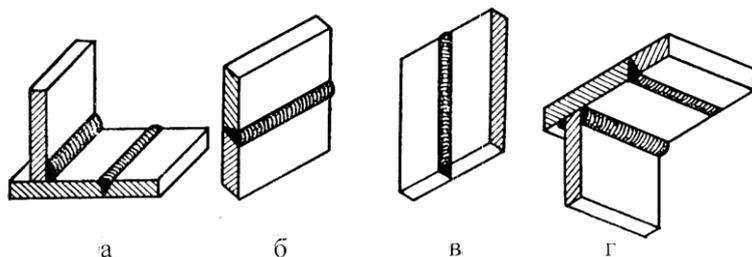


Рис. 26. Типы швов при различном положении в пространстве: а – нижние; б – горизонтальный; в – вертикальный; г – потолочные

**Типы швов по отношению к направлению действующих на них усилий** разделяют на фланговые, лобовые и косые (рис. 27).

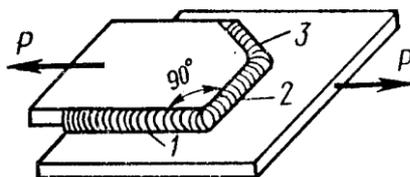


Рис. 27. Типы швов в зависимости от их положения относительно действия внешних сил: 1 – фланговый; 2 – лобовой; 3 – косой

Сварка изделий может осуществляться без разделки и с разделкой кромок. **Разделка кромок** – это придание свариваемым кромкам необходимой формы. Ее осуществляют для обеспечения сквозного проплавления и получения сварного шва по всей толщине свариваемых изделий. Разделка кромок может быть односторонней V-образной, двусторонней X-образной, чашеобразной односторонней или двусторонней (рис. 28).

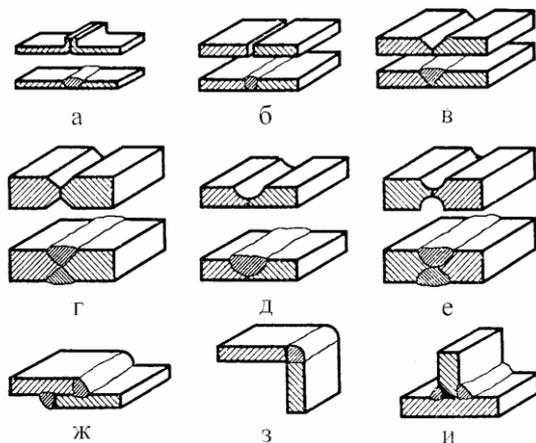


Рис. 28. Виды сварных соединений и способы разделки кромок:  
*а* – стыковое с отбортовкой кромок без зазора; *б* – стыковое без разделки кромок; *в* – стыковое с односторонней V-образной разделкой кромок;  
*г* – стыковое с односторонней X-образной разделкой кромок;  
*д* – стыковое с односторонней чашеобразной разделкой кромок;  
*е* – стыковое с двусторонней чашеобразной разделкой кромок;  
*ж* – нахлесточное без разделки кромок; *з* – угловое без разделки кромок;  
*и* – тавровое соединение, шов двусторонний со скосом одной кромки

**По форме подготовленных кромок** различают разделку кромок без скоса, со скосом одной кромки, со скосами двух кромок, с отбортовкой кромок. **Скос кромки** – это прямолинейный наклонный срез кромки, подлежащий сварке (рис. 28).

Выбор типа соединения, его положения в пространстве, способа подготовки кромок зависит от условий работы, толщины соединяемых элементов, конфигурации изделия, условий сварки. На виды сварки, конструктивные элементы сварных швов и подготовку кромок действуют государственные стандарты.

### 3.8. Оформление чертежа сварного соединения

Условные изображения и обозначения швов сварных соединений регламентируются ГОСТ 2.312-72\*. Чертежи сварных изделий оформляют как чертежи сборочных единиц, на которых указывают номер ГОСТ, способ сварки, тип сварного соединения, конструктивные элементы швов и разделки кромок. Марку электрода и присадочного материала, способ контроля, допустимые дефекты указывают в технических требованиях чертежа.

Шов сварного соединения изображают: видимый – сплошной основной линией, невидимый – штриховой линией. От изображения сварного шва проводят линию-выноску, заканчивающуюся односторонней стрелкой (рис. 29).

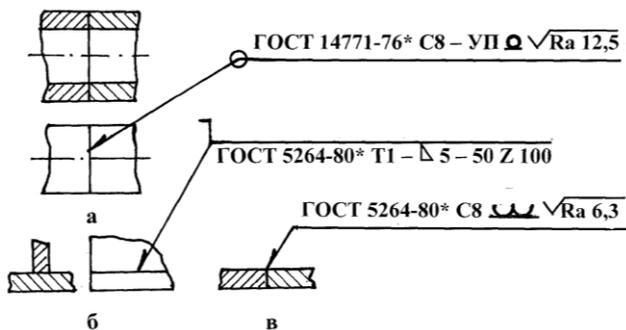


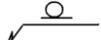
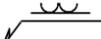
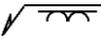
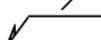
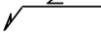
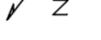
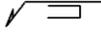
Рис. 29. Пример обозначения сварных швов:

*а* – сварной шов по замкнутому контуру (соединение стыковое С8 с односторонней разделкой кромки по ГОСТ 14771-76\*, сварка дуговая в углекислом газе плавящимся электродом с последующим снятием усиления шва до шероховатости  $R_a$  не более 12,5 мкм (обозначение указано от лицевой стороны)); *б* – сварной шов, выполняемый при монтаже (соединение тавровое Т1 без скоса кромок по ГОСТ 5264-80\*, сварка ручная дуговая, высота катета шва 5 мм, шов прерывистый с шагом 100 мм при длине проваренного участка 50 мм (обозначение указано от оборотной стороны шва)); *в* – сварное соединение С8 по ГОСТ 5264-80\*, выполняемое ручной электродуговой сваркой с последующей зачисткой наплывов и неровностей до плавного перехода к основному металлу

Условное обозначение шва показывают на полке линии-выноски, если она проведена от оборотной стороны основного шва – под полкой. Вспомогательные знаки, входящие в обозначение шва, выполняют сплошными тонкими линиями; высота знаков равна высоте букв и цифр, входящих в обозначение. Элементы условного обозначения и вспомогательные знаки согласно ГОСТ располагают в следующей последовательности (рис. 29, 30):

- 1) сварной шов, выполняемый при монтаже, обозначают знаком  $\Gamma$ , а сварной шов, выполняемый по замкнутой линии, – знаком  $O$  в точке пересечения линии-выноски и полки (табл. 14);
- 2) номер ГОСТ на способ сварки и вид сварного соединения;
- 3) буквенно-цифровое обозначение шва по стандарту;

**Вспомогательные знаки, используемые при обозначении  
сварного шва (ГОСТ 2.312-72\*)**

Вспомогательный знак	Значение вспомогательного знака	Расположение вспомогательного знака относительно полки линии выноски, проведенной от изображения шва	
		с лицевой стороны	с оборотной стороны
	Усиление шва снять		
	Наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу		
	Шов выполнить при монтаже изделия, т.е. при установке его по монтажному чертежу на месте применения		
	Шов прерывистый или точечный с цепным расположением. Угол наклона линии приблизительно 60°		
	Шов прерывистый или точечный с шахматным расположением		
	Шов по замкнутой линии. Диаметр знака 3–5 мм		
	Шов по незамкнутой линии. Знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа		

## Примечания:

1. За лицевую сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.
2. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва.
3. За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с симметрично подготовленными кромками может быть принята любая сторона.

4) условное буквенное обозначение способа сварки по стандарту (допускается не указывать); некоторые из них приведены в табл. 15;

**Условные буквенные обозначения некоторых способов сварки  
согласно соответствующим стандартам**

Буквенное обозначение	Способ сварки
Р	Ручная
АФ	Автоматическая под флюсом на весу
АФф	Автоматическая под флюсом на флюсовой подушке
АФо	Автоматическая под флюсом на остающейся подкладке
АФм	Автоматическая под флюсом на медной подкладке
АФк	Автоматическая под флюсом с предварительной подваркой корня шва
АФш	Автоматическая под флюсом с предварительной подваркой шва
ПФ	Полуавтоматическая под флюсом на весу
ПФо	Полуавтоматическая под флюсом на остающейся подкладке
ПФш	Полуавтоматическая под флюсом с предварительной подваркой шва
ИН	Электродуговая сварка в инертных газах без присадочного металла
ИНп	Электродуговая сварка в инертных газах с присадочным металлом
ИП	Электродуговая сварка в инертных газах и их смесях с углекислым газом плавящимся электродом
УП	Электродуговая сварка в углекислом газе плавящимся электродом
ШЭ	Электрошлаковая сварка проволочным электродом

5) знак  $\nabla$  и размер катета шва согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений;

6) – размер длины провариваемого участка, знак / или Z, размер шага (для прерывистого шва);

– размер расчетного диаметра точки (для одиночной сварной точки);

- размер расчетного диаметра точки или электрозаклепки, знак / или Z и размер шага (для шва контактной точечной электросварки или электрозаклепочного шва);
  - размер расчетной ширины шва (для контактной роликовой электросварки);
  - размер расчетной ширины шва, знак умножения, размер длины провариваемого участка, знак /, размер шага (для прерывистого шва контактной роликовой электросварки);
- 7) вспомогательные знаки (табл. 14). Здесь же указывают требуемую шероховатость.
- Структура условного обозначения стандартного шва или одиночной сварной точки приведена на рис. 30.

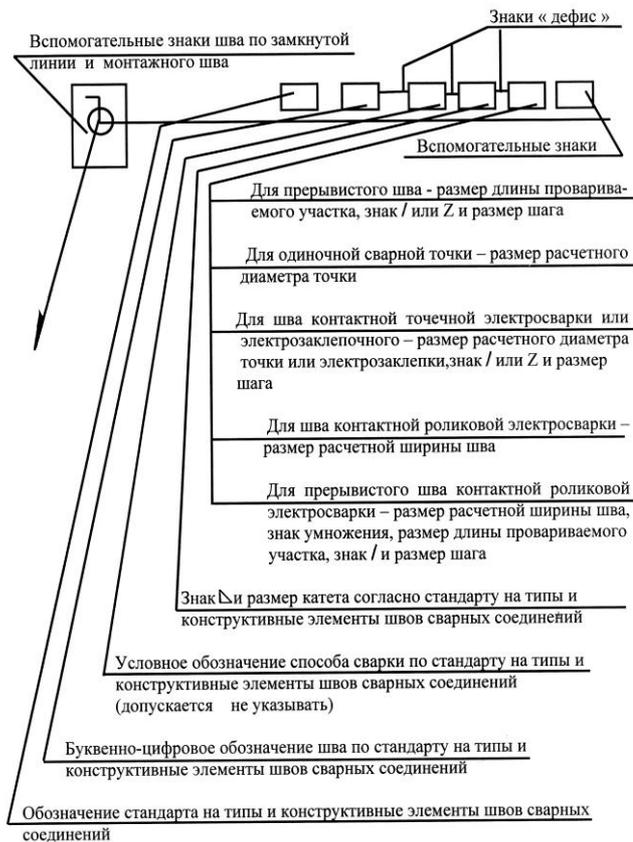


Рис. 30. Структура условного обозначения сварного шва на чертежах (ГОСТ 2.312-72\*)

## 3.9. Электрическая дуговая сварка

### 3.9.1. Сущность процесса и основные способы

**Электродуговая сварка** – это процесс соединения элементов, при котором источником теплоты является электрическая дуга, горящая между электродами. Как правило, одним из электродов является свариваемая заготовка.

**Дуга** – это мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла.

Наибольшее распространение получили электродуговая сварка ручная, под флюсом и в защитных газах.

В зависимости от материала и количества электродов, а также способа включения электродов и заготовки в цепь электрического тока различают следующие **способы дуговой сварки**: сварка неплавящимся графитовым или вольфрамовым электродом, плавящимся металлическим электродом, косвенной дугой, трехфазной дугой (рис. 31).

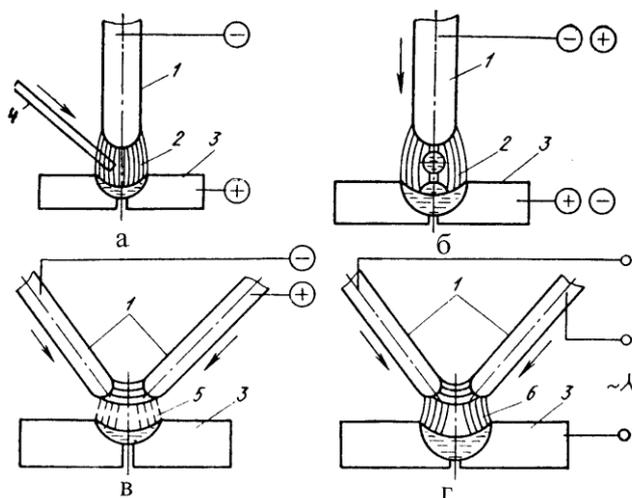


Рис. 31. Схемы дуговой сварки: *а* – неплавящимся электродом; *б* – плавящимся электродом; *в* – косвенной дугой; *г* – трехфазной дугой (1 – электрод; 2 – дуга прямого действия; 3 – основной металл; 4 – присадочный металл; 5 – косвенная дуга; 6 – трехфазная дуга)

**При сварке неплавящимся электродом** дугой прямого действия соединение выполняется путем расплавления только основного металла, либо с применением присадочного металла (рис. 31, а).

**Сварка плавящимся электродом** дугой прямого действия осуществляется с одновременным расплавлением основного металла и электрода, который пополняет сварочную ванну жидким металлом (рис. 31, б).

**Сварка косвенной дугой**, горящей между двумя, обычно неплавящимися электродами, осуществляется с нагревом и расплавлением основного металла теплотой столба дуги (рис. 31, в).

При **сварке трехфазной дугой** дуга горит между электродами, а также между каждым электродом и основным металлом (рис. 31, г).

Для питания сварочной дуги используют источники переменного тока (сварочные трансформаторы) и постоянного тока (сварочные выпрямители и генераторы). Более распространены источники переменного тока, так как имеют ряд технико-экономических преимуществ (проще в эксплуатации, долговечнее, имеют более высокий КПД, чем выпрямители и генераторы постоянного тока). Однако постоянный ток предпочтителен с точки зрения технологии: при его применении повышается устойчивость горения дуги, улучшаются условия сварки в различных пространственных положениях и др.

При работе на постоянном токе свариваемое изделие обычно присоединяют к положительному полюсу (аноду), а электрод – к отрицательному (катоду). Такое соединение называется **включением на прямую полярность**. Иногда (особенно при малых сечениях изделия), во избежание прожога, изделие присоединяют к катоду, а электрод – к аноду. Такое соединение называется **включением на обратную полярность**.

### 3.9.2. Электрическая дуга и ее свойства

**Электрическая дуга** – это мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла.

**Длина дуги** – расстояние между сварочной ванной и электродом.

Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения. В большинстве случаев процесс зажигания состоит из следующих этапов: короткое замыкание электрода на заготовку, отвод электрода на 3–6 мм, возникновение устойчивого дугового разряда.

Короткое замыкание выполняется для разогрева торца электрода и заготовки в зоне контакта с электродом. После отвода электрода с его разогретого конца (катода) под действием электрического поля начинается термоэлектронная эмиссия электронов. Столкновение быстро движущихся по направлению к аноду электронов с молекулами газов и паров металла приводит к их ионизации. По мере разогрева столба дуги и повышения кинетической энергии атомов и молекул происходит до-

полнительная ионизация за счет их соударения. В результате дуговой промежуток становится электропроводным и через него начинается разряд электричества. Процесс зажигания дуги заканчивается возникновением устойчивого дугового разряда.

Для получения высококачественного соединения необходимо иметь устойчивость горения дуги и не допускать ее прерывистости.

Для обеспечения устойчивого горения сварочной дуги надо, чтобы ее основные параметры (ток и напряжение) находились в определенной зависимости друг от друга. Графическое изображение этой зависимости в состоянии устойчивого горения называется **статической вольт-амперной характеристикой дуги** (рис. 32).

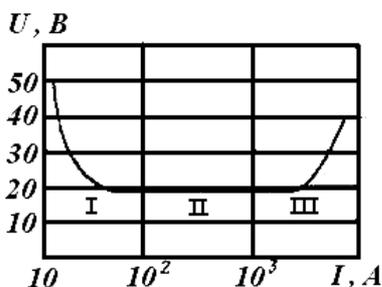


Рис. 32. Статическая вольт-амперная характеристика дуги:  
I – падающая; II – жесткая; III – возрастающая

Характеристика состоит из трех областей. В области I увеличение тока до 80 А вызывает резкое падение напряжения дуги. **Дугу с падающей характеристикой** практически не используют из-за ее неустойчивости. В области II статическая характеристика имеет жесткий характер, напряжение на дуге почти не изменяется. **Дугу с жесткой характеристикой** применяют для ручной и автоматической сварки. **Дугу с возрастающей статической характеристикой** (область III) используют в автоматических и полуавтоматических процессах при сварке под флюсом и в атмосфере защитных газов.

### 3.9.3. Электроды для электродуговой сварки

**Электрод** – это металлический, угольный или графитовый стержень, применяемый для осуществления электродуговой сварки.

**Неплавящиеся электроды** бывают угольными, графитовыми и вольфрамовыми. Угольные и графитовые электроды применяют только при сварке на постоянном токе, вольфрамовые – при сварке постоянным и переменным током.

**Плавящиеся электроды**, в зависимости от назначения и химического состава свариваемого металла, могут быть изготовлены из стали, чугуна, меди, латуни, бронзы, алюминия, твердых сплавов. Их применяют без покрытия или со слоем тонкого либо толстого покрытия.

**Электроды с тонким покрытием**, которое обеспечивает лишь устойчивость горения дуги, обычно применяют для изготовления ответственных конструкций из углеродистых сталей. Для сварки ответственных изделий применяют **электроды с толстым покрытием**, которое обеспечивает хорошую ионизацию дуги, защиту расплавленного металла сварочной ванны от воздействия окружающего воздуха, раскисление и легирование металла шва.

По характеру компонентов покрытия бывают основные, кислые и рутиловые. **Кислые покрытия** состоят из оксидов железа, марганца, кремния; они не обеспечивают хорошего раскисления металла. **Основные покрытия** содержат в основе карбонаты – мрамор ( $\text{CaCO}_3$ ), мел, магнезит и плавиковый шпат; они обеспечивают высокие пластические свойства наплавленного металла. Рутиловые покрытия имеют в своем составе рутил ( $\text{TiO}_2$ ), алумосиликаты, карбонаты; они обеспечивают устойчивое горение дуги при переменном токе и высокое качество металла.

Покрытия служат также для раскисления и легирования металла, поэтому содержат ферросплавы марганца, титана, молибдена, хрома, кремния, алюминия, ниобия и др. Защита от кислорода воздуха обеспечивается наличием в покрытии газообразующих (муки, крахмала, целлюлозы и т.д.) и шлакообразующих веществ (титанового концентрата, марганцевой руды, каолина, мрамора, мела и др.). Для закрепления компонентов покрытия на электроде используют жидкое стекло, декстрин.

**По назначению электроды** подразделяют на следующие виды: для сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей (ГОСТ 9467-75\*), для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами (ГОСТ 10052-75\*), для наплавки (ГОСТ 10051-75\*), для сварки чугуна, цветных сплавов и т.д.

Некоторые основные типы электродов для ручной сварки, их назначение и механические свойства наплавленного металла (временное сопротивление разрыву  $\sigma_6$ , относительное удлинение  $\delta_5$  и ударная вязкость  $KCU$ ) приведены в табл. 16.

Обычно используется сокращенная **маркировка электродов**. Электроды для ручной сварки обозначают буквой Э, после которой указывают или число, соответствующее пределу прочности наплавленного металла при сварке конструкционных сталей, или химический состав проволоки электрода для сварки теплоустойчивых и высоколегированных сталей. Буква А в конце марки означает, что электроды повышенного качества и обеспечивают высокую пластичность наплавленного металла.

**Основные типы электродов для ручной электродуговой сварки  
и сварочной проволоки**

Тип электрода для ручной сварки	Механические свойства наплавленного металла после ручной сварки			Марка сварочной проволоки для сварки под флюсом или в защитных газах	Примерное назначение
	$\sigma_s$ МПа	$\delta_s$ , %	$KCU$ , КДж/м <sup>2</sup>		
1	2	3	4	5	6
Э38 Э42 Э46 Э50	380 420 460 500	14 18 18 16	300 800 800 700	Св – 08 Св – 08ГС Св – 08Г2С	Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей при $\sigma_s \leq 500$ МПа (Ст 3, 20, 08кп, 25Г и др.)
Э42А Э46А Э50А	420 460 500	22 22 20	1500 1400 1300	Св-08А Св-08ГА Св-08Г2С Св-10НМА	То же, но для ответственных конструкций предъявляются повышенные требования по пластичности и ударной вязкости (20Х, 14ХГС и др.)
Э55 Э60	550 600	20 18	1200 1000	Св-08ГС Св-10ГН Св-12ГС	Для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с $\sigma_s = 500-600$ МПа (сталь 35, 45, 10Г2 и др.)
Э70 Э85 Э100 Э125 Э150	700 850 1000 1250 1500	14 12 10 8 6	600 500 500 400 400	Св-10ХМА Св-08ГСМТ Св-10ХН2ГМТ Св-08ХН2Г2СМЮ Св-20ГСТЮА Св-08Х3Г2А Св-08Х3Г2СМ	Для сварки легированных конструкционных сталей с $\sigma_s \geq 600$ МПа (18ХГТ, 30ХГСА, 40Х и др.). Необходима термообработка электродов и сварных изделий по специальным режимам

1	2	3	4	5	6
Э-09М Э-09Х1М Э-09Х1МФ Э-10Х3М1БФ Э-10Х5МФ	450 480 500 550 550	18 18 16 14 14	000 900 800 600 600	Св-08ХМ Св-08ХГСМА Св-08ХГСМФА Св-08ХЗГ2СМ Св-10Х5М	Для сварки теплоустойчивых сталей типа 12ХМ, 12Х1МФ, 25ХМФ, 15Х5, 15Х5ВФ
Э-12Х13 Э-06Х13Н Э-12Х11НМФ	600 650 700	16 14 15	500 500 500	Св-06Х14 Св-08Х14ГНТ Св-08Х18Н2ГТ	Для сварки коррозионностойкой стали типа 12Х13
Э-04Х20Н9 Э-06Х19Н11Г2М2 Э-08Х19Н10Г2МБ	550 500 600	30 25 24	1000 900 700	Св-06Х19Н10Т Св-05Х19Н9Ф3С2 Св-08Х20Н9Г7Т Св-06Х20Н11М3ТБ	Для сварки коррозионностойкой жаростойкой стали типа 08Х18Н10Т
Э-08Х24Н6ГАФМ Э-10Х25Н13Г2Б Э-28Х24Н16Г Э-02Х19Н15Г4МББ2 Э-08Х25Н16М10Г2	700 600 600 650 650	15 25 25 30 24	500 700 1000 1200 1200	Св-06Х20Н11М3ТБ Св-01Х19Н18Г10АМ4 Св-06Х23Н28М3Д3Т Св-08Х25Н13Б1Ю	Для сварки аппаратов химической промышленности, жаростойкой и жаропрочной стали типа 10Х17Н13М, 10Х23Н18, 10Х25Н16Г7АБ, 06Х23Н28М3Д3Т

### 3.10. Ручная электродуговая сварка покрытым плавящимся электродом

#### 3.10.1. Сущность способа

Ручная дуговая сварка плавящимися электродами – это дуговая сварка, выполняемая электродом, который, расплавляясь при сварке, служит присадочным металлом и выполняется человеком вручную. Она является наиболее распространенным способом дуговой сварки. Дуга горит между изделием и электродом, закрепленным в электрододержателе, который держит в руке сварщик. Операции по зажиганию дуги, перемещению ее относительно изделия и подаче электрода выполняет сварщик, манипулируя электрододержателем. Сварка может выполняться во всех пространственных положениях.

Сварочный пост (специально оборудованное место) для ручной сварки состоит из сварочного аппарата постоянного или переменного тока, сварочного стола с заземлением, маски или щитка для защиты лица сварщика от излучения и брызг, электрододержателя (приспособле-

ния для закрепления электрода и подвода к нему электрического тока через гибкие провода), различных сборочно-сварочных приспособлений (рис. 33). Сварочный пост может быть стационарным или передвижным.

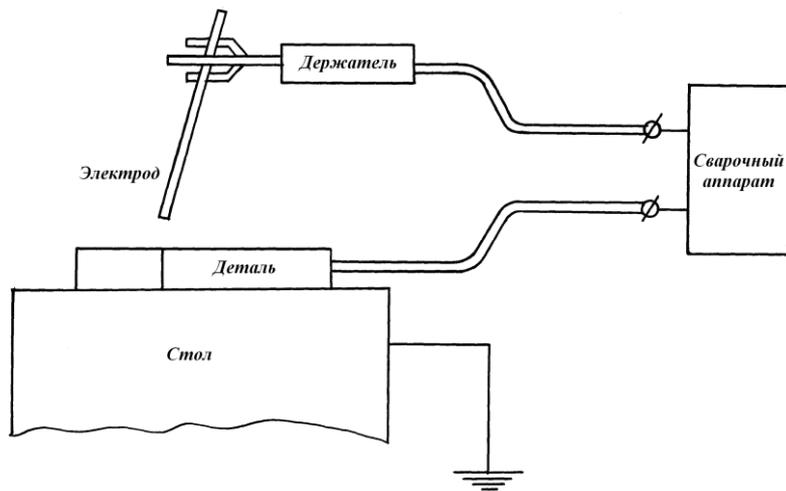


Рис. 33. Схема поста ручной электродуговой сварки

Схема процесса ручной электродуговой сварки плавящимся покрытым электродом приведена на рис. 34.

Дуга 8 горит между стержнем электрода 7 и основным металлом 1. Стержень электрода плавится, расплавленный металл каплями стекает в металлическую ванну 9. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода 6, образуя газовую защитную атмосферу 5 вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну 4 на поверхности расплавленного металла. Металлическая и шлаковая ванны вместе образуют **сварочную ванну**. По мере движения дуги сварочная ванна затвердевает и формируется сварной шов 3. Жидкий шлак после остывания образует твердую шлаковую корку 2.

Достоинствами ручной дуговой сварки, обеспечивающими ее широкое распространение, являются простота и маневренность оборудования, универсальность по маркам сварочных материалов и пространственному положению свариваемых швов, возможность сваривать криволинейные швы, свобода передвижения сварщика в радиусе нескольких десятков метров от источника питания (переносятся только держатель и электроды). Основным недостатком способа является его низкая производительность.

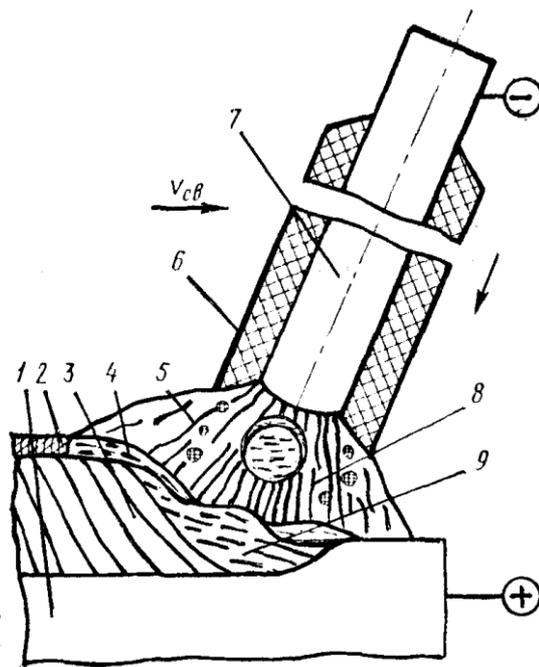


Рис. 34. Схема процесса ручной электродуговой сварки металлическим покрытым электродом: 1 – основной металл; 2 – шлаковая корка; 3 – сварной шов; 4 – шлаковая ванна; 5 – газовая защитная атмосфера; 6 – покрытие электрода; 7 – стержень электрода; 8 – электрическая дуга; 9 – металлическая ванна

### 3.10.2. Режим ручной электродуговой сварки

**Режим сварки** – один из основных элементов технологического процесса, который определяет качество и производительность сварки. При ручной дуговой сварке **основными параметрами режима являются:** диаметр электрода в миллиметрах ( $d_{эл}$ , мм), сварочный ток в амперах ( $I_{св}$ , А), напряжение на дуге в вольтах ( $U_д$ , В), скорость сварки в метрах в час ( $V_{св}$ , м/ч).

Определение режима сварки начинают с выбора диаметра электрода, его типа и марки. Электроды для ручной электродуговой сварки изготавливают следующих диаметров: 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 мм (ГОСТ 9466-75\*). Диаметр стержня электрода  $d_{эл}$  выбирают исходя из толщины детали  $S$  (табл. 17).

Рекомендуемый диаметр стержня электрода ( $d_{эл.}$ )

$S$ , мм	до 2	3–5	4–10	12 и более
$d_{эл.}$ , мм	2–3	3–4	4–5	5–6

**Сварочный ток** ( $I_{св}$ , А), в зависимости от диаметра электрода, определяют по формуле

$$I_{св} = \kappa \times d_{эл.},$$

где  $\kappa$  – коэффициент, равный  $\approx 50$  А/мм;  $d_{эл.}$  – диаметр электрода, мм.

**Напряжение на дуге** ( $U_{д.}$ , В) для наиболее широко применяемых электродов в среднем составляет 25–28 В.

**Скорость сварки** ( $V_{св}$ , м/ч) определяют по формуле

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \times I_{св}}{\gamma \times F_{н.м} \times 100},$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч ( $\alpha_n \approx 8–12$  г/А·ч);

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

$\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup> (плотность стали  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);

$F_{н.м}$  – площадь поперечного сечения шва, представляющая сумму площадей элементарных геометрических фигур, составляющих сечение шва, см<sup>2</sup>.

**Площадь сечения стыкового шва** ( $F_{н.м}$ , мм<sup>2</sup>) без разделки кромок определяется по формуле

$$F_{н.м} = 0,75 \times e \times g + e \times S.$$

**Площадь сечения стыкового шва с разделкой кромок** определяется по формуле

$$F_{н.м} = 0,75 \times e \times g - 2h_p \times tg \frac{\alpha}{2} + e \times S.$$

**Площадь сечения углового шва** определяется по формуле

$$F_{н.м} = \frac{K^2}{2} + 1,05 \times K \times g,$$

где  $e$  – ширина шва, мм;

$g$  – высота усиления, мм;

$e$  – зазор в стыке, мм;  
 $K$  – катет шва, мм;  
 $h_p$  – высота разделки, мм;  
 $\alpha$  – угол разделки, град.;  
 $S$  – толщина свариваемого металла, мм.

**Параметры  $e, g, e, h_p, \alpha$**  определяются по ГОСТ 5264-80\*. Ориентировочная площадь поперечного сечения шва может определяться площадью прямоугольного треугольника с катетами, равными толщине металла. Если толщина свариваемых листов различна, то катет выбирается по меньшей толщине. Чтобы обеспечить удовлетворительную форму шва при сварке в нижнем положении, **площадь поперечного сечения каждого прохода** ( $F_{np}$ , мм<sup>2</sup>) не должна быть больше  $F_{np} = 12 d_{эл}$ . **Проход** – это однократное перемещение источника тепла при сварке в одном направлении.

При сварке толстого металла **число проходов** определяется по формуле

$$n = \frac{\sum F_{н.м}}{F_{np}},$$

где  $n$  – число проходов;

$\sum F_{н.м}$  – площадь поперечного сечения шва (площадь наплавляемого металла) плюс 10–15% на утолщение шва, мм<sup>2</sup>;

$F_{np}$  – площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, мм<sup>2</sup>.

Зная площадь наплавленного металла, плотность и длину сварных швов, определяют **массу наплавленного металла** ( $G_{н.м}$ , г)

$$G_{н.м} = F_{н.м} \times L \times \gamma,$$

где  $F_{н.м}$  – площадь наплавленного шва, см<sup>2</sup>;

$L$  – суммарная длина швов на изделии, см;

$\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup>.

**Расход электродов** ( $G_{эл}$ , г) определяется по формуле

$$G_{эл} = G_{н.м} \times K_{эл},$$

где  $K_{эл}$  – коэффициент расхода электродов с учетом потерь на разбрызгивание, угар металла и т.д. (коэффициент расхода электродов с толстым покрытием  $K_{эл} \approx 1,4-1,8$ ; с тонким покрытием – 1,2–1,3).

**Время сварки изделия** ( $t_{св}$ , ч) подсчитывают, используя формулу

$$t_{св} = \frac{G_{н.м}}{\alpha_n \times I_{св}},$$

где  $G_{н.м}$  – масса наплавленного металла, г;

$\alpha_n$  – коэффициент наплавки, г/А·ч ( $\alpha_n \approx 8-12$  г/А · ч);

$I_{св}$  – сварочный ток, А.

**Количество электроэнергии**, идущей на сварку изделия ( $Q$ , кВт·ч), определяют по формуле

$$Q = 0,001 \times U_{д} \times I_{св} \times t_{св},$$

где  $U_{д}$  – напряжение на дуге, В;

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

$t_{св}$  – время сварки, ч.

### 3.10.3. Технология ручной электродуговой сварки покрытым плавящимся электродом

Технологический процесс ручной дуговой сварки осуществляется в следующей последовательности:

- 1) **разделать** кромки свариваемых элементов;
- 2) **очистить** контактирующие и примыкающие к ним поверхности свариваемых элементов на ширину 20-40 мм с каждой стороны от загрязнений и окислов металлической щеткой;
- 3) **разместить** на столе сварочного поста свариваемые элементы, произвести точную подгонку кромок и сборку элементов под сварку в специальных приспособлениях (кондукторах);
- 4) **закрепить** электрод в электрододержателе;
- 5) **установить регулятор** сварочного аппарата на требуемую силу тока;
- 6) **закрыть лицо** маской или щитком;
- 7) **включить питание и зажечь дугу**: чтобы зажечь дугу необходимо концом электрода коснуться поверхности изделия и быстро отвести его на 2–3 мм (на расстояние длины дуги) вертикально вверх, либо чиркнуть боковым движением электрода по поверхности изделия и быстро отвести его. Необходимо длину дуги – расстояние между электродом и заготовкой – поддерживать постоянной в течение всего времени сварки. Для получения качественной сварки поддерживают более короткую дугу (до 20–30 мм). Контролировать длину дуги можно по внешним признакам. При короткой дуге около шва будет образовываться не-

большое количество мелких капель металла, электрод плавится спокойно, издавая равномерный звук одного тона. При длинной дуге плавление электрода сопровождается сильным разбрызгиванием и около шва появляется много крупных брызг расплавленного металла, шов получается неровный. Длинная дуга при горении дает резкий и громкий звук, часто прерывающийся и сопровождающийся хлопками;

8) **начать сварку**, накладывая валик. **Валик** – это металл сварного шва, наплавленный за один проход. В зависимости от толщины свариваемого изделия шов выполняют за один или несколько проходов. Для лучшего формирования шва электрод наклоняют под углом  $65-80^\circ$  к линии шва и концом электрода совершают колебательные движения в поперечном направлении для получения шва необходимой ширины, перемещая его вдоль шва. Амплитуда поперечных колебаний конца электрода не должна превышать двух-трех диаметров электрода. По мере плавления электрод подают в сварочную ванну для поддержания постоянной длины дуги. При сварке необходимо держать дугу без отрыва до конца сварки или до расплавления всего электрода. Если дуга оборвалась, ее зажигают вновь немного впереди места обрыва, на еще несваренном металле;

9) **прерывание дуги** в конце сварки производят путем укорачивания дуги и быстрого отвода электрода в сторону за пределы кратера сварочной ванны. **Кратер** – это углубление, образующееся в конце валика под действием давления дуги и объемной усадки металла шва.

### 3.11. Газовая сварка металлов

#### 3.11.1. Сущность газовой сварки

**Газовая сварка** – это способ сварки плавлением, при котором нагрев и расплавление металла изделия и присадочного металла осуществляется за счет теплоты, получаемой при сгорании горючего газа в кислороде. При этом способе сварки горючий газ также является средством защиты от проникновения азота и кислорода воздуха в сварочную ванну. Схема газовой сварки представлена на рис. 35. При нагреве газосварочным пламенем 4 кромки свариваемых заготовок 1 расплавляются, а зазор между ними заполняется присадочным металлом 2, который вводят в пламя горелки 3.

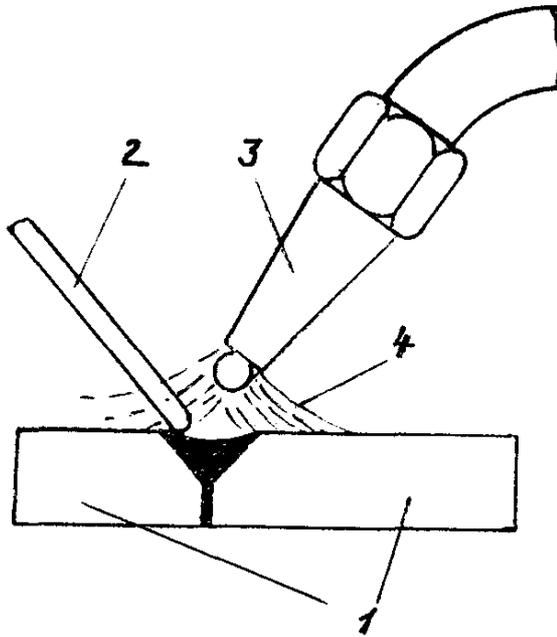
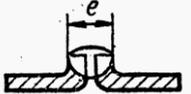
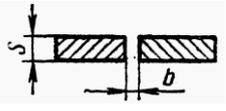
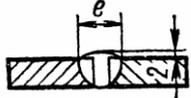


Рис. 35. Схема газовой сварки: 1 – свариваемые заготовки; 2 – присадочный металл; 3 – горелка; 4 – газосварочное пламя

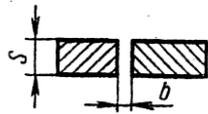
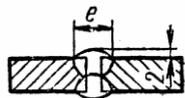
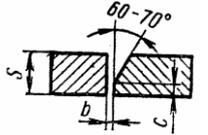
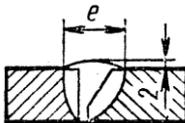
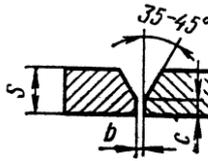
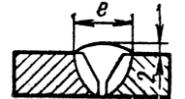
Газовую сварку применяют для изготовления и ремонта тонкостенных изделий из черных и цветных сплавов, наплавки, пайки, закалки, правки конструкций и других работ. Обычно способом газовой сварки получают стыковые соединения. Угловые, тавровые и нахлесточные – производить избегают ввиду больших деформаций и термических напряжений в изделиях, образующихся в процессе сварки. При выполнении стыковых соединений требуется специальная подготовка кромок (табл. 18). Сварка выполняется при различных положениях швов в пространстве, но наиболее производительна сварка нижних швов. Процесс газовой сварки визуально контролируется; можно в широких пределах менять интенсивность нагрева, приближая – отдаляя или наклоняя горелку; оборудование несложное и передвижное, что позволяет использовать его в полевых условиях.

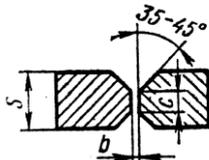
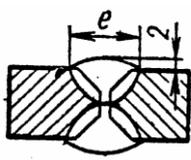
Таблица 18

**Конструктивные элементы подготовки кромок и сварных швов стыковых соединений при газовой сварке\***

Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Конструктивные элементы		Размеры, мм				
		подготовленных кромок	сварного шва	толщина металла, $S$	притупление, $c$	зазор в стыке, $e$	ширина шва, $e$	высота усиления шва, $g$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
С отбортовкой двух кромок	Односторонний			0,5-1	–	0-1	1-2	–
Без скоса кромок	Односторонний			1-5	–	0,5-2	5-7	1-1,5

Продолжение табл. 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Без скоса кромок	Двусторонний			3-6	-	1-2	6-8	1-2
Со скосом одной стороны	Односторонний			5-10	-	1,5-3	8-12	1-2,5
Со скосом двух кромок	Односторонний			6-15	1,5-3	2-4	12-20	1,5-2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
С двумя скосами двух кромок	Двусторонний			12-25	2-4	2-4	20-34	2-2,5

\* 1. Высота разделки кромок  $h_p = S - c$ .

2. Возможны формы подготовки кромок с криволинейным или ломаным скосом, с двумя скосами одной кромки и др.

3. При сварке металла различной толщины на более толстом листе на участке длиной  $\geq 5S$  необходимо сделать скос с одной или двух сторон листа до толщины более тонкого листа, после чего следует выполнить подготовку кромок.

Основными недостатками способа являются низкая производительность, большие деформации основного металла из-за медленного нагрева изделия, перегрев и, как следствие, рост зерна в сварном соединении.

Газовая сварка может быть ручной, полуавтоматической и автоматической.

### 3.11.2. Материалы для газовой сварки

При газовой сварке применяют горючие газы, присадочный металл и флюсы.

Для образования сварочного пламени при газовой сварке используют различные **горючие газы** или пары горючих жидкостей: ацетилен, пропан, бутан, природный газ, водород, пары бензина, керосина и др. Наиболее широко применяют ацетилен, поскольку он обеспечивает получение пламени с более высокой температурой (3200 °С), чем другие горючие газы и жидкости.

**Присадочный металл** в пламя горелки вводят в виде проволоки для сварки сталей и цветных сплавов, в виде литых чугунных стержней – для сварки чугуна, для наплавки износостойких покрытий – литые стержни из твердых сплавов. Присадочная проволока для газовой сварки сталей такая же, как и при всех видах дуговой сварки и выбирается согласно ГОСТ (табл. 16). Присадочный металл, расплавляясь, обеспечивает лучшее заполнение шва металлом.

**Проволока сварочная** стальная холоднотянутая выпускается по ГОСТ 2246-70\* с номинальным диаметром 0,3; 0,5; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12 мм. Химический состав стальной сварочной проволоки выбирают в зависимости от марки свариваемых сталей. Некоторые марки сварочной проволоки приведены в табл. 16.

Проволока имеет буквенно-цифровое обозначение, включающее диаметр, ее назначение и химический состав. Химический состав записывают по аналогии с маркировкой стали. Например, проволока обозначена 3Св-04Х20Н9, ГОСТ 2246-70\* (3 – диаметр проволоки, мм; 0,04 % углерода, 20 % хрома, 9 % никеля). В конце марки через дефис может быть указано: О – омедненная проволока, Э – проволока для изготовления электродов.

**Флюсы** при газовой сварке применяют для растворения окислов и образования шлаков на поверхности свариваемого металла, поскольку окислы некоторых металлов (магния, алюминия, цинка) не могут быть восстановлены пламенем горелки; для защиты свариваемых металлов от окисления; раскисления и легирования наплавленного металла. Флюсы применяют в виде порошков или паст, подавая их на свариваемые кромки в процессе сварки или нанося заранее. В зависимости от

свариваемых сплавов флюсы могут быть различных составов. Для сварки меди и ее сплавов, хромистых и хромоникелевых сталей используют кислые флюсы (буру, буру с борной кислотой); для сварки алюминиевых сплавов – бескислородные флюсы (на основе фтористых и хлористых солей лития, калия, натрия, кальция). При сварке низкоуглеродистых сталей флюсы не требуются.

### 3.11.3. Аппаратура и оборудование газовой сварки

Основным оборудованием и аппаратурой при газовой сварке являются баллоны, редукторы, сварочные горелки и ацетиленовые генераторы\*.

Газовые баллоны

Ацетилен, для питания сварочного поста, подают из ацетиленовых генераторов, в которых получают ацетилен при взаимодействии карбида кальция и воды, или из баллонов. Кислород подают из баллонов.

**Газовые баллоны** представляют собой цельнотянутые стальные бутылки и применяются для хранения и транспортировки сжатого газа (рис. 36).

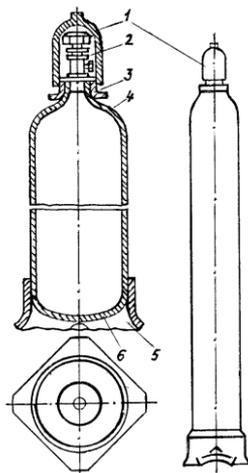


Рис. 36. Схема газового баллона: 1 – защитный колпак; 2 – запорный вентиль; 3 – кольцо с резьбой для наворачивания защитного колпака; 4 – горловина; 5 – башмак; 6 – сферическое днище

Для устойчивости на нижнюю часть баллона насаживается стальной башмак 5. Верхняя часть баллона переходит в горловину 4, имею-

\* Здесь ацетиленовые генераторы не рассматриваются

щую внешнюю и внутреннюю резьбу. На внешнюю (цилиндрическую) резьбу навинчивается предохранительный колпак 1, а во внутреннюю (коническую) – ввертывается запорный вентиль 2. Перед началом работы необходимо снять предохранительный колпак и присоединить к вентилю редуктор для получения рабочего давления.

Ацетиленовый баллон заполняется пористой массой (асбестом, древесным углем и др.), пропитанной ацетоном, а затем – ацетиленом. Растворение ацетилена в ацетоне позволяет вместить больший объем газа в баллон, а пористые вещества существенно снижают взрывоопасность ацетилена. Давление ацетилена в баллоне – 1,9 МПа, количество – 5 м<sup>3</sup> (емкость баллона 40 л). Окраска ацетиленового баллона – белая с красной надписью «Ацетилен».

В кислородном баллоне стандартной емкости 40 литров содержится 6 м<sup>3</sup> кислорода при давлении 15 МПа. Кислородный баллон окрашивают в голубой цвет с черной надписью «Кислород».

### Газовые редукторы

**Редукторы** служат для автоматического понижения давления газа, выходящего из баллона, и поддержания постоянного давления его во время работы. Редукторы по назначению делятся на центральные, баллонные и постовые. По конструкции редукторы могут быть двойного или одинарного действия. Одинарные редукторы устанавливаются на баллоне. Схема устройства одинарного редуктора представлена на рис. 37.

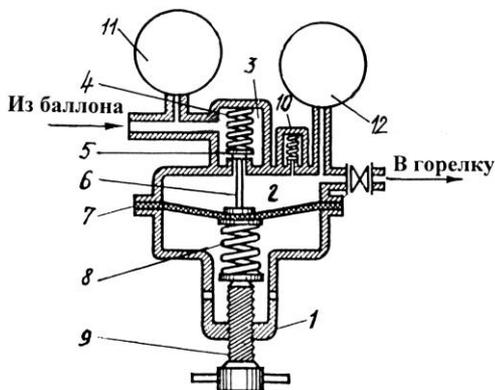


Рис. 37. Схема однокамерного редуктора: 1 – корпус редуктора; 2 – камера низкого давления; 3 – камера высокого давления; 4 – запорная пружина; 5 – клапан высокого давления; 6 – толкатель; 7 – мембрана; 8 – главная пружина; 9 – регулировочный винт; 10 – предохранительный клапан; 11 – манометр высокого давления; 12 – манометр низкого давления

Газ из баллона, пройдя вентиль, поступает в камеру высокого давления 3, на входе в которую установлен манометр высокого давления 11. Если повернуть регулировочный винт 9, то главная пружина 8 нажмет на мембрану 7, которая посредством толкателя 6 приподнимет клапан высокого давления 5, сжимаемый более слабой пружиной 4, и даст возможность газу пройти в камеру низкого давления 2 и выходное отверстие, через которое газ поступает в трубопровод или шланг с требуемым рабочим давлением. Давление в камере низкого давления определяется манометром низкого давления 12. Рабочее давление при сварке для кислорода составляет 0,1–0,5 МПа, для ацетилена – 0,01–0,15 МПа.

Редукторы для различных газов отличаются лишь устройством присоединительной части. Корпус редуктора окрашивают в определенный цвет: в голубой – для кислорода, в белый – для ацетилена и т.д.

### **Горелка для газовой сварки**

**Горелка для газовой сварки** – это устройство, которое используют для получения смеси из горючего газа и кислорода с последующим образованием направленного сварочного пламени. По принципу подачи горючего газа в смесительную камеру горелки подразделяют на **инжекторные и безинжекторные**. Главным образом применяются инжекторные горелки, так как они работают на ацетилене низкого или среднего давления и относительно безопасны при работе.

Инжекторная горелка предназначена для сварки черных и цветных металлов и сплавов (рис. 38). В этих горелках кислород из баллонов поступает по шлангу к ниппелю 8 и затем по трубке 10 – к вентилю 6 и через него в инжектор 12. Выходя из инжектора с большой скоростью, кислород вызывает разрежение в ацетиленовом канале 7, следствием чего является засасывание ацетилена через ниппель 9 в смесительную камеру 3, где и образуется горючая смесь. Горючая смесь 1 выходит по трубке наконечника 2 через мундштук 13. Для регулирования состава горючей смеси служат вентили 6 и 11, расположенные в корпусе горелки 5, к которому посредством накидной гайки 4 присоединяется наконечник 2. Инжекторные горелки имеют комплект сменных наконечников с различными диаметрами выходных отверстий инжектора и мундштука, что позволяет регулировать мощность пламени и выполнять сварку металла различной толщины.

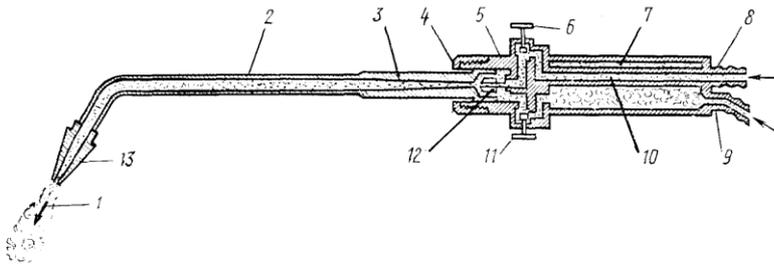


Рис. 38. Схема инжекторной горелки: 1 – горючая смесь; 2 – трубка наконечника; 3 – смесительная камера; 4 – накидная гайка; 5 – корпус горелки; 6 – вентиль для кислорода; 7 – ацетиленовый канал; 8 – кислородный ниппель; 9 – ацетиленовый ниппель; 10 – кислородная трубка; 11 – вентиль для ацетилена; 12 – инжектор; 13 – мундштук

### Пост газовой сварки

Для выполнения газовой сварки необходимо иметь ацетилен, кислород, горелку, редукторы, присадочный металл и специальные вспомогательные инструменты. Схема поста газовой сварки приведена на рис. 39. К вентилям баллонов крепят редукторы 6, 7. Для подвода газа от редуктора к сварочной горелке 4 служат резиновые шланги 5.

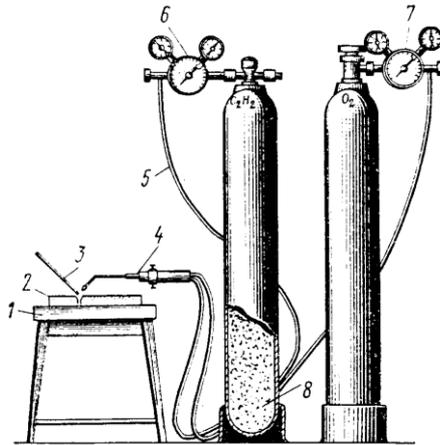


Рис. 39. Схема поста газовой сварки с питанием от баллонов: 1 – стол; 2 – свариваемые детали; 3 – присадочный металл; 4 – горелка; 5 – шланг; 6 – ацетиленовый редуктор; 7 – кислородный редуктор; 8 – пористая масса

### 3.11.4. Газосварочное пламя

**Газосварочное пламя** образуется в результате сгорания ацетилена или другого горючего газа, смешивающегося с кислородом в сварочных горелках. Строение, температура и влияние сварочного пламени на расплавленный металл зависят от соотношения кислорода и ацетилена в горючей смеси. В зависимости от этого соотношения различают три вида ацетилено-кислородного пламени:

**нейтральное** или **нормальное восстановительное** при соотношении  $O_2 : C_2H_2 = 1:1,2$ , которым сваривают большинство черных и цветных металлов и сплавов, а также осуществляются пайка, резка, напыление;

**науглероживающее**, в зоне которого имеется свободный углерод при соотношении  $O_2 : C_2H_2 \leq 1$ , т.е. при избытке ацетилена. Ядро пламени при этом удлиняется по сравнению с ядром нормального пламени, а пламя теряет резкие очертания. Науглероживающее пламя применяют при сварке чугуна и наплавке быстрорежущих сталей и твердых сплавов;

**окислительное**, в зоне которого имеется избыток кислорода, при соотношении  $O_2 : C_2H_2 = 1,3 - 1,5$ . Пламя при этом приобретает голубоватый оттенок, размеры ядра уменьшаются; такое пламя применяют при сварке латуней, термической резке и др.

Тепловая мощность газового пламени характеризуется расходом горючих газов и регулируется сменой наконечников горелки. Схема строения нормального газосварочного пламени и график распределения температуры по его длине приведены на рис. 40.

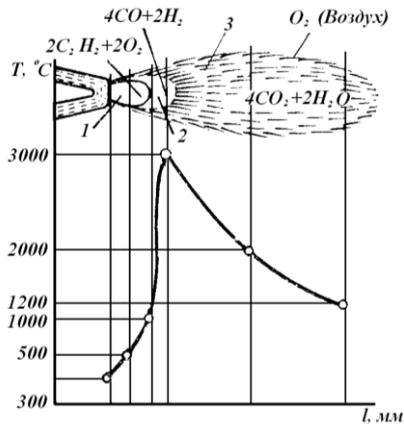


Рис. 40. Схема строения нормального газосварочного пламени и график распределения температуры по его длине: 1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел (окислительная зона)

Нормальное ацетилено-кислородное сварочное пламя делится на три резко выраженные зоны: ядро 1, восстановительную зону 2 и факел 3. Ядро имеет форму закругленного ярко светящегося конуса. Оно состоит из раскаленных частиц углерода, которые сгорая выходят на наружную часть ядра. Длина ядра зависит от скорости истечения горючей смеси из горелки. Восстановительная зона 2 (сварочная или рабочая зона) состоит в основном из окиси углерода и водорода, которые получаются в результате сгорания ацетилена. Эта зона по сравнению с ядром имеет более темный цвет. Максимальная температура пламени находится в восстановительной зоне на расстоянии 2–4 мм от ядра, поэтому этой частью пламени и производится расплавление свариваемого металла. Факел 3 (зона полного сгорания) находится за восстановительной зоной и имеет удлиненную конусообразную форму. Состоит факел из углекислого газа и паров воды, которые получаются в результате сгорания окиси углерода и водорода, поступающих из восстановительной зоны. Зона полного сгорания также играет роль газовой защиты, препятствующей соприкосновению расплавленного металла с кислородом и азотом воздуха.

### **3.11.5. Режим газовой сварки ацетиленовым пламенем**

**Режим сварки** зависит от тепло-физических свойств металла, габаритных размеров и формы свариваемого изделия и включает в себя мощность сварочного пламени, вид сварочного пламени, номер наконечника сварочной горелки, способ сварки, угол наклона мундштука наконечника горелки, угол наклона присадочного металла, диаметр присадочного металла, марку присадочного металла, массу наплавленного металла, расход присадочного металла, состав флюсов, время сварки, полный расход газов, скорость сварки.

#### **Мощность сварочного пламени**

Мощность сварочного пламени ( $A$ ,  $\text{дм}^3/\text{ч}$  ( $\text{л}/\text{ч}$ )) оценивается по расходу ацетилена, который вычисляется по формуле

$$A = K \times S ,$$

где  $A$  – расход ацетилена,  $\text{дм}^3/\text{ч}$  ( $\text{л}/\text{ч}$ );  $S$  – толщина свариваемых кромок, мм;  $K$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от свойств свариваемых металлов,  $\text{дм}^3/\text{ч} \cdot \text{мм}$  ( $K=70-80$  для нержавеющей сталей и сплавов алюминия;  $K=100-150$  для углеродистых сталей, чугуна, бронзы и латуни;  $K=160-200$  для меди).

#### **Номер наконечника сварочной горелки**

Номер наконечника сварочной горелки определяется по мощности сварочного пламени (табл. 19).

Таблица 19

## Технические характеристики инжекторных горелок (ГОСТ 1077-79\*)

Параметр		Номер наконечника									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм		0,2–0,5	0,5–1	1–2	2–4	4–7	7–11	11–17	17–30	30–50	св. 50
Расход, л/ч (дм <sup>3</sup> /ч)	ацетилена	40–50	65–90	130–180	250–350	420–600	700–950	1130–1500	1800–2500	2500–4500	4500–7000
	кислорода	45–55	70–100	140–200	270–380	450–650	750–1000	1200–1650	2000–2800	3000–5600	4700–9300
Давление на входе в горелку, МПа	ацетилена	0,001–0,10						0,01–0,10	0,03–0,10		
	кислорода	0,15–0,30		0,2–0,3			0,20–0,35		0,25–0,50		

## Способы сварки

Различают левый и правый способы сварки, которые отличаются по направлению движения горелки вдоль оси шва (рис. 41).

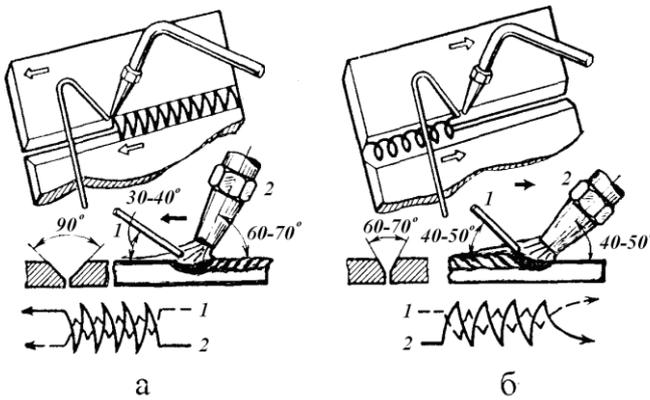


Рис. 41. Способы сварки – левый (а) и правый (б): 1 – присадочный металл; 2 – горелка (стрелками показано направление сварки)

При **левом способе** сварки пламя горелки перемещается справа налево и направлено на холодный металл, присадочный металл движется впереди горелки. Левый способ применяют при сварке изделий толщиной до 5 мм в основном нижних швов и вертикальных швов снизу вверх.

При **правом способе** сварки пламя горелки перемещается слева направо и направлено на горячий металл шва, присадочный металл движется позади горелки. Этот способ сварки применяют для сварки изделий толщиной более 5 мм горизонтальных, нижних, потолочных швов и вертикальных (при толщине до 5 мм) сверху вниз. Концы горелки и присадочного металла совершают поперечные движения.

### Угол наклона мундштука наконечника горелки и присадочного металла

Угол наклона мундштука наконечника горелки  $\alpha$  влияет на распределение теплоты по изделию, глубину проплавления кромок, скорость сварки и зависит от толщины свариваемых изделий и свойств свариваемого металла (рис. 42).

Присадочный пруток или проволоку располагают под углом 30-40° к поверхности свариваемого изделия.

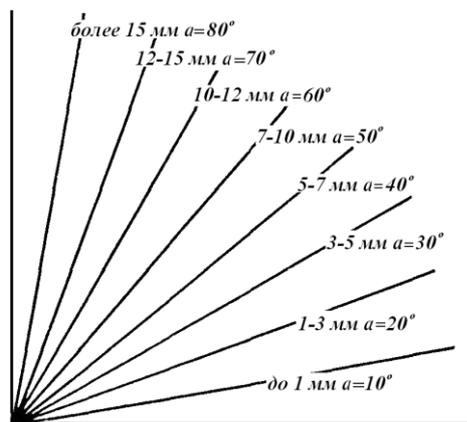


Рис. 42. Угол наклона горелки в зависимости от толщины свариваемого металла

### Диаметр присадочного металла

Диаметр присадочного металла ( $d$ , мм) выбирается в зависимости от способа сварки и толщины свариваемого металла ( $S$ , мм).

При левом способе

$$d = 0,5 \times S + 1,$$

при правом способе

$$d = 0,5 \times S.$$

При сварке изделий толщиной более 15 мм диаметр проволоки принимают равным 6–8 мм.

### Присадочный металл

Присадочная проволока для сварки стали должна удовлетворять всем требованиям ГОСТ 2246-70\* (табл. 16).

### Масса наплавленного металла

Масса наплавленного металла ( $G_{н.м}$ , кг) рассчитывается по формуле

$$G_{н.м} = \frac{F_{н.м} \times L \times \gamma}{1000},$$

где  $F_{н.м}$  – площадь сечения наплавленного шва, см<sup>2</sup>;  $L$  – суммарная длина швов, см;  $\gamma$  – плотность металла, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\gamma = 7,8$  г/см<sup>3</sup>).

Площадь сечения наплавленного шва ( $F_{н.м}$ ) определяется по формулам, приведенным в п. 3.10.2 данного пособия. Параметры  $e$ ,  $g$ ,  $v$ ,  $h_p$ ,  $\alpha$  определяются по справочной литературе (табл. 18).

### Расход присадочной проволоки

Расход присадочной проволоки ( $G_{np}$ , кг) определяется по формуле

$$G_{np} = G_{н.м} \times K_{np},$$

где  $G_{np}$  – масса присадочной проволоки, кг;  $G_{н.м}$  – масса наплавленного металла, кг;  $K_{np}$  – коэффициент расхода проволоки с учетом потерь на разбрызгивание и угар металла (для углеродистой стали  $K_{np}=1,1-1,2$ ).

### Время, затрачиваемое на сварку

Основное время ( $t$ , ч), затрачиваемое на сварку, определяется по формуле

$$t = \frac{1000 \times G_{н.м}}{A},$$

где  $t$  – время сварки, ч;  $G_{н.м}$  – масса наплавленного металла, кг;  $A$  – мощность пламени горелки,  $\text{дм}^3/\text{ч}$ .

### Полный расход горючего газа и кислорода

Полный расход горючего газа ( $Q_{c.c}$ ) и кислорода ( $Q_{O_2}$ ) определяется по формуле

$$Q = \frac{q \times t}{1000},$$

где  $Q$  – расход кислорода или ацетилена,  $\text{м}^3$ ;  $q$  – расход кислорода или ацетилена для определенного номера наконечника горелки,  $\text{дм}^3/\text{ч}$  (табл. 19);  $t$  – время сварки, ч.

### Скорость сварки

Скорость сварки ( $V_{св}$ ) определяется глубиной проплавления и зависит от свойств свариваемого металла.

$$V_{св} = C / S,$$

где  $V_{св}$  – скорость сварки,  $\text{м}/\text{ч}$ ;  $C$  – коэффициент скорости сварки,  $\text{м} \times \text{мм}/\text{ч}$  (для углеродистых сталей  $C=12-15 \text{ м} \cdot \text{мм}/\text{ч}$ );  $S$  – толщина свариваемого металла,  $\text{мм}$ .

### 3.11.6. Технология ручной газовой сварки низкоуглеродистой стали (до 0,25% С) ацетиленовым пламенем

Газовая сварка различных материалов имеет свои особенности. Рассмотрим технологию ручной газовой сварки на примере сварки низкоуглеродистой стали:

- 1) **разделить** кромки свариваемых элементов;
- 2) **очистить** контактирующие и примыкающие поверхности свариваемых элементов на ширину 20–40 мм с каждой стороны от загрязнений и окислов металлической щеткой;
- 3) **разместить** на столе сварочного поста свариваемые элементы, произвести точную подгонку кромок и сборку элементов под сварку в специальных приспособлениях (кондукторах);
- 4) **настроить** сварочную аппаратуру;
- 5) **зажечь горелку и отрегулировать пламя**: при зажигании горелки вентиль кислорода открыть на четверть, затем открыть вентиль ацетилена и поджечь выходящую из наконечника газовую смесь. После этого незамедлительно приступить к регулировке сварочного пламени. Состав пламени устанавливают по его внешнему виду (п. 3.11.4).
- 6) **закрыть лицо** маской или щитком;
- 7) **начать сварку**: установить мундштук горелки под прямым углом к свариваемой поверхности. Нагреть свариваемые кромки до образования жидкой сварочной ванны. Повернуть горелку так, чтобы угол между осью мундштука и свариваемыми кромками был в установленных пределах. Ввести в жидкую ванну конец присадочной проволоки под углом 30–40° в сторону противоположную наклону мундштука горелки. Выполнять сварку восстановительной зоной пламени на расстоянии 2–4 мм от кончика ядра с поддержанием металла в жидком состоянии до полного заполнения зазора между свариваемыми элементами присадочным металлом. По мере расплавления металла горелка перемещается справа налево или слева направо в зависимости от выбранного способа сварки вдоль кромок свариваемых элементов. При этом для более полного и равномерного прогрева и перемешивания сварочной ванны, горелка и присадочная проволока могут передвигаться по направлению сварки как прямолинейно, так и с поперечными движениями (спиралеобразными, зигзагообразными);
- 8) **окончить работу**: медленно отвести горелку от поверхности ванны на 50–60 мм и наплавленный металл подогреть пламенем еще примерно 0,5 мин. Погасить горелку закрыв сначала ацетиленовый вентиль, а затем – кислородный.

## 3.12. Газокислородная резка металлов

### 3.12.1. Сущность газокислородной резки

**Газокислородная резка** – один из самых распространенных способов термической резки сплавов. Он основан на свойстве металлов и сплавов сгорать в струе кислорода с выделением большого количества теплоты.

Кислородной резке подвергают металлы, температура воспламенения которых в кислороде ниже температуры своего плавления. Кроме того, температура плавления оксидов разрезаемого металла, образующихся при резке, должна быть ниже температуры плавления самого металла, что обеспечивает легкое выдувание оксидов из зоны реза. Разрезаемый металл не должен иметь высокую теплопроводность во избежание охлаждения зоны резки. Теплота, выделяющаяся при сгорании металла, должна быть достаточной для обеспечения непрерывного процесса резки. Таким требованиям отвечают углеродистые стали (углерода до 0,7 %) и низколегированные стали.

В качестве горючего материала при кислородной резке применяют ацетилен, пропан-бутан, пары бензина и др., но чаще – ацетилен.

Оборудование поста для газовой резки аналогично оборудованию поста газовой сварки с той лишь разницей, что вместо горелки используются специальные резаки со сменными мундштуками (рис. 39). Схема устройства ацетилено-кислородного резака для резки металла толщиной до 300 мм приведена на рис. 43.

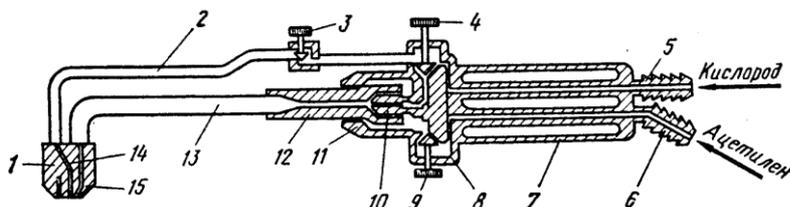


Рис. 43. Схема устройства универсального ацетилено-кислородного резака: 1 – головка; 2 – трубка режущего кислорода; 3, 4, 9 – вентили; 5, 6 – ниппели для шлангов; 7 – рукоятка; 8 – корпус резака; 10 – инжектор; 11 – накидная гайка; 12 – смесительная камера; 13 – наконечник; 14 – внутренний мундштук; 15 – наружный мундштук

В резке конструктивно объединены подогревающая и режущая части. Подогревающая часть аналогична подогревающей части свароч-

ной горелки. Режущая часть состоит из дополнительной трубки 2 для подачи режущего кислорода. В мундштуке находятся два отверстия для выхода подогревающего пламени и режущей струи кислорода. Смесь газов по трубке 13 подается в наружный мундштук 15 и, выходя через кольцевую щель вокруг внутреннего мундштука 14, сгорает, образуя подогревающее пламя.

При помощи разделительной газокислородной резки можно разделить изделие на части, раскроить листовый материал, вырезать отверстие и т.п.

Обычно разделительной газокислородной резкой разделяют металлы толщиной 3-300 мм. При резке изделия толщиной более 300 мм применяют специальные резаки. При резке металла толщиной менее 3 мм сгораемого в зоне реза металла недостаточно для выделения нужного количества теплоты. Поэтому для резки изделий таких толщин применяют пакетную резку.

Резать изделия можно в различных пространственных положениях.

Качество резки определяется ее точностью, формой реза, шероховатостью поверхности кромок и наличием грата на нижней кромке реза. **Грат** – прилипший к кромкам шлак, который счищают после резки.

При резке, из-за неравномерности нагрева и охлаждения разрезаемого изделия, могут возникнуть его **деформации**, вызывающие искажение формы вырезаемой заготовки. Чтобы снизить деформации уменьшают температуру нагрева кромок, нагревают изделие по возможности равномерно, жестко закрепляют разрезаемые изделия и др.

По сравнению с другими способами резки газовая резка высокопроизводительна и экономична; качество резки, в большинстве случаев, позволяет не производить механической обработки разрезанной поверхности; возможна резка металлов больших толщин (до 2000 мм) и вырезка сложных форм деталей; образуется меньшее количество отходов, не требуется сложное оборудование; проста в применении.

Газокислородная резка может быть ручной, полуавтоматической и автоматической. Также она подразделяется на разделительную, поверхностьную и кислородно-копьевую.

**Поверхностная газокислородная резка (строжка)** – это процесс снятия слоя металла кислородной струей с поверхности обрабатываемой детали или заготовки и применяется для устранения поверхностных дефектов отливок, проката, сварных швов, вырезки рельефов на поверхности изделий.

**Резка кислородным копьем** применяется для образования отверстий в металле и бетоне, отрезки прибылей крупных отливок и т.п.

Схема разделительной газокислородной резки приведена на рис. 44.

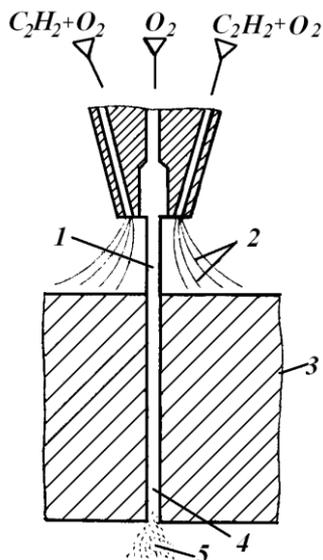


Рис. 44. Схема разделительной газокислородной резки:  
 1 – струя режущего кислорода; 2 – пламя резака; 3 – разрезаемое изделие; 4 – зона реза; 5 – оксиды

Процесс разделительной газокислородной резки начинается с нагрева металла в начальной точке реза подогревающим пламенем 2, выходящим из мундштука, до температуры начала горения металла 3. Затем по каналу мундштука подают режущий кислород 1, который сжигает металл, образуя в изделии узкую щель 4, и под давлением выдувает оксиды (шлак) 5 из зоны реза 4. С момента начала резки дальнейший подогрев металла до температуры его воспламенения происходит в основном за счет тепла реакции окисления железа.

### 3.12.2. Режим ручной разделительной газокислородной резки ацетиленовым пламенем

**Режим резки** выбирается в зависимости от толщины и марки разрезаемого металла. В табл. 20 приведен режим резки низкоуглеродистой стали.

К **параметрам режима** газокислородной резки относятся мощность пламени (расход ацетилена), вид пламени, давление ацетилена на входе в резак, давление кислорода на входе в резак, расход кислорода, расстояние мундштука от разрезаемой поверхности, ширина реза, расширение реза, отставание, скорость резки.

**Техническая характеристика универсального резака и параметры режима резки стали (горючий газ – ацетилен)**

Параметры	Толщина стали, мм					
	3–10	10–25	25–50	50–100	100–200	200–300
Номер наружного мундштука	1	1	1	2	2	2
Номер внутреннего мундштука	1	2	3	4	5	5
Расход ацетилена (мощность пламени), м <sup>3</sup> /ч	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Давление ацетилена на входе в резак, МПа	0,001–0,1					
Расход кислорода (режущего и подогревающего пламени), м <sup>3</sup> /ч	3,0	5,2	8,5	18,5	33,5	42
Давление кислорода на входе в резак, МПа	0,3	0,4	0,6	0,8	1,1	1,2
Рекомендуемое расстояние мундштука от поверхности, мм	2–3	3–4	3–5	4–6	5–8	7–10
Ширина реза, мм	2–2,5	2,5–3,5	3,5–4,5	4,5–7	7–10	10–15
Скорость резки, мм/мин	400–550	300–400	300–250	250–200	200–130	80–130

**Мощность пламени** характеризуется расходом горючего газа и зависит от толщины разрезаемого металла.

**Вид пламени:** для резки стали толщиной до 300 мм применяют нормальное пламя, для большей толщины – науглероживающее.

**Давление кислорода** зависит от толщины разрезаемого металла, формы режущего сопла и чистоты кислорода.

При резке нужно поддерживать постоянное **расстояние** между мундштуком и разрезаемой поверхностью.

**Ширина реза** ( $Ш$ ) зависит от толщины разрезаемого металла ( $S$ ). Ориентировочно

$$Ш_g = a + k \times S,$$

где  $Ш_g$  – ширина реза с верхней стороны, мм;  $a, k$  – постоянные коэффициенты, зависящие от конструкции резака и других условий резки ( $a \approx 2$  мм;  $k \approx 0,02-0,03$ );  $S$  – толщина разрезаемого изделия, мм.

Ширина реза с нижней стороны  $Ш_n = 1,1-1,5Ш_g$ . В результате разницы этих величин возникает неперпендикулярность ( $f$ ) кромки реза к поверхности изделия. Причина этого – расширение струи кислорода, искажение формы пламени, недостаточная чистота кислорода.

Эти же причины вызывают **отставание** ( $\Delta$ ) бороздок на поверхности кромок реза от оси мундштука в процессе резки, вызывающее криволинейность бороздок. Отставание зависит также от давления струи режущего кислорода. Глубина бороздок ( $e$ ) – показатель шероховатости реза. На рис. 45 показаны параметры реза.

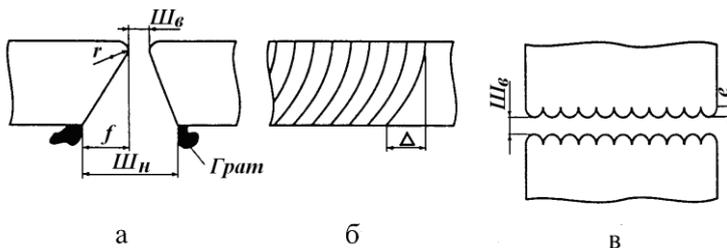


Рис. 45. Параметры реза: *а* – поперечное сечение реза; *б* – поверхность кромки внутри реза; *в* – вид реза сверху ( $Ш_g$  – ширина реза вверх;  $Ш_n$  – ширина реза вниз;  $f$  – неперпендикулярность реза;  $r$  – радиус оплавления верхней кромки;  $\Delta$  – отставание;  $e$  – глубина бороздок)

**Расширение реза** ( $b$ ) определяется по формуле

$$b = Ш_n - Ш_g,$$

где  $b$  – расширение реза, мм;  $Ш_n$  – ширина реза вниз, мм;  $Ш_g$  – ширина реза вверх, мм.

**Скорость резки** должна соответствовать скорости окисления металла по толщине разделяемого изделия. Наиболее просто определить скорость резки можно по характеру выброса искр и шлака (рис. 46).

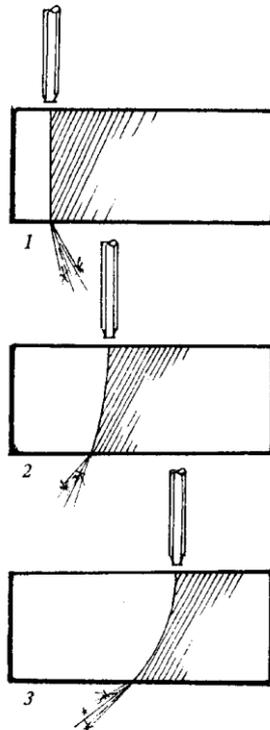


Рис. 46. Определение скорости резки по выбросу искр (шлака):  
 1 – недостаточная скорость резки; 2 – нормальная скорость резки;  
 3 – завышенная скорость резки

При нормальной скорости резки поток искр спокойный и почти параллельный струе режущего кислорода и лишь немного отклонен против направления резки.

Техническая характеристика универсального резака и параметры режима резки стали приведены в табл. 20.

### 3.12.3. Техника ручной разделительной газокислородной резки некоторых изделий

При резке листовой стали толщиной до 50 мм резак вначале реза устанавливают вертикально, при большей толщине его вначале отклоняют от плоскости торца листа на  $5^\circ$ , а после начала резки угол увеличивают на  $20\text{--}30^\circ$  от вертикали, наклоняя резак в сторону, противоположную направлению движения резака (рис. 47, а).

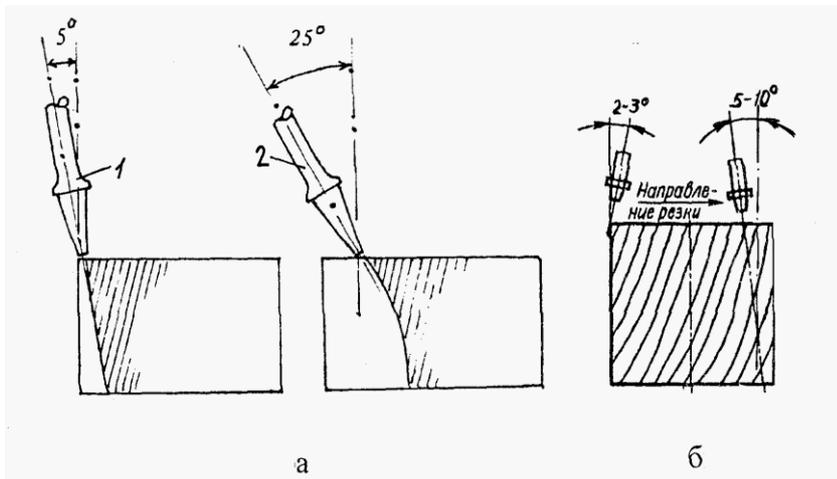


Рис. 47. Техника резки: *а* – листового металла; *б* – металла большой толщины (1 – начало резки; 2 – конец резки)

При **вырезе фигурных изделий** положение резака должно быть строго перпендикулярно к поверхности разрезаемого металла.

При **резке заготовок круглого сечения** (прутка, трубы), начало резки осуществляется с увеличенным углом пламени, который затем постепенно уменьшается вплоть до перпендикулярного положения резака (рис. 48, б).

Правильная последовательность **резки профильного металла** приведена на рис. 48.

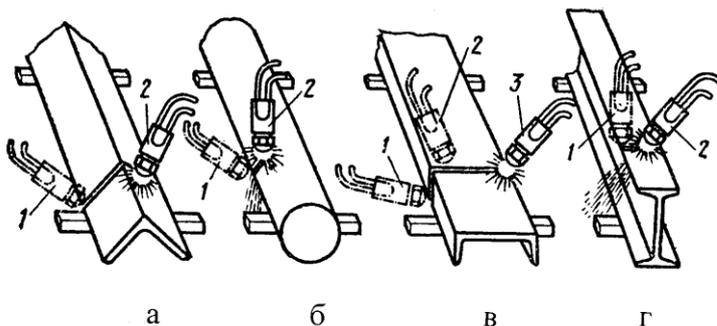


Рис. 48. Техника резки профильного металла: *а* – уголков; *б* – круглых профилей; *в* – швеллеров; *г* – двутавровой балки (1 – начало резки; 2, 3 – конец резки)

Для **прожигания отверстия** при толщине металла до 20 мм, после получения необходимой температуры подогрева разрезаемого металла подогревающее пламя надо выключить и произвести пуск режущего кислорода плавным открытием вентиля на резаке. Кислород зажжется от раскаленного металла сам. Такой порядок прожигания отверстия исключает обратные удары пламени (хлопки). При толщине металла до 50 мм отверстие первоначально просверливают на небольшую глубину, изделие устанавливают в наклонное положение или вертикально для обеспечения лучшего стока шлаков и производят прожигание отверстия, так же как и при толщине металла до 20 мм.

При **резке металлов толщиной свыше 300 мм** применяют специальные резаки. Мундштук при резке металла большой толщины должен иметь наклон 2–3° вправо по направлению резки, а к концу резки 5–10° влево (рис. 47, б).

### **3.12.4. Технология ручной разделительной газокислородной резки углеродистой стали (горючий газ – ацетилен)**

Ручная газовая резка выполняется в следующей последовательности:

1) **очистить** разрезаемую поверхность от загрязнений и окислов на ширину 30–50 мм металлической щеткой с каждой стороны изделия;

2) **разместить** разрезаемое изделие на специальных подкладках, чтобы зазор между нижней его поверхностью и полом был не менее 100 мм плюс половина толщины разрезаемого металла;

3) **сделать разметку** линии реза на поверхности металла мелом;

4) с помощью редукторов на баллонах **установить** необходимое **давление кислорода и ацетилена**;

5) **открыть кислородный вентиль** подогревающего пламени резака на 1/4 оборота;

6) поднести **мундштук** резака к тлеющему **фитилю** и быстро **открыть ацетиленовый вентиль** резака на 1–1,5 оборота;

7) **отрегулировать** нормальное подогревающее **пламя** при открытом вентиле режущего кислорода; отрегулировав пламя, **закрыть вентиль режущего кислорода**;

8) **закрыть** лицо маской или щитком;

9) **начать резку** металла: резку необходимо начинать от кромки металла, установив резак под нужным углом по отношению к разрезаемой поверхности (рис. 47, 48). Прежде всего подогревают пламенем резака узкий участок металла в начале реза до температуры воспламенения (1100–1300°C). Определить, что металл воспламенился и начал гореть можно по появлению снопа искр. Затем плавно открыть вентиль режущего кислорода. После того как режущая струя кислорода пробьет

металл на всю толщину начинают передвигать резак вдоль намеченной линии реза. Скорость резки контролируется по выбросу искр (рис. 46). Расстояние от мундштука до разрезаемой поверхности необходимо поддерживать неизменным и равным соответствующему установленному параметру режима резки для данного изделия. По мере продвижения резака по намеченной линии необходимо изменять его положение по отношению к разрезаемой поверхности в соответствии с техникой резки подобных изделий.

При резке с середины листа режущей струей кислорода первоначально пробивают в поверхности металла отверстие, а при толщине листа более 20 мм отверстие рекомендуется предварительно просверливать.

Для обеспечения непрерывности процесса резки надо, чтобы подогревающее пламя находилось всегда впереди струи режущего кислорода.

**Если при резке произойдет обратный удар (резкий хлопок) и пламя резака погаснет, необходимо немедленно закрыть сначала ацетиленовый вентиль, а затем кислородный.**

10) **окончить работу:** окончив работу необходимо погасить пламя, закрыв сначала ацетиленовый, а затем кислородный вентили.

## **Тема 4. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН РЕЗАНИЕМ**

### **4.1. Общая характеристика и физическая сущность процесса обработки металлов резанием**

**Обработка резанием** – это процесс получения детали требуемой геометрической формы, точности размеров, взаиморасположения и шероховатости поверхностей за счет механического срезания с поверхности заготовки режущим инструментом слоя материала технологического припуска в виде стружки на металлорежущих станках и является основным методом окончательной обработки детали.

Под **точностью изготовления** понимают степень соответствия действительных размеров детали номинальным размерам, заданным по чертежу.

**Шероховатость поверхности** – это совокупность неровностей, образующих рельеф поверхности детали в пределах рассматриваемого участка.

Основными методами обработки резанием являются точение, фрезерование, сверление, строгание, протягивание, зубонарезание, шлифование и др. (рис. 49).

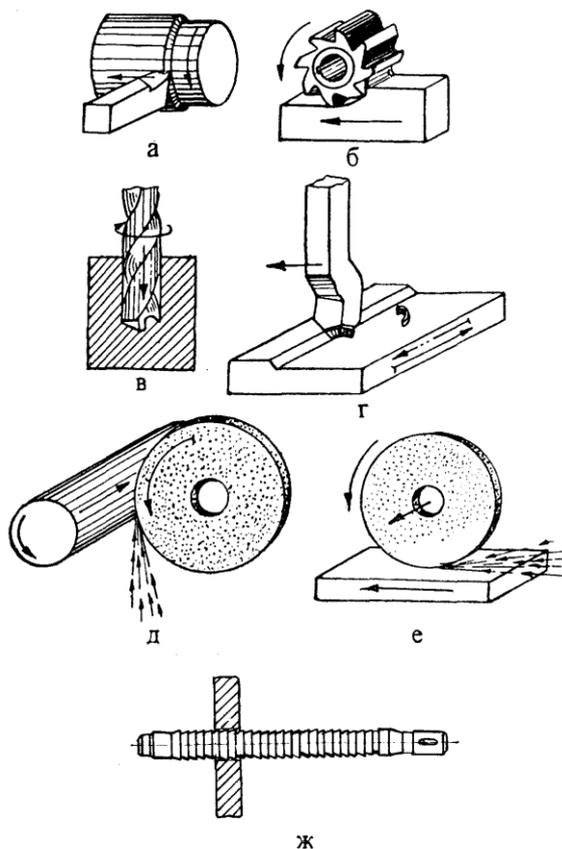


Рис. 49. Схемы обработки заготовок резанием: *а* – точение; *б* – фрезерование; *в* – сверление; *г* – строгание; *д* – шлифование на круглошлифовальном станке; *е* – шлифование на плоскошлифовальном станке; *ж* – протягивание

В качестве исходных заготовок для изготовления деталей резанием применяют отливки, поковки, прокат и др. из чугуна, стали, цветных сплавов, неметаллических материалов.

Резание – это сложный процесс взаимодействия режущего инструмента и заготовки, при котором происходит деформирование и отделение поверхностного слоя металла заготовки под действием силы резания в виде стружки. В зависимости от физико-механических свойств металла заготовки образуются три **вида стружки**: сливная, скалывания и надлома (рис. 50).

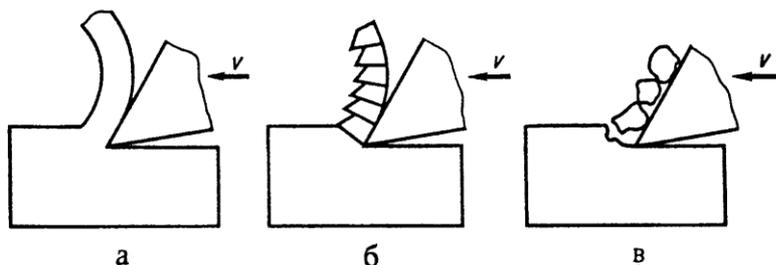


Рис. 50. Виды стружки:

*а* – сливная; *б* – скалывания; *в* – надлома

При обработке резанием пластичных сплавов на передней поверхности инструмента образуется слой сильно деформированного металла со структурой отличной от структур обрабатываемого металла и металла стружки называемый **наростом**. Положительное влияние нароста заключается в снижении силы резания, уменьшении износа режущего инструмента, улучшении отвода тепла от режущего инструмента. Однако нарост снижает качество обработанной поверхности, увеличивая ее шероховатость. В случае, если необходимо предотвратить образование нароста, например при чистовой обработке, изменяют геометрию режущего инструмента и скорость резания, применяют смазочно-охлаждающие жидкости и др.

В результате упругой и пластической деформации металла обрабатываемой заготовки происходит упрочнение его поверхностного слоя (**наклеп**). Наклеп, возникший при черновой обработке заготовки, затрудняет проведение последующих операций изготовления детали. Поэтому операции резания чередуют с операциями термической обработки, снимающей наклеп. На заключительных этапах изготовления детали наклеп играет положительную роль, повышая твердость и прочность поверхности детали.

Процесс резания сопровождается образованием **теплоты** из-за упругопластического деформирования в зоне стружкообразования и трения стружки и заготовки об инструмент, вследствие чего инструмент может нагреться до 800–1000°C. Такая температура вызывает структурные изменения материала инструмента и потерю его режущих свойств, изменение геометрических размеров инструмента и заготовки. Для уменьшения отрицательного влияния теплоты на процесс в зону резания подают смазочно-охлаждающие среды (эмульсии, растворы мыла, минеральные масла, масла и эмульсии с добавлением смазывающих веществ – графита, парафина; углекислый газ, распыленные жидкости, пены; порошки воска, парафина, мыла и др.).

При обработке резанием могут возникнуть периодические колебательные движения (**вибрации**) системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь), при которых снижается качество обработанной поверхности, увеличиваются нагрузки на детали станков, снижается стойкость инструмента, возникает шум. Чтобы предотвратить или устранить вибрации повышают жесткость станка, изменяют режим резания и геометрию инструмента, применяют виброгасители.

## 4.2. Движения резания

Чтобы срезать с заготовки слой материала необходимо инструмент и заготовку установить и закрепить в рабочих органах станка и сообщить им относительные движения. **Движения органов станков** подразделяют на движения резания, установочные и вспомогательные.

К **движениям резания** относят главное движение и движение подачи.

**Главное движение** ( $D_r$ ) – это прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или режущего инструмента, определяющее скорость деформирования материала и отделения стружки. Скорость главного движения обозначают буквой  $V$ . Главное движение всегда одно.

**Движение подачи** ( $D_s$ ) – это прямолинейное поступательное или вращательное движение заготовки или инструмента, обеспечивающее врезание режущей кромки инструмента в материал заготовки. Скорость движения подачи обозначают  $V_s$ . **Подача** ( $S$ ) – это отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой режущей кромки или заготовки вдоль траектории этой точки в движении подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей цикла другого движения во время резания или к числу определенных долей цикла этого другого движения. **Цикл движения** – это полный оборот режущего инструмента или заготовки.

Движений подачи может быть несколько. В зависимости от направления движения подачи различают движения подачи продольное, поперечное и др.

**Установочные движения** – это движения, обеспечивающие взаимное положение инструмента и заготовки для срезания с нее определенного слоя материала.

К **вспомогательным движениям** относят транспортировку заготовки, закрепление заготовки и инструмента и т.п.

Главное движение может иметь заготовка (точение) или инструмент (сверление). Движение подачи может иметь инструмент (точение) или заготовка (фрезерование).

### 4.3. Схема обработки резанием

Для процессов обработки заготовок резанием тем или иным способом составляют схему обработки, на которой условно изображают обрабатываемую заготовку, ее установку и закрепление на станке, закрепление и положение инструмента относительно заготовки, а также указывают стрелками движения резания (рис. 51). Инструмент показывают в положении, соответствующем окончанию обработки поверхности заготовки.

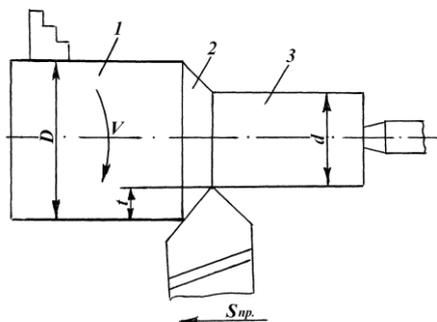


Рис. 51. Схема обработки заготовки методом точения:  
1 – обрабатываемая поверхность; 2 – поверхность резания;  
3 – обработанная поверхность ( $V$  – скорость резания;  
 $S_{пр.}$  – подача продольная;  $t$  – глубина резания)

### 4.4. Металлорежущие станки

#### 4.4.1. Общая характеристика и классификация станков

**Металлорежущие станки** – это технологические машины, предназначенные для обработки металлических и неметаллических материалов резанием с целью получения деталей заданной формы и размеров с требуемой точностью и качеством обработанной поверхности.

**Основной классификацией станков** является их разделение по технологическому методу обработки. Помимо нее используются также второстепенные классификации: по степени универсальности, точности, автоматизации и другим признакам.

По технологическому методу обработки станки разделены на десять групп, каждая из которых разделена на десять типов в зависимости от их назначения, конструктивных особенностей и др. Каждый тип подразделяется на десять типоразмеров по техническим признакам. Основ-

ная классификация металлорежущих станков приведена в табл. 21. В соответствии с этой классификацией каждому станку присваивается определенный шифр, состоящий из букв и цифр. Первая цифра шифра определяет группу станков, вторая – тип, третья (иногда третья и четвертая) – условный размер станка. Буква на втором или третьем месте позволяет различить станки одного типоразмера, но с разными техническими характеристиками. Буква в конце шифра указывает на различные модификации станков одной модели. Например, шифр станка 2Н135. Это означает, что группа станка 2 – сверлильный; тип станка 1 – вертикальный; 35 – наибольший условный диаметр сверления, мм; буква Н указывает на модернизацию станка базовой модели 2135. Алфавитный порядок букв соответствует числу модернизаций. В моделях станков с числовым программным управлением в конце шифра вводят букву Ф с цифрой, например, 16К20Ф3, где Ф3 означает, что это токарно-винторезный станок с контурной системой программного управления. Специальные станки обозначают одной или двумя буквами, присвоенными заводу-изготовителю, и порядковым номером модели.

На **станках токарной группы** обрабатывают детали разнообразных форм (цилиндрические, конические, плоские, фасонные, нарезают резьбы) в основном инструментом, который называется **резец**. Процессы обработки заготовок на токарных станках резцом называют **точение**. Также на токарных станках выполняют обработку отверстий сверлами, зенкерами, развертками и нарезают резьбу метчиками и плашками.

**Сверлильные и расточные станки** предназначены для получения и обработки отверстий сверлами, зенкерами, развертками, метчиками, а на расточных станках – и резцами. Процессы обработки на этих станках соответственно называются сверление, зенкерование, развертывание, растачивание и т.д. Расточные станки предназначены для обработки заготовок больших размеров.

На **фрезерных станках** обрабатывают плоские и фасонные поверхности, фрезеруют грани, пазы, шлицы, зубья колес, винтовые канавки с использованием режущего инструмента, называемого **фреза**. Процесс соответственно называется **фрезерование**.

**Протяжные станки** с помощью режущего инструмента – **протяжки** позволяют выполнять на изделиях сквозные отверстия и пазы, полуоткрытые отверстия различной формы, а также обрабатывать наружные плоские, дугообразные и другие более сложные профили (прямые и спиральные зубья на зубчатых колесах и секторах, прямые и винтовые канавки, криволинейные наружные поверхности). Процесс обработки заготовок на протяжных станках называется **протягивание**.

На **зубообрабатывающих станках** нарезают зубья зубчатых колес, используя зуборезные фрезы.

Таблица 21

## Классификация металлорежущих станков

Группа станков	Шифр группы	Шифр типа									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Резервные	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Токарные	1	Автоматы и полуавтоматы			Револьверные	Сверлильно-отрезные	Карусельные	Токарные и лобовые	Много-резцовые	Специализированные	Разные
		Специализированные	Одношпиндельные	Многошпиндельные							
Сверлильные и расточные	2	–	Вертикально-сверлильные	Полуавтоматы		Координатно-расточные	Радиально-сверлильные	Горизонтально-расточные	Алмазно-расточные	Горизонтально-сверлильные	Разные
				Одношпиндельные	Многошпиндельные						
Шлифовальные и доводочные	3	–	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочные шлифовальные	Специализированные шлифовальные	–	Заточные	Плоскошлифовальные	Плиточные и полировочные	Разные, работающие абразивом
Комбинированные	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Зубо- и резьбообработывающие	5	Резьбо-нарезные	Зубостригальные для цилиндрических колес	Зуборезные для конических колес	Зубофрезные	Для нарезания червячных пар	Для обработки торцов зубьев	Резьбофрезерные	Зубоотделочные и провальные	Зубо- и резьбошлифовальные	Разные

Окончание табл. 21

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фрезерные	6	–	Вертикальные консольные	Непрерывного действия	–	Копировальные и гравировальные	Вертикальные бесконсольные	Продольные	Консольные широкоуниверсальные	Горизонтальные консольные	Разные
Строгальные, долбежные, разрезные	7	–	Продольные		Поперечно-строгальные	Долбежные	Протяжные горизонтальные	–	Протяжные вертикальные	–	Разные строгальные
			Одностоечные	Двухстоечные							
Разрезные	8	–	Разрезные, работающие			Правильноотрезные	Пилы			–	–
			резцом	абразивные кругом	гладким диском		Ленточные	Дисковые	Ножовочные		
Разные	9	–	Опиловочные	Пилонасекательные	Правильно- и бесцентровообдирочные	Балансировочные	Для испытания сверл и шлифовальных кругов	Делительные	–	–	–
К нулевой и четвертой группам относятся станки, предназначенные для новых методов обработки											

На **строгальных** и **долбежных станках** методами строгания и долбления главным образом обрабатывают плоские поверхности, различные пазы и канавки, применяя в качестве режущего инструмента строгальные и долбежные резцы.

На **шлифовальных станках** методом шлифования производят чистовую и отделочную обработку различных поверхностей деталей, используя при этом такие режущие инструменты, как шлифовальные круги, бруски, сегменты и др. различной формы.

Схемы обработки заготовок некоторыми способами резания приведены на рис. 49.

На крупных предприятиях широко используют различные станки – автоматы, средства дистанционного управления и контроля технологических процессов, автоматическую обработку оперативной информации, роботы, автоматические манипуляторы и др. При небольших производственных программах, в условиях единичного и ремонтного производств, сервисного обслуживания машин и агрегатов, в большинстве случаев применяют универсальные станки, позволяющие выполнять разные работы при быстрой их переналадке на изготовление различных видов деталей. Для обеспечения более высокой производительности изготовления и ремонта деталей целесообразно применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ), которые наряду с автоматическим циклом обработки позволяют осуществлять быструю переналадку станка на изготовление других, значительно отличающихся по форме деталей.

На станках с ЧПУ программа выполнения необходимых для изготовления детали перемещений исполнительных органов записывается с помощью числового кода на программоносителе, который вводится в считывающее устройство станка, где преобразуется в командные импульсы, передающиеся исполнительным органам станка и обеспечивающие их необходимые перемещения. Изменение программы не требует существенной переналадки станка.

#### 4.4.2. Понятие о приводе и передаче

Совокупность механизмов, передающих движение от источника движения (например, электродвигателя) к рабочим органам станка (шпинделю, столу и др.) называется **приводом**.

В металлорежущих станках различают **приводы главного движения, движения подачи, вспомогательных движений**.

**Передача** – это механизм, передающий движение от одного элемента к другому, например с вала на вал, или преобразующий одно движение в другое, например вращательное в поступательное. В станках для передачи движения применяют различные механические, пневматические и гидравлические передачи. Наиболее часто применяют такие механические пере-

дачи как зубчатые, ременные, реечные, фрикционные, червячные, цепные, винтовые. В передаче элемент, передающий движение, называется **ведущим**, а элемент, получающий движение – **ведомым**.

Каждая передача характеризуется передаточным отношением. **Передаточное отношение** ( $i$ ) – это число, показывающее во сколько раз частота вращения ведомого элемента меньше или больше частоты вращения ведущего элемента. В общем виде передаточное отношение

$$i = n_2 / n_1,$$

где  $n_1$  – частота вращения ведущего вала, об/мин;  $n_2$  – частота вращения ведомого вала, об/мин.

Передаточное отношение ременной передачи, осуществляемой посредством шкивов и ремней

$$i = \frac{D_1}{D_2} \times \eta = \frac{n_2}{n_1} \times \eta,$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – диаметры ведущего и ведомого валов соответственно;  $\eta$  – коэффициент, учитывающий проскальзывание ремня ( $\eta = 0,96-0,98$ ).

Передаточное отношение цепной передачи, состоящей из звездочек с параллельными осями и соединенных роликом или бесшумной цепью

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

где  $z_1$  и  $z_2$  – число зубьев ведущей и ведомой звездочек.

Передаточное отношение зубчатой передачи, осуществляемое цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами

$$i = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1},$$

где  $z_1$  и  $z_2$  – число зубьев ведущего и ведомого зубчатых колес.

#### 4.4.3. Кинематические схемы станков

**Кинематическая схема** станка представляет собой условное графическое изображение различных элементов и механизмов, участвующих в передаче движений различным органам, и их взаимосвязь, дающее представление о кинематике станка и его конструкции. Для вычерчивания таких схем пользуются условными обозначениями согласно ГОСТ 2.770-68\*. Помимо изображений на кинематических схемах валов, шкивов, зубчатых колес, муфт, подшипников и т.п. приводят данные о числах оборотов и мощности электродвигателей, диаметрах шкивов, числе зубьев зубчатых колес и др.

Кинематическая схема составляется кинематическими **цепями**, которые начинаются от электродвигателя и заканчиваются у соответствующего исполнительного органа станка (шпинделя, суппорта и т.п.). Кинематические цепи состоят из отдельных элементов, называемых **звеньями**. Два взаимодействующих между собой звена составляют **кинематическую пару** или **передачу**. Кинематические схемы состоят из повторяющихся пар (передач) – зубчатых, ременных и др., передающих движение от одного звена к другому и преобразующих (при необходимости) движение при передаче движения – изменяют его скорость, преобразуют вращательное движение в поступательное и т.п.

Звенья кинематических цепей обеспечивают получение движений исполнительных органов, необходимых для обработки различных заготовок и получения из них деталей заданной формы и точности.

При описании кинематических схем для элементов кинематических пар, закрепленных на одном валу, необходимые данные записывают в ряд через знак «тире», а закрепленных на разных валах – через знак «деление», например «... движение от вала I передается зубчатыми колесами 52-26-52...»; «... движение от вала I передается через зубчатые колеса  $\frac{30}{32} \frac{32}{32} \frac{32}{30} \dots$ ».

$$\frac{30}{32} \frac{32}{32} \frac{32}{30} \dots$$

Кинематическая схема токарно-винторезного станка приведена на рис. 52.

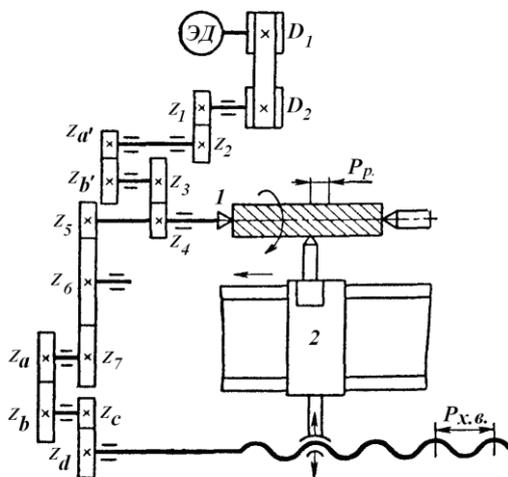


Рис. 52. Упрощенная кинематическая схема условного токарно-винторезного станка

#### 4.4.4. Расчет кинематической наладки металлорежущих станков

##### Методика расчета

Перед началом работы станка необходимо произвести его **кинематическую наладку**, которая заключается в кинематической подготовке станка для обработки заготовки в соответствии с заданной конфигурацией детали и оптимальным режимом резания. В основу методики наладки цепей положено нахождение связей относительных перемещений инструмента и заготовки при обработке путем составления уравнений баланса движений. Наладка станка требует расчета передаточного отношения ( $i$ ) органа наладки скоростной цепи для получения заданной частоты вращения шпинделя и передаточного отношения органа наладки цепи подач для осуществления заданной подачи. Для этой цели намечают расчетную кинематическую цепь, составляют расчетные перемещения конечных звеньев этой цепи и уравнение кинематического баланса, из которого выводят формулу наладки цепи. **Уравнением кинематического баланса** называется уравнение, которое выражает математическую связь между скоростями движения начального (ведущего) и конечного (ведомого) звеньев, т.е. связывающее расчетные перемещения начального и конечного звеньев кинематической цепи. Оно служит основой для определения передаточных отношений органа наладки. Конечные звенья могут иметь как вращательное, так и прямолинейное движение.

Если **начальное и конечное звенья вращаются**, то расчетные перемещения этих звеньев записываются

$$n_n \rightarrow n_k,$$

где  $n_n$  и  $n_k$  – частоты вращения начального звена органа наладки и конечного, об/мин (стрелка в этой записи означает «соответствует»).

По расчетным перемещениям составляют уравнение кинематического баланса данной кинематической цепи

$$n_k = n_n \times i_{\text{пост}} \times i_{\text{настр}},$$

где  $i_{\text{пост}}$  – постоянное передаточное отношение органа наладки. Оно соответствует постоянным звеньям цепи;  $i_{\text{настр}}$  – искомое передаточное отношение органа наладки.

При последовательном соединении кинематических пар определяется суммарное передаточное отношение всей цепи, которое равно произведению передаточных отношений отдельных передач, входящих в данную кинематическую цепь, например

$$i = i_1 \times i_2 \times i_3 \times \dots \times i_n.$$

Решая уравнение кинематического баланса относительно  $i_{настр}$  получим **формулу наладки** рассматриваемой кинематической цепи

$$i_{настр} = n_k/n_n \times i_{пост}.$$

Если **одно из звеньев** цепи имеет **вращательное движение**, например начальное, а **второе – прямолинейное**, например конечное, то расчетные перемещения этих звеньев будут иметь вид

$$1_{об.нач.зв} \rightarrow S_{\substack{\text{продольного перемещения,} \\ \text{конечного звена}}},$$

где  $S$  – подача, мм/об;  $1_{об.нач.зв}$  – один оборот начального звена.

Уравнение кинематического баланса будет иметь вид

$$1_{об.нач.зв} \times i_{пост} \times i_{настр} \times l = S,$$

где  $l$  – величина перемещения кинематической пары, преобразующей вращательное движение в прямолинейное, мм.

Решая уравнение кинематического баланса, получим формулу наладки рассматриваемой кинематической цепи

$$i_{настр} = \frac{S}{1_{об.нач.зв} \times i_{пост} \times l}.$$

### Пример расчета

Допустим необходимо произвести наладку условного токарно-винторезного станка на нарезание резьбы (рис. 52). Шпиндель  $1$  получает вращение от электродвигателя ( $\text{ЭД}$ ) через ременную передачу со шкивами  $D_1 = 100$  мм и  $D_2 = 250$  мм, зубчатую пару  $\frac{z_1}{z_2}$  ( $z_1 = 30$ ,  $z_2 = 50$ ), пару сменных зубчатых колес  $\frac{z_{a'}}{z_{b'}}$  и зубчатые колеса  $\frac{z_3}{z_4}$  ( $z_3 = 25$ ,  $z_4 = 48$ ).

Частота вращения электродвигателя  $n_{\text{ЭД}} = 960$  об/мин. Резец, укрепленный на суппорте  $2$ , получает прямолинейное движение вдоль оси заготовки от ходового винта (шаг ходового винта  $P_{х.в} = 8$  мм), который приводится во вращение от шпинделя  $1$  через передачу цилиндрических зубчатых колес  $\frac{z_5}{z_6} \times \frac{z_6}{z_7} \times (z_5 = 20, z_6 = 60, z_7 = 40)$  и сменные зубчатые

колеса  $\frac{z_a}{z_b} \frac{z_c}{z_d}$ . Для нарезания резьбы необходимо сообщить резцу определенное по отношению к частоте вращения шпинделя прямолинейное движение вдоль оси заготовки. Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле

$$n_p = \frac{1000 \times V}{\pi \times D},$$

где  $n_p$  – расчетная частота вращения шпинделя, об/мин;  $V$  – скорость резания, м/мин (рассчитывается или находится по справочнику);  $D$  – диаметр заготовки, мм.

В примере вращение шпинделя с заготовкой является главным движением, а движение резца вдоль оси заготовки – движением подачи.

### Решение примера:

1) **расчет наладки кинематической цепи главного движения:** запишем расчетные перемещения электродвигателя и шпинделя

$$n_{ЭД} \rightarrow n_p,$$

где  $n_{ЭД}$  – частота вращения электродвигателя, об/мин;  $n_p$  – расчетная частота вращения шпинделя, об/мин.

Составим уравнение кинематического баланса цепи

$$n_p = n_{ЭД} \times i_{\text{пост}} \times i_{\text{настр}},$$

откуда формула наладки рассматриваемой цепи будет иметь вид

$$i_{\text{настр}} = \frac{n_p}{n_{ЭД} \times i_{\text{пост}}}.$$

$i_{\text{пост}}$  равно суммарному передаточному отношению всей цепи и определяется произведением передаточных отношений составляющих кинематических пар (передач): ременной шкивами  $D_1$  и  $D_2$ , зубчатой с зубчатыми колесами  $z_1$  и  $z_2$  и зубчатой с зубчатыми колесами  $z_3$  и  $z_4$ , т.е.

$$i_{\text{пост}} = \frac{D_1}{D_2} \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4}.$$

Искомое передаточное отношение органа наладки (сменных зубчатых колес  $z_{a'}$  и  $z_{b'}$ )

$$i_{\text{настр}} = \frac{z_{a'}}{z_{b'}}.$$

Таким образом

$$\frac{z_{a'}}{z_{b'}} = \frac{n_p}{n_{эд}} \frac{D_2}{D_1} \frac{z_2}{z_1} \frac{z_3}{z_4} = \frac{n_p}{960} \frac{250}{100} \frac{50}{30} \frac{48}{25} = \frac{n_p}{120}.$$

Если вместо  $n_p$  подставить его значение, выраженное через скорость резания  $n_p = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}$ , то получим

$$\frac{z_{a'}}{z_{b'}} = \frac{n_p}{120} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D \cdot 120} \approx \frac{2,6V}{D}.$$

Подобрав сменные колеса  $\frac{z_{a'}}{z_{b'}}$ , настроим цепь частоты вращения

шпинделя;

2) **расчет наладки кинематической цепи движения подачи:** для этого составляем уравнение кинематического баланса цепи от шпинделя к ходовому винту из расчета, что за один оборот шпинделя резец перемещается вдоль оси заготовки на величину шага нарезаемой резьбы ( $P_p$ , мм) (расчетные перемещения можно записать как  $1_{об. шпинделя} \rightarrow P_{p, продольного перемещения резца}$ ).

По определению число оборотов шпинделя  $n = 1$ , подача  $S = P_p$ , величина прямолинейного перемещения резца вдоль оси заготовки  $l = P_{x.в.}$ , тогда уравнение кинематического баланса будет иметь вид

$$i_{пост} \times i_{настр} \times P_{x.в.} = P_p,$$

откуда формула наладки рассматриваемой цепи будет иметь вид

$$i_{настр} = \frac{P_p}{i_{пост} \times P_{x.в.}}$$

$$\text{или } \frac{z_a}{z_b} \frac{z_c}{z_d} = \frac{P_p}{\frac{z_5}{z_6} \frac{z_6}{z_7} \cdot P_{x.в.}} = \frac{z_6}{z_5} \frac{z_7}{z_6} \frac{P_p}{P_{x.в.}} = \frac{60}{20} \frac{40}{60} \frac{P_p}{8} = \frac{P_p}{4}.$$

Подобрав сменные зубчатые колеса  $\frac{z_a}{z_b} \frac{z_c}{z_d}$ , настроим цепь движе-

ния подачи.

**При наладке станков в общем случае необходимо:** 1) по технологическому процессу обработки детали установить характер движений

в станке и их взаимосвязь; 2) определить все кинематические цепи, по которым будет осуществляться движение; 3) составить соответствующие уравнения кинематических цепей, связывающих попарно рабочие органы станка; 4) по полученным передаточным отношениям вычислить и подобрать сменные зубчатые колеса.

При составлении уравнения кинематической цепи не имеет значения, в каком порядке рассматривается эта цепь – от первого ее элемента (считая в направлении передачи движения) к последнему или от последнего к первому.

### Подбор чисел зубьев сменных зубчатых колес

Одним из органов наладки станка являются сменные зубчатые колеса. Орган наладки кинематических цепей, выполненный из сменных зубчатых колес, называется **гитарой**. Каждая гитара снабжена определенным набором сменных колес.

Чтобы подобранные сменные зубчатые колеса могли поместиться на гитаре и не упирались во втулки валиков зубчатых колес, необходимо соблюдать следующие условия зацепления:  $z_a + z_b \geq z_c + (15 \div 20)$ ;  $z_c + z_d \geq z_b + (15 \div 20)$ , т.е. сумма двух сцепляемых колес должна быть больше последующего колеса на 15–20 зубьев ( $z_a, z_b, z_c, z_d$  – сменные зубчатые колеса) (рис. 52). Например, передаточное отношение, состав-

ленное из зубчатых колес  $i = \frac{z_a}{z_b} \frac{z_c}{z_d} = \frac{60}{40} \frac{100}{80}$ , не удовлетворяет усло-

вию зацепления, так как  $60 + 40 < 100 + (15 \div 20)$ ;  $100 + 80 > 40 + (15 \div 20)$ .

В этом случае необходимо воспользоваться одним из способов подбора чисел зубьев сменных зубчатых колес: разложения на простые множители, заменой часто встречающихся чисел приближенными дробями, логарифмическим и др. Наиболее часто применяют **способ разложения на простые множители**, однако его можно использовать только в случае, если на простые множители можно разложить числитель и знаменатель передаточного отношения, полученного по уравнению наладки.

Произведя разложение, сокращают дробь или вводят дополнительные множители комбинируя их так, чтобы получить выражение дроби через числа зубьев, имеющихся в комплекте сменных колес.

В приведенном примере передаточное отношение  $i = \frac{60}{40} \frac{100}{80}$ , которое не удовлетворяет условию зацепления. Посредством комбинации получаем  $i = \frac{60}{80} \frac{100}{40}$ . Предположим, что в комплекте такие колеса есть.

Проверяем сцепляемость зубчатых колес:  $60 + 80 > 100 + (15 \div 20)$ ;  $100 + 40 > 80 + (15 \div 20)$ , т.е. условия зацепления выполняются.

Рассмотрим другой пример подбора чисел зубьев сменных зубчатых колес способом разложения на простые множители. Допустим

$$i = \frac{z_a}{z_b} \cdot \frac{z_c}{z_d} = \frac{12}{7} = \frac{6}{7} \times \frac{2}{1} = \frac{6}{7} \times \frac{10}{10} \times \frac{2}{1} \times \frac{40}{40} = \frac{60}{70} \times \frac{80}{40}.$$

Проверим выполняются ли условия зацепления:  $60 + 70 > 80 + (15 \div 20)$ ;  $80 + 40 > 70 + (15 \div 20)$ , т.е. условия зацепления выполняются и колеса с числом зубьев 40, 60, 70 и 80 в комплекте имеются.

## 4.5. Режущий инструмент

В качестве режущего инструмента при обработке заготовок на металлорежущих станках используют **лезвийный и абразивный инструмент**, который может быть цельным (изготовленным из одной заготовки), сборным (с разъемным соединением частей и элементов инструмента), составным (с неразъемным соединением частей и элементов инструмента). Изготавливают сборный и составной инструмент с помощью сварки, пайки, наплавки, механического крепления.

**К лезвийным инструментам** относятся резцы, фрезы, сверла, зенкеры, развертки, протяжки, метчики, плашки и др.; **к абразивным** – шлифовальные круги, сегменты, бруски и др.

**Резец** – это однолезвийный инструмент для обработки с поступательным или вращательным главным движением резания и возможностью движения подачи в любом направлении (рис. 53, б).

**Фреза** – это лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания инструмента без изменения радиуса траектории этого движения и хотя бы с одним движением подачи, направление которого не совпадает с осью вращения (рис. 53, в).

**Осевой режущий инструмент** – лезвийный инструмент для обработки с вращательным главным движением резания и движением подачи вдоль оси главного движения резания. Примерами осевого режущего инструмента являются сверло, зенкер, развертка, метчик, плашка и др.

**Сверло** – осевой режущий инструмент для образования отверстия в сплошном материале или увеличения диаметра имеющегося отверстия (рис. 53, з).

**Зенкер** – осевой режущий инструмент для повышения точности формы отверстия и увеличения его диаметра (рис. 53, а).

**Развертка** – осевой режущий инструмент для повышения точности формы и размеров отверстия и уменьшения шероховатости поверхности (рис. 53, е).

**Метчик** – осевой многолезвийный инструмент для образования и обработки внутренней резьбы (рис. 53, д).

**Плашка** – осевой многолезвийный инструмент для образования и обработки наружной резьбы (рис. 53, г).

**Протяжка** – многолезвийный инструмент, лезвия режущего участка которого, расположенные один за другим в направлении главного движения резания, выступают одно над другим в направлении перпендикулярном к направлению этого движения, осуществляемого без движения подачи (рис. 53, ж).

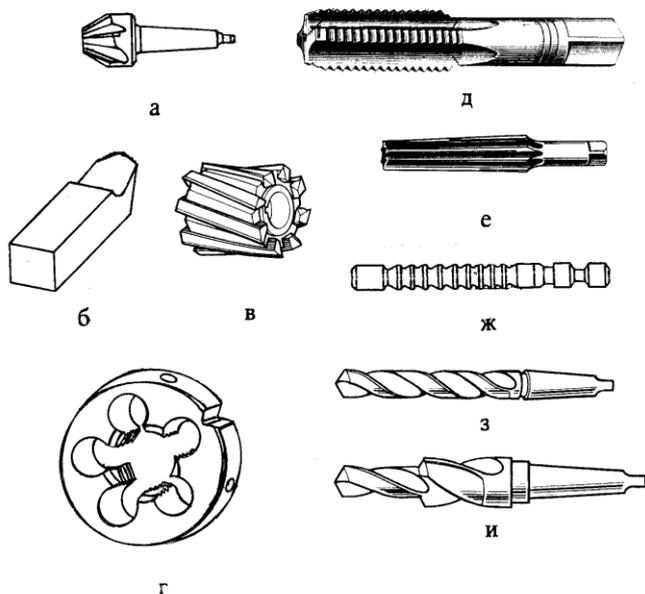


Рис. 53. Лезвийный режущий инструмент: *а* – конический зенкер; *б* – прямой проходной резец; *в* – цилиндрическая фреза; *г* – круглая плашка; *д* – метчик; *е* – коническая чистовая развертка; *ж* – круглая протяжка; *з* – спиральное сверло с коническим хвостовиком; *и* – комбинированное сверло-зенкер

Режущий инструмент изготавливают из **инструментальных материалов**, которые подразделяются на углеродистые (У7-У13, У7А-У13А), легированные (ХВГ, 9ХС, Х6ВФ, ХВСГ) и быстрорежущие (Р9,

P18, P6M5, P9M5K5) стали; твердые сплавы (BK6, BK8, T15K6, TT7K12); минералокерамику (материалы на основе  $Al_2O_3$ , TiC,  $Si_3N_4$ ); сверхтвердые инструментальные материалы на основе алмаза и нитрида бора (эльбор). Из твердых сплавов, керамики и сверхтвердых материалов изготавливают вставки лезвийных инструментов (резцов, сверл, фрез), прикрепляя их к корпусу инструмента механическим путем или пайкой. Нерезущие части сборных и составных инструментов изготавливают из конструкционных сталей (45, 40X) или углеродистых инструментальных сталей, например марки У7.

В процессе резания происходит **износ режущего инструмента**. Допустимому износу инструмента соответствует его определенная стойкость. **Стойкость инструмента** ( $T$ , мин) – это суммарное время его работы между переточками на определенном режиме резания. Стойкость инструмента зависит от физико-механических свойств материала инструмента и заготовки, режима резания, геометрии инструмента и условий обработки.

#### **4.6. Конструкция и элементы режущего инструмента на примере токарного проходного резца**

Резец является наиболее распространенным режущим инструментом. Другие виды режущего инструмента представляют собой видоизменения резца.

Резец состоит из двух частей: рабочей части *I*, имеющей режущие лезвия, и крепежной части *II*, служащей для закрепления резца в резцедержателе станка (рис. 54).

Режущая часть резца состоит из следующих элементов: передняя поверхность лезвия ( $A_\gamma$ ) *1*, по которой сходит стружка; главная задняя поверхность лезвия ( $A_\alpha$ ) *2*, обращенная к поверхности резания заготовки; вспомогательная задняя поверхность лезвия ( $A'_\alpha$ ) *3*, обращенная к обработанной поверхности заготовки; пересечения передней поверхности с главной и вспомогательной задними поверхностями образуют соответственно главную *3* и вспомогательную *6* режущие кромки; пересечение главной и вспомогательной режущих кромок называется вершиной резца *4* (рис. 54). Вершина резца может быть острой, закругленной или в виде прямой линии.

Перечисленные элементы имеют и другие режущие инструменты. Кроме них, инструменты могут иметь переходную (дополнительную) режущую кромку, расположенную между главной и вспомогательной режущими кромками, и примыкающую к ней переходную заднюю поверхность. Затачивают инструмент по передней и задним поверхностям.

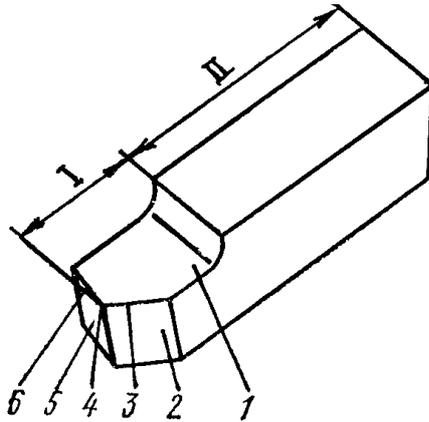


Рис. 54. Конструкция и элементы токарного прямого проходного резца:

*I* – рабочая часть; *II* – крепежная часть;

1 – передняя ( $A_\gamma$ ), 2 – главная задняя ( $A_\alpha$ ),

5 – вспомогательная задняя ( $A'_\alpha$ ) поверхности лезвия;

3 – главная режущая, 6 – вспомогательная режущая кромки;

4 – вершина резца

Взаимное расположение элементов рабочей части инструментов существенно влияет на процесс резания и режущие свойства инструмента и определяется с помощью ряда углов, называемых **углами резца**.

#### 4.7. Координатные плоскости и геометрические параметры рабочей части токарного резца в статической системе координат

Геометрические параметры режущего инструмента определяются углами, образуемыми пересечением поверхностей лезвия, а также положением поверхностей режущих лезвий относительно обрабатываемой поверхности и направлением главного движения (ГОСТ 25762-83). Эти параметры идентичны для различных видов инструмента, поэтому их можно рассматривать на примере токарного резца.

Углы резца измеряются в определенных координатных плоскостях (рис. 55, 56). **Основная плоскость** ( $P_V$ ) – координатная плоскость, проведенная через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению скорости главного или результирующего движения в этой точке. **Плоскость резания** ( $P_n$ ) – координатная плоскость,

касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная основной плоскости. **Главная секущая плоскость** ( $P_T$ ) – координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания. **Нормальная секущая плоскость** ( $P_N$ ) – плоскость, перпендикулярная режущей кромке в рассматриваемой точке. **Рабочая плоскость** ( $P_S$ ) – плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи. **Задняя поверхность лезвия** ( $A_\alpha$ ) – поверхность лезвия инструмента, контактирующая в процессе резания с поверхностью заготовки.

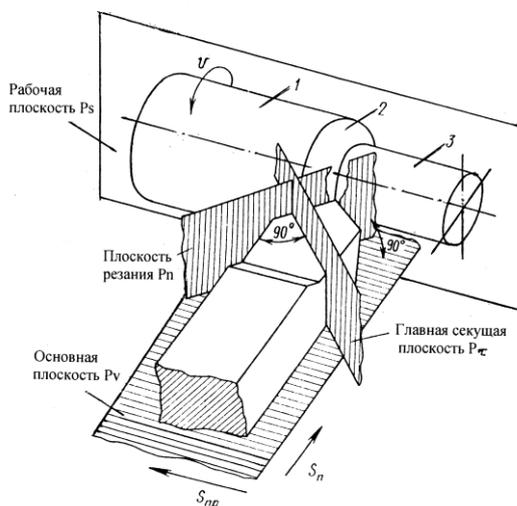


Рис. 55. Поверхности заготовки и координатные плоскости реза:  
 1 – обрабатываемая поверхность; 2 – поверхность резания;  
 3 – обработанная поверхность

На рис. 56 изображены основные углы реза в статической системе координат (прямоугольной системе координат с началом в рассматриваемой точке режущей кромки, ориентированной относительно направления скорости главного движения резания).

**Главный передний угол**  $\gamma$  измеряют в главной секущей плоскости ( $P_T$ ) между передней поверхностью лезвия ( $A_\gamma$ ) и основной плоскостью ( $P_V$ ). Этот угол оказывает большое влияние на процесс резания, качество обработанных поверхностей, износ инструмента и др. и может быть положительным и отрицательным от  $-10^\circ$  до  $+30^\circ$ .

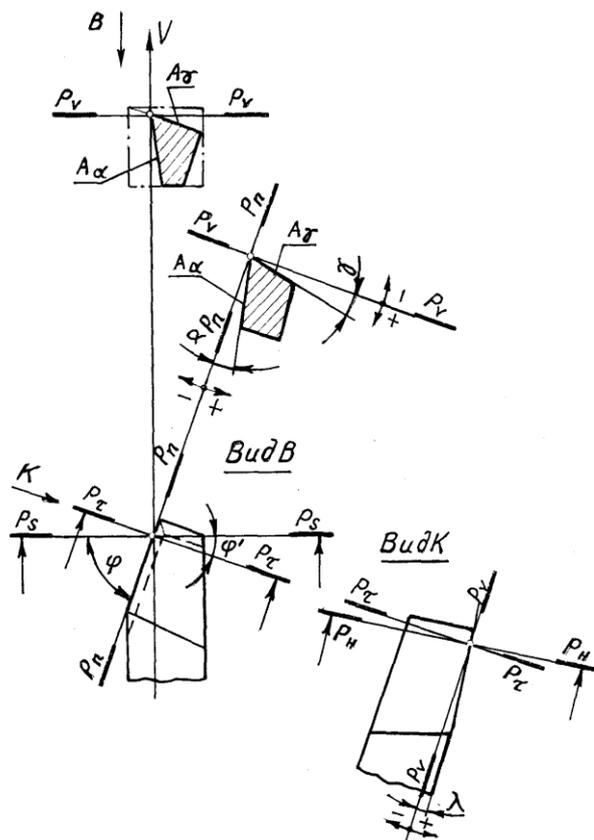


Рис. 56. Углы резца в статической системе координат

**Главный задний угол  $\alpha$**  измеряют в главной секущей плоскости лезвия ( $P_r$ ) между задней поверхностью ( $A_\alpha$ ) и плоскостью резания ( $P_n$ ). Наличие угла  $\alpha$  уменьшает трение между задней поверхностью лезвия инструмента и поверхностью резания заготовки, что снижает износ инструмента. Этот угол составляет  $5-15^\circ$ .

**Угол в плане  $\phi$**  измеряется в основной плоскости ( $P_v$ ) между плоскостью резания ( $P_n$ ) и рабочей плоскостью ( $P_s$ ). С уменьшением угла  $\phi$  снижается шероховатость обработанной поверхности и повышается стойкость инструмента. Угол  $\phi$  изменяется в зависимости от условий обработки в пределах  $10-90^\circ$ .

**Вспомогательный угол в плане  $\varphi'$**  измеряется в основной плоскости ( $P_V$ ) между главной секущей плоскостью ( $P_\tau$ ) и рабочей плоскостью ( $P_S$ ). С уменьшением угла  $\varphi'$  снижаются шероховатость обработанной поверхности и износ инструмента. Его величина, в зависимости от условий обработки, составляет  $0-45^\circ$ .

**Угол наклона кромки  $\lambda$**  измеряют в плоскости резания ( $P_n$ ) между главной режущей кромкой и основной плоскостью ( $P_V$ ). Угол  $\lambda$  служит для отвода стружки в нужном направлении и с его увеличением качество обработанной поверхности ухудшается. Он может быть положительным, отрицательным и равным нулю и находится в диапазоне  $\pm 5^\circ$  (рис. 57).

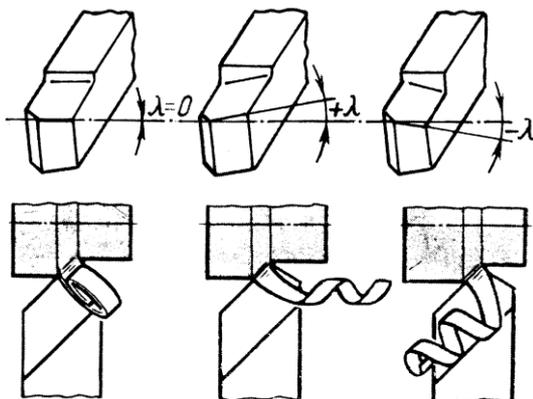


Рис. 57. Углы наклона кромки резца  $\lambda$  и направление отвода стружки

В процессе резания углы резца  $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\varphi$ ,  $\varphi'$  могут изменяться, если подача будет непостоянной (например при движении инструмента по сложной программе) или в зависимости от его фактического расположения относительно заготовки.

#### 4.8. Режим резания

**Основными параметрами режима резания** являются скорость резания, подача и глубина резания (рис. 51). **Скорость резания ( $V$ )** или скорость главного движения – это путь, пройденный точкой режущей кромки инструмента относительно заготовки в единицу времени (при точении измеряется в м/мин). **Подача ( $S$ )** – это путь точки режущей

кромки инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот заготовки (при точении) или инструмента (при сверлении) или за один двойной ход заготовки или инструмента (при строгании). Подача инструмента ( $S$ ) определяется скоростью подачи ( $V_S$ ). При точении подача измеряется в мм/об. **Глубина резания ( $t$ , мм)** – это расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное перпендикулярно к последней, за один проход инструмента относительно обрабатываемой поверхности.

При выборе режима резания первоначально выбирают глубину резания ( $t$ , мм), стремясь снять весь припуск за один рабочий ход инструмента. При точении

$$t = \frac{D-d}{2},$$

где  $D$  – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;  $d$  – диаметр детали, мм.

После определения глубины резания выбирают величину подачи ( $S$ , мм/об) по нормативным справочникам (табл. 22). Подачу выбирают наибольшую допустимую, учитывая точность обработки, шероховатость обрабатываемой поверхности, применяемый инструмент, жесткость системы СПИД.

Таблица 22

**Подачи при черновом наружном точении резцами с пластинами из твердого сплава и из быстрорежущей стали**

Диаметр детали $d$ , мм	Размер сечения крепежной части резца $q$ , мм	Обрабатываемый материал				
		Сталь конструкционная углеродистая, легированная и жаропрочная				
		Подача $S$ , мм/об при глубине резания $t$ , мм				
		До 3	Св. 3 до 5	Св. 5 до 8	Св. 8 до 12	Св. 12
1	2	3	4	5	6	7
До 20	От 16×25 до 25×25	0,3–0,4	–	–	–	–
Св. 20 до 40	От 16×25 до 25×25	0,4–0,5	0,3–0,4			
Св. 40 до 60	От 16×25 до 25×40	0,5–0,9	0,4–0,8	0,3–0,7		
Св. 60 до 100	От 16×25 до 25×40	0,6–1,2	0,5–1,1	0,5–0,9	0,4–0,8	
Св. 100 до 400	От 16×25 до 25×40	0,8–1,3	0,7–1,2	0,6–1,0	0,5–0,9	

1	2	3	4	5	6	7
Св. 400 до 500	От 20×30 до 40×60	1,1–1,4	1,0–1,3	0,7–1,2	0,6–1,2	0,4–1,1
Св. 500 до 600	От 20×30 до 40×60	1,2–1,5	1,0–1,4	0,8–1,3	0,6–1,3	0,4–1,2
Св. 600 до 1000	От 25×40 до 40×60	1,2–1,8	1,1–1,5	0,9–1,4	0,8–1,4	0,7–1,3
Св. 1000 до 2500	От 30×45 до 40×60	1,3–2,0	1,3–1,8	1,2–1,6	1,1–1,5	1,0–1,5

Примечания:

1. Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам сечения крепежной части реза и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам сечения крепежной части реза и менее прочным обрабатываемым материалам.

2. При обработке жаропрочных сталей и сплавов подачи свыше 1 мм/об не применять.

3. При обработке прерывистых поверхностей и при работах с ударами табличные значения подач следует умножать на коэффициент 0,75–0,85.

4. При обработке закаленных сталей табличные значения подачи уменьшать, умножая на коэффициент 0,8 для стали с 44–56 HRC и на 0,5 для стали с 57–62 HRC.

При наружном точении и растачивании скорость резания ( $V$ , м/мин) рассчитывают по формуле

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \times t^{x_v} \times S^{y_v}} \times K_v,$$

где  $V_p$  – расчетная скорость резания, м/мин;  $T$  – среднее значение стойкости (срока службы) инструмента, мин (при одноинструментной обработке  $T = 60$  мин);  $t$  – глубина резания, мм (при черновой обработке глубина резания обычно равна всему припуску на обработку);  $S$  – подача, мм/об;  $C_v$  – коэффициент и  $x_v$ ,  $y_v$ ,  $m$  – показатели степени, зависящие от условий обработки, применяемого инструмента, подачи и т.д.;  $K_v$  – коэффициент, учитывающий геометрию инструмента, твердость заготовки и др. На практике значения  $C_v$ ,  $x_v$ ,  $y_v$ ,  $m$  выбираются по справочникам (табл. 23).

Таблица 23

**Значения коэффициента  $C_v$  и показателей степени в формулах скорости резания при обработке резцами**

Вид обработки	Материал рабочей части резца	Характеристика подачи	Коэффициент и показатели степени			
			$C_v$	$x_v$	$y_v$	$m$
1	2	3	4	5	6	7
Обработка стали конструкционной углеродистой $\sigma_e = 750$ Мпа						
Наружное продольное точение проходными резцами	T15K6 *	$S$ до 0,3 $S$ св. 0,3 до 0,7 $S$ св. 0,7	420 350 340	0,15	0,20 0,35 0,45	0,20
	P18 **	$S$ до 0,25 $S$ св. 0,25	87,5 56	0,25	0,33 0,66	0,125
То же резцами с дополнительным лезвием	T15K6 *	$S \leq t$ $S > t$	292	0,30 0,15	0,15 0,30	0,18
Отрезание	T5K10 * P18 **	—	47 23,7	—	0,80 0,66	0,20 0,25
Фасонное точение	P18 **		22,7		0,50	0,30
Нарезание крепежной резьбы	T15K6 *		244		0,23	0,30
	P18 **	Черновые проходы: $S \leq 2$ мм $S > 2$ мм	14,8 30	0,70 0,60	0,11 0,08	
		Чистовые проходы	41,8	0,45	0,30	
Обработка жаропрочной стали 03X18H9T в состоянии поставки 141 НВ						
Наружное продольное точение проходными резцами	BK8 *	—	110	0,20	0,45	0,15
	P18 **	—	31	0,20	0,55	

1	2	3	4	5	6	7
Обработка серого чугуна 190 HB						
Наружное продольное точение проходными резцами	ВК6 *	$S \leq 0,40$ $S > 0,40$	292 243	0,15	0,20 0,40	0,20

\* Без охлаждения. \*\* С охлаждением.

Примечания:

1. При внутренней обработке (расточивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) принимается соответствующая скорость резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.

2. При обработке без охлаждения конструкционных и жаропрочных сталей и стальных отливок всеми видами резцов из быстрорежущей стали вводить на скорость резания поправочный коэффициент 0,8.

3. При отрезании и прорезании с охлаждением резцами из сплава Т5К10 конструкционных сталей и стальных отливок вводить на скорость резания поправочный коэффициент 1,4.

4. При фасонном точении глубокого и сложного профиля на скорость резания вводить поправочный коэффициент 0,85.

5. При обработке резцами из быстрорежущей стали термообработанных сталей скорость резания для соответствующей стали уменьшать, вводя поправочный коэффициент: 0,95 – при нормализации; 0,9 – при отжиге; 0,8 – при улучшении.

6. Подача  $S$  в мм/об.

7. Значения предела прочности  $\sigma_a$  обрабатываемого материала приведены в табл. 9.

Поправочный коэффициент  $K_V$  представляет собой произведение отдельных коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nV} \cdot K_{UV} \cdot K_{\varphi V} \cdot K_{\varphi'V} \cdot K_{rV} \cdot K_{qV} \cdot K_{OV}.$$

$K_{MV}$  – учитывает качество обрабатываемого материала (табл. 24);

$K_{nV}$  – состояние поверхности заготовки (табл. 26);  $K_{UV}$  – материал

режущей части инструмента (табл. 27);  $K_{\varphi V}$ ,  $K_{\varphi'V}$ ,  $K_{rV}$ ,  $K_{qV}$  – коэффици-

циенты, учитывающие параметры резца: угол в плане  $\varphi$ , вспомогательный угол в плане  $\varphi'$ , радиус при вершине  $r$ , поперечное сечение кре-

пежной части  $q$  (табл. 28). Коэффициенты  $K_{\varphi V}$ ,  $K_{rV}$ ,  $K_{qV}$  учитываются

только для резцов из быстрорежущей стали. Коэффициент  $K_{OV}$  учи-

тывает способ обработки (отрезание, продольное точение и т.д.) (табл. 29).

Таблица 24

**Поправочный коэффициент  $K_{MV}$ , учитывающий влияние механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания**

Обрабатываемый материал	Материал рабочей части инструмента	
	Твердый сплав	Быстрорежущая сталь
	Расчетная формула	
Сталь конструкционная углеродистая, легированная и стальные отливки	$K_{MV} = \frac{750}{\sigma_{\sigma}}$	$K_{MV} = C_m \left( \frac{750}{\sigma_{\sigma}} \right)^{n_v}$

Примечание: значения коэффициента  $C_m$ , учитывающего группу стали, и показатель степени  $n_v$  приведены в табл. 25; значения предела прочности  $\sigma_{\sigma}$  обрабатываемого материала берутся в МПа и приведены в табл. 9.

Таблица 25

**Значения коэффициента  $C_m$  и показателя степени  $n_v$  для расчета поправочного коэффициента  $K_{MV}$**

Обрабатываемый материал	Коэффициент $C_m$ для инструмента из быстрорежущей стали	Показатель степени $n_v$ (точное)	
1	2	3	
Сталь: углеродистая ( $C \leq 0,6\%$ )	1,0	1,75*	
	автоматная		1,2
	никелевая	1,0	1,75
	хромистая	0,8	
	хромоникелевая	0,9	
	углеродистая ( $C > 0,6\%$ ), марганцовистая и хромоникельвольфрамовая	0,8	1,75

Окончание табл. 25

1	2	3
хромомолибденовая, хромоникельмолибденовая, хромоалюминиевая, хромомолибденоалюминиевая и близкие к ним	0,7	1,25
хромомарганцовистая, хромокремнистая, хромокремнемарганцовистая и близкие к ним		1,50
инструментальная быстрорежущая	0,6	1,25
* При $\sigma_b < 450$ МПа показатель степени $n_v = -1,0$ .		

Таблица 26

**Поправочный коэффициент  $K_{nV}$ , учитывающий влияние  
состояния поверхности заготовки на скорость резания**

Состояние поверхности заготовки				
Без корки	С коркой			
	Прокат	Поковка	Стальные и чугунные отливки	
			нормальное	с загрязненной коркой
Коэффициент $K_{nV}$				
1,0	0,9	0,8	0,8-0,85	0,5-0,6

Таблица 27

**Поправочный коэффициент  $K_{UV}$ , учитывающий влияние  
материала режущей части инструмента на скорость резания**

Обрабаты- ваемый материал	Значения коэффициента $K_{UV}$ в зависимости от марки инструментального материала						
	2	3	4	5	6	7	8
Сталь кон- струкцион- ная и стальные отливки	T5K12B	T5K10	T14K8	T15K6	T15K6T	T30K4	BK8
	0,35	0,65	0,8	1,00	1,15	1,4	0,4

1	2	3	4	5	6	7	8
Сплавы жаропрочные и коррозионно-стойкие	ВК8	Т5К10	Т15К6	Р18	-		
	1,0	1,4	1,9	0,3			
Сталь закаленная	35–50 HRC				51-62 HRC		
	Т15К6	Т30К4	ВК6	ВК8	ВК4	ВК6	ВК8
	1,0	1,25	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Сталь, чугун, медные и алюминиевые сплавы	Р6М5, Р18, Р9	ВК4	ВК6	9ХС	ХВГ	У12А	-
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5	

Таблица 28

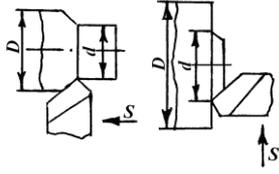
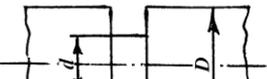
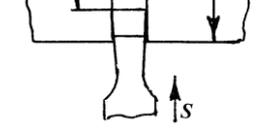
**Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние параметров резца на скорость резания**

Главный угол в плане $\varphi$ , град.	Коэффициент $K_{\varphi V}$	Вспомогательный угол в плане $\varphi'$ , град.*	Коэффициент $K_{\varphi' V}$	Радиус при вершине резца $r$ , мм*	Коэффициент $K_{rV}$	Размер сечения крепежной части резца $q$ , мм*	Коэффициент $K_{qV}$
20	1,4	10	1,0	1	0,94	12×20 16×16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,0	16×25 20×20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20×30 25×25	1,0
60	0,9	30	0,91	-	-	25×40 30×30	1,04
75	0,8	45	0,87	5	1,13	30×45 40×40	1,08
90	0,7	-	-	-	-	40×60	1,12

\* Учитывается только для резцов из быстрорежущей стали

Таблица 29

**Поправочный коэффициент  $K_{OV}$ , учитывающий влияние вида обработки на скорость резания**

Вид обработки	Схема резания	Отношение диаметров $d : D$	Коэффициент $K_{OV}$
Наружное точение: продольное поперечное		—	1,0
		0,0–0,4	1,24
		0,5–0,7	1,18
		0,8–1,0	1,04
Отрезание		0	1,0
Прорезание		0,5–0,7 0,8–0,95	0,96 0,84

Определив скорость резания, рассчитывают число оборотов шпинделя станка ( $n$ , об/мин) по формуле

$$n_p = \frac{1000 \times V_p}{\pi \times D},$$

где  $n_p$  – расчетное число оборотов шпинделя, об/мин;  $V_p$  – расчетная скорость резания, м/мин;  $D$  – диаметр обрабатываемой заготовки, мм.

Затем уточняют число оборотов шпинделя, выбирая равное или ближайшее меньшему числу оборотов, указанных в паспорте станка или в таблице, помещенной на передней панели станка ( $n_{ст}$ , об/мин) (табл. 30).

По выбранной фактической частоте вращения шпинделя станка ( $n_{ст}$ , об/мин) определяют фактическую скорость резания ( $V_\phi$ , м/мин) по формуле

$$V_\phi = \frac{\pi \times D \times n_{ст}}{1000}.$$

Таблица частот вращения шпинделя, величин подач и шагов нарезаемых резьб

 K L 40 86 L N 86 64	 K M 60 86 L N 73 36	 /min	A				B				C				D				 /min		
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV			
 1  1/2		12,5-1600	0,05	0,06	0,075	0,09	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	 1:32		
		200-630	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4		 1:8	
		50-160	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1	1,2	1,4	1,6	2	2,4	2,8							 1:2
		12,5-40	1,6	2	2,4	2,8															
 mm	 mm·π	12,5-1600	0,5		0,75		1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	1 12,5 50 200 500		
		200-630	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	12	14		2 16 63 250 630	
		50-160	4	5	6	7	8	10	12	14	16	20	24	28	32	40	48	56			3 20 80 315 800
		12,5-40	16	20	24	28	32	40	48	56	64	80	96	112							
 1"	 1"·π	12,5-1600	32	40	48	56	16	20	24	28	8	10	12	14	4	5	6	7	5 31,5 125 500 1250		
		200-630	16	20	24	28	8	10	12	14	4	5	6	7	2	2,5	3	3,5		6 40 160 630 1600	
		50-160	4	5	6	7	2	2,5	3	3,5	1	1,25	1,5	1,75	0,5		0,75				
		12,5-40	1	1,25	1,5	1,75	0,5		0,75												

## 4.9. Обработка металлов резанием методом точения

### 4.9.1. Общая характеристика метода

**Точение** – это лезвийная обработка с вращательным главным движением резания и возможностью изменения радиуса его траектории. Точение является наиболее распространенным методом обработки поверхностей преимущественно тел вращения (валов, дисков, втулок и т.п.), которая осуществляется резцами на станках токарной группы. Метод объединяет такие виды работ, как обтачивание цилиндрических, конических и фасонных поверхностей; обтачивание и подрезание торцовых поверхностей; отрезание; растачивание цилиндрических, конических и фасонных отверстий; вытачивание канавок; нарезание различных резьб и др. (рис. 63). Также на токарных станках можно производить обработку отверстий сверлением, зенкерованием, развертыванием, используя сверла, зенкеры и развертки. Для нарезания резьб используют не только резцы, но и метчики и плашки.

При использовании специальных приспособлений на токарных станках можно произвести наружное и внутреннее шлифование, обкатывание и раскатывание, фрезерование, термическую обработку, напыление металлов и пластмасс и другие операции.

В зависимости от получаемой шероховатости поверхности различают следующие **виды точения**: черновое, получистовое, чистовое и тонкое. При этом заготовке сообщается главное движение (вращательное), а инструменту (резцу) – движение подачи (поступательное и иногда по более сложной траектории).

### 4.9.2. Виды станков токарной группы

Токарные станки являются наиболее универсальными из всех видов металлорежущего оборудования. Их подразделяют на винторезные, револьверные, карусельные, многорезцовые, лобовые, автоматы, полуавтоматы и др. Ведущее место в этом ряду занимают **токарно-винторезные станки**, предназначенные для выполнения всех основных токарных работ.

**Токарно-револьверные станки** используют для точения наружных и торцовых поверхностей, сверления, растачивания и развертывания отверстий, нарезания резьб при обработке некрупных деталей сложной конфигурации (винтов, болтов, гаек, втулок, валиков). В отличие от токарно-винторезных станков они не имеют задней бабки и ходового винта, а на продольном суппорте установлена многопозиционная револьверная головка, в гнездах которой устанавливают различный режущий инструмент. Каждый режущий инструмент при повороте головки последовательно производит обработку детали. Токарно-револьверные станки целесообразно применять в серийном производстве.

**Токарно-лобовые станки** применяются для обработки крупных тяжелых деталей с большим отношением диаметра к длине (маховиков, шкивов и т.п. диаметром до 6 м и более). Установка и выверка деталей на токарно-лобовых станках являются весьма трудоемкими, поэтому при возможности вместо этих станков используют токарно-карусельные.

**Токарно-карусельные станки** применяют для обработки деталей большого диаметра и небольшой длины (венцы больших зубчатых колес, кольца крупногабаритных подшипников и т.п.). Особенностью станков является наличие круглого горизонтального стола-карусели с вертикальной осью вращения, благодаря чему облегчаются установка, выверка и закрепление тяжелых обрабатываемых заготовок.

У **токарных полуавтоматов** автоматизированы только рабочие операции по обработке детали, связанные со снятием стружки с заготовки, а вспомогательные операции выполняются вручную.

У **токарных автоматов** автоматизирован весь цикл обработки детали при помощи механических, гидравлических, электрических, пневматических, электронных и смешанных устройств (систем). Автоматы и полуавтоматы рентабельны в крупносерийном и массовом производстве.

### 4.9.3. Устройство токарно-винторезного станка

Все токарно-винторезные станки имеют практически однотипную компоновку. Рассмотрим устройство токарно-винторезного станка на примере универсального, предназначенного для эксплуатации в условиях индивидуального и мелкосерийного типов производств и при ремонтных работах. Для него характерна частая смена обрабатываемых деталей и переналадка инструмента. Общий вид токарно-винторезного станка приведен на рис. 58.

Основными узлами токарно-винторезного станка являются станина *1*, неподвижная передняя (шпиндельная) бабка *9* и задняя бабка *19*.

**Станина 1** служит для монтажа всех основных узлов станка и является его основанием. Ответственной частью станины являются **направляющие 33**, по которым перемещаются каретка суппорта (нижние продольные салазки) *22* и задняя бабка *19*.

**Передняя бабка 9** закреплена на левом конце станины. В ней находится коробка скоростей станка, основной частью которой является шпиндель. **Шпиндель** – это главный вал металлорежущих станков, предназначенный для вращения заготовки или инструмента. На правый конец шпинделя, выступающий из корпуса бабки, устанавливают различные приспособления для закрепления заготовок, например трехлучковый самоцентрирующий **патрон 34**. Коробка скоростей регулирует частоту вращения шпинделя.

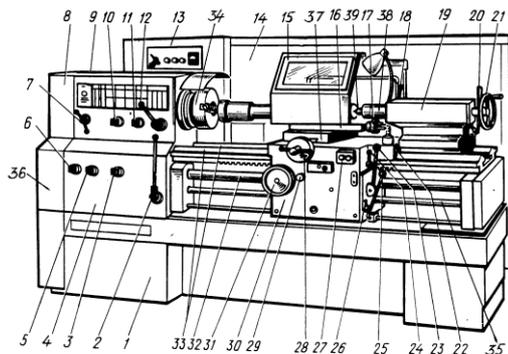


Рис. 58. Общий вид токарно-винторезного станка:

- 1 – станина; 2 – рукоятка управления фрикционной муфтой главного привода (сблокирована с рукояткой 25); 3 – рукоятка установки подачи, шага резьбы, отключения механизма коробки подач; 4 – коробка подач; 5 – рукоятка установки подачи по виду работ и типу нарезаемой резьбы; 6 – рукоятка установки подачи и шага резьбы; 7 – рукоятка установки частоты вращения шпинделя; 8 – кожух клиноременной передачи; 9 – передняя (шпиндельная) бабка; 10 – рукоятка установки нормального или увеличенного шага резьбы и положения при делении многозаходных резьб; 11 – рукоятка установки нарезания правой или левой резьбы; 12 – рукоятка установки частоты вращения шпинделя; 13 – электрошкаф (вводной выключатель, сигнальная лампочка, выключатель насоса подачи охлаждающей жидкости, амперметр нагрузки станка); 14 – защитный задний экран; 15 – защитный щиток; 16 – салазки верхние; 17 – рукоятка ручного перемещения верхних салазок суппорта; 18 – рукоятка зажима пиноли задней бабки; 19 – задняя бабка; 20 – рукоятка закрепления задней бабки; 21 – маховик перемещения пиноли задней бабки; 22 – нижние продольные салазки суппорта; 23 – рукоятка (с кнопкой) включения, выключения и реверсирования продольной и поперечной подач; 24 – рукоятка включения разъемной гайки ходового винта; 25 – рукоятка управления фрикционной муфтой главного привода (сблокирована с рукояткой 2); 26 – рукоятка включения и выключения подачи; 27 – кнопочная станция: «Пуск», «Стоп»; 28 – рукоятка маховика ручного перемещения поперечных салазок суппорта; 29 – рукоятка включения продольной реечной подачи; 30 – фаргук суппорта; 31 – маховик продольного перемещения суппорта; 32 – ходовой винт (в кожухе); 33 – направляющие станины; 34 – трехкулачковый патрон; 35 – ходовой вал (в кожухе); 36 – гитара сменных зубчатых колес; 37 – поперечные салазки; 38 – пиноль; 39 – центр

Между бабками располагается **суппорт**, служащий для закрепления резцов и сообщения движения подачи. Он состоит из **каретки (нижних продольных салазок) 22**, которая перемещается по направляющим станины (продольная подача); **каретки (поперечных средних салазок) 37**, скользящей по направляющим каретки **22** в поперечном к оси заготовки направлении (поперечная подача). Поворотная часть средних салазок несет направляющие, по которым под любым углом к оси вращения заготовки можно перемещать **верхние (ручные) салазки (верхний суппорт) 16** с четырехпозиционным поворотным резцедержателем, в котором можно одновременно закрепить четыре резца (на рис. 58 резцедержатель не виден, так как закрыт **защитным щитком 15**). Осуществляя вручную движение подачи под углом верхними салазками, можно обтачивать и растачивать конические поверхности. Механическое перемещение суппорта при резании достигается передачей движения от коробки подач **4** к **фартуку суппорта 30** посредством **ходового вала 35** или **ходового винта 32**. На передней стенке фартука расположены маховики и рукоятки управления движением суппорта.

**Коробка подач 4** с помощью ходового винта **32** и ходового вала **35** связана с суппортом. Коробка подач служит для передачи вращения от шпинделя ходовому винту или ходовому валу, а также для изменения их частоты вращения в целях получения необходимых подач суппорта или шага нарезаемой резьбы. Ходовой винт передает движение от коробки подач к суппорту и используется только при нарезании резьб. Для выполнения всех других видов токарных работ движение от коробки подач к суппорту поступает через ходовой вал. Коробка подач связана со шпинделем станка гитарой сменных зубчатых колес **36**.

**Гитара сменных зубчатых колес 36** является звеном передачи движения от шпинделя станка к коробке подач. Заменяя одни зубчатые колеса гитары другими можно изменить подачу суппорта, это используют например, при нарезании резьб повышенной точности.

**Задняя бабка 19** служит для создания дополнительной опоры заготовки при обработке длинных деталей с помощью заднего центра, а также закрепления инструментов при обработке отверстий (сверл, зенкеров, разверток) и нарезания резьбы (метчиков, плашек). Задняя бабка состоит из основания, которое может передвигаться по направляющим станины, корпуса и пиноли **38**, перемещаемой в продольном направлении при помощи маховика. Корпус бабки может перемещаться в поперечном направлении относительно направляющей плиты с помощью винта. **Пиноль 38** имеет коническое отверстие для закрепления **центра 39** или инструмента (сверла, зенкера и др.).

На шпиндельной бабке станка обычно помещена **таблица частот вращения шпинделя, величин подач и шагов нарезаемых резьб** (табл. 30). Устанавливая рукоятки **7** и **12** (рис. 58) в соответствующие

положения, получают различные частоты вращения шпинделя. Так, **рукояткой 12** устанавливают один из четырех диапазонов частоты вращения шпинделя в соответствии с обозначением положения рукоятки в правой части таблицы. **Рукояткой 7**, на ступице которой нанесены цифры от 1 до 6, устанавливают требуемые частоты вращения из выбранного ряда совмещением цифры со стрелкой, изображенной над рукояткой.

**Рукоятка 3** служит для установки подачи и шага резьбы и отключения механизма коробки подач при нарезании резьб повышенной точности. Она имеет четыре фиксированных положения, обозначенных латинскими буквами *A, B, C, D*, и два промежуточных, обозначенных стрелками, при повороте в вертикальной плоскости (табл. 30).

**Рукоятка 6** может занимать четыре фиксированных положения, обозначенных римскими цифрами I, II, III, IV, служащая также для установки подачи и шага резьбы. Комбинируя положения рукояток **3** и **6**, можно получить все значения подач и шагов резьб, которые приведены в таблице на шпиндельной бабке станка (табл. 30.).

#### 4.9.4. Кинематическая схема токарно-винторезного станка

Кинематическая схема токарно-винторезного станка, общий вид которого представлен на рис. 58, приведена на рис. 59.

##### Привод главного движения

Вращение шпинделю передается от электродвигателя ( $N = 10$  кВт;  $n = 1460$  об/мин) через клиноременную передачу  $\frac{148}{268}$  и коробку скоростей. Муфта  $M_1$  служит для включения, выключения и изменения направления вращения шпинделя. Движение от электродвигателя на шпиндель может передаваться по двум кинематическим цепям:

1) по короткой цепи (без перебора), что дает 12 высших ступеней частот вращения шпинделя:

$$n_{\text{min}} = 1460 \frac{148}{268} 0,985 \frac{51}{39} \left( \text{или} \frac{56}{34} \right) \frac{21}{55} \left( \text{или} \frac{29}{47}, \text{или} \frac{38}{38} \right) \frac{30}{60} \left( \text{или} \frac{60}{48} \right);$$

2) по длинной цепи (с перебором), что дает еще 12 частот вращения:

$$n_{\text{min}} = 1460 \frac{148}{268} 0,985 \frac{51}{39} \left( \text{или} \frac{56}{34} \right) \frac{21}{55} \left( \text{или} \frac{29}{47}, \text{или} \frac{38}{38} \right) \frac{15}{60} \left( \text{или} \frac{45}{45} \right) \frac{18}{72} \frac{30}{60}.$$



Таким образом, шпиндель станка получает всего 24 значения частот вращения. Практически шпиндель имеет только 22 частоты вращения, так как значения  $n = 500$  об/мин и  $n = 630$  об/мин повторяются дважды. Уравнение кинематического баланса привода главного движения станка имеет вид

$$n_{шп} = n_{эл} \times i_{пост} \times i_{к.с} \times \eta,$$

где  $n_{шп}$ ,  $n_{эл}$  – частоты вращения соответственно шпинделя и электродвигателя, об/мин;  $i_{пост}$  – передаточное отношение всех постоянных передач данной кинематической цепи;  $i_{к.с}$  – передаточное отношение коробки скоростей;  $\eta$  – коэффициент проскальзывания ременной передачи ( $\eta = 0,985$ ).

Станок должен быть настроен на заранее выбранную по режиму резания частоту вращения. Максимальная частота вращения шпинделя (при работе без перебора)

$$n_{max} = 1460 \times 0,985 \frac{148}{268} \frac{56}{34} \frac{38}{38} \frac{60}{48} \approx 1600 \text{ об/мин;}$$

минимальная (при работе с перебором)

$$n_{min} = 1460 \times 0,985 \frac{148}{268} \frac{51}{39} \frac{21}{55} \frac{15}{60} \frac{18}{72} \frac{30}{60} \approx 12,5 \text{ об/мин.}$$

### Привод подач

Привод подач состоит из звена увеличения шага, механизма реверса, гитары сменных колес, коробки подач и механизма передач фартука.

Движение подачи осуществляется или непосредственно от шпинделя через пару зубчатых колес  $\frac{60}{60}$ , как показано на схеме (нормальное соединение), или через звено увеличения шага, которое расположено в коробке скоростей и имеет три передаточных отношения:

$$i_1 = \frac{60}{30} = 2; i_2 = \frac{60}{30} \frac{72}{18} \frac{45}{45} \frac{45}{45} = 8; i_3 = \frac{60}{30} \frac{72}{18} \frac{60}{15} \frac{45}{45} = 32.$$

Для изменения направления вращения ходового винта служит реверсивный механизм. Правое вращение винта производится через пару зубчатых колес  $\frac{30}{45}$ , левое – через передачу  $\frac{30}{25} \frac{25}{45}$ . Далее вращение передается сменным зубчатым колесам гитары, которая имеет две ком-

бинации сменных колес: передача  $\frac{K}{L} \frac{L}{N} = \frac{40}{86} \frac{86}{64}$  применяется при нарезании метрических и дюймовых резьб и для подачи по ходовому валу, а передача  $\frac{K}{L} \frac{M}{N} = \frac{60}{73} \frac{86}{36}$  – для нарезания модульных и питчевых резьб.

Коробка подач имеет две основные кинематические цепи. Одна цепь служит для нарезания дюймовых и питчевых резьб (количество вариантов 16):

$$\frac{28}{28} \frac{38}{34} \frac{25}{30} \left( \text{или } \frac{30}{42}, \text{ или } \frac{35}{28}, \text{ или } \frac{28}{28} \right) \frac{30}{33} \frac{18}{45} \left( \text{или } \frac{28}{35} \right) \frac{15}{48} \left( \text{или } \frac{35}{28} \right).$$

Другая цепь предназначена для нарезания метрических и модульных резьб (количество вариантов 16):

$$\frac{28}{28} \frac{30}{25} \left( \text{или } \frac{42}{30}, \text{ или } \frac{28}{35}, \text{ или } \frac{28}{28} \right) \frac{18}{45} \left( \text{или } \frac{28}{35} \right) \frac{15}{48} \left( \text{или } \frac{35}{28} \right).$$

В первом случае ходовой винт получает движение, когда муфты  $M_2$ ,  $M_3$  и  $M_4$  выключены, а муфта  $M_5$  включена. Во втором случае муфта  $M_2$  выключена, а муфты  $M_3$ ,  $M_4$  и  $M_5$  включены. Вторую кинематическую цепь используют также для получения продольной или поперечной подач, при этом вращение на ходовой вал передается через зубчатые колеса  $\frac{23}{40} \frac{24}{39} \frac{28}{35}$ . Муфта  $M_5$  выключена.

При нарезании резьбы с повышенной точностью движение на ходовой винт передается напрямую, т.е. коробка подач отключена, а муфты  $M_2$  и  $M_5$  включены. Аналогично нарезают специальные резьбы. В обоих случаях резьбу на требуемый шаг настраивают подбором сменных зубчатых колес гитары.

Коробка подач станка состоит из основной и множительной передач. Основная передача дает возможность получать основной ряд стандартных резьб, множительная передача предназначена для увеличения (в 4 раза) количества нарезаемых на станке стандартных резьб.

### Нарезание резьб

Уравнения кинематических цепей от шпинделя к ходовому винту при нарезании резьбы составляют из условия, чтобы за один оборот шпинделя суппорт с резцом переместился вдоль оси заготовки на величину шага  $P_p$  нарезаемой резьбы (при однозаходной резьбе).

Для нарезания метрической резьбы со стандартным шагом  $P_p$  (в этом случае передача к коробке подач осуществляется непосредственно от

шпинделя, минуя звено увеличения шага) общий вид уравнения кинематической цепи от шпинделя к ходовому винту имеет следующий вид:

$$1 \text{ об. шп. } \frac{60}{60} \frac{30}{45} \frac{40}{86} \frac{86}{64} \frac{28}{28} \frac{30}{25} \left( \text{или } \frac{42}{30}, \text{ или } \frac{28}{35}, \text{ или } \frac{28}{28} \right) \frac{18}{45} \times \\ \times \left( \text{или } \frac{28}{35} \right) \frac{15}{48} \left( \text{или } \frac{35}{28} \right) 12 = P_p .$$

Для нарезания дюймовой резьбы с шагом  $P_p$  (для дюймовой резьбы  $P_p = \frac{25,4}{K}$ , где  $K$  – число ниток на 1") уравнение кинематической цепи имеет вид

$$1 \text{ об. шп. } \frac{60}{60} \frac{30}{45} \frac{40}{86} \frac{86}{64} \frac{28}{28} \frac{38}{34} \frac{25}{30} \left( \text{или } \frac{30}{42}, \text{ или } \frac{35}{28}, \text{ или } \frac{28}{28} \right) \times \\ \times \frac{30}{33} \frac{18}{45} \left( \text{или } \frac{28}{35} \right) \frac{15}{48} \left( \text{или } \frac{35}{28} \right) 12 = P_p .$$

Для нарезания модульной резьбы с шагом  $P_p$  (для модульной резьбы  $P_p = \pi m$ , где  $m$  – модуль, мм) уравнение кинематической цепи имеет вид

$$1 \text{ об. шп. } \frac{60}{60} \frac{30}{45} \frac{60}{73} \frac{86}{36} \frac{28}{28} \frac{30}{25} \left( \text{или } \frac{42}{30}, \text{ или } \frac{28}{35}, \text{ или } \frac{28}{28} \right) \frac{18}{45} \times \\ \times \left( \text{или } \frac{28}{35} \right) \frac{15}{48} \left( \text{или } \frac{35}{28} \right) 12 = P_p .$$

Для нарезания питчевой резьбы с шагом  $P_p$  (для питчевой резьбы  $P_p = \pi \frac{25,4}{p}$ , где  $p = k\pi$  – диаметральный питч) уравнение кинематической цепи будет

$$1 \text{ об. шп. } \frac{60}{60} \frac{30}{45} \frac{60}{73} \frac{86}{36} \frac{28}{28} \frac{38}{34} \frac{25}{30} \left( \text{или } \frac{30}{42}, \text{ или } \frac{35}{28}, \text{ или } \frac{28}{28} \right) \times \\ \times \frac{30}{33} \frac{18}{45} \left( \text{или } \frac{28}{35} \right) \frac{15}{48} \left( \text{или } \frac{35}{28} \right) 12 = P_p .$$

**Питч** является расчетной величиной зубчатых зацеплений, принятой в странах, сохранивших измерение длин в дюймах. Диаметральный питч  $p$  указывает число зубьев зубчатого колеса, приходящихся на один дюйм диаметра его начальной окружности.

Уравнение кинематической цепи от шпинделя к ходовому винту для нарезания резьбы повышенной точности с шагом  $P_p$  имеет вид

$$1 \text{ об. шп. } \frac{60}{60} \frac{30}{45} \frac{K}{L} \frac{M}{N} 12 = P_p ,$$

откуда  $\frac{K}{L} \frac{M}{N} = \frac{P_p}{8}$ .

Резьбу с большим шагом нарезают, используя звено увеличения шага, т.е. передача движения от шпинделя в этом случае осуществляется не через зубчатые колеса  $\frac{60}{60}$ , а через звено увеличения шага в коробке скоростей.

Значения величин подач, указанных в таблице, помещенной на шпиндельной бабке станка (табл. 30), могут быть получены только при установке сменных зубчатых колес  $\frac{K}{L} \frac{L}{N} = \frac{40}{86} \frac{86}{64}$ .

Установкой на станке сменных зубчатых колес  $\frac{K}{L} \frac{L}{M} = \frac{60}{86} \frac{86}{48}$  создается возможность нарезания метрических и дюймовых резьб с шагами, равными удвоенным величинам, указанным в табл. 30. Эти же сменные зубчатые колеса используют для получения удвоенных величин подач по сравнению с табличными значениями.

При дополнительных сменных зубчатых колесах и сменных колесах основного набора на станке через механизм коробки подач можно нарезать резьбы, шаги которых приведены в другой таблице, помещенной на внутренней стенке дверцы кожуха сменных зубчатых колес. Подбор сменных зубчатых колес для нарезания через механизм коробки подач резьб, не приведенных в таблицах, производят по следующим

формулам: для метрической и дюймовой резьб  $\frac{K}{L} \frac{M}{N} = \frac{5}{8} \frac{P_{нар}}{P_{табл}}$ , для модульных и питчевых резьб  $\frac{K}{L} \frac{M}{N} = \frac{60}{73} \frac{86}{36} \frac{P_{нар}}{P_{табл}}$ .

Например, необходимо подобрать сменные зубчатые колеса  $\frac{K}{L} \frac{M}{N}$  для нарезания нетабличной метрической резьбы с шагом  $P_p = 18$  мм.

По табл. 30 в ряду метрических резьб находим значение шага резьбы, ближайшее к нарезаемому. Такими являются резьбы с  $P_p = 20$  мм и  $P_p = 16$  мм. Принимаем, например,  $P_p = 20$  мм. Тогда

$$\frac{K}{L} \frac{M}{N} = \frac{5}{8} \frac{18}{20} = \frac{90}{160} = \frac{9}{16} = \frac{9}{16} \frac{4}{4} = \frac{36}{64} = \frac{36}{86} \frac{86}{64} .$$

Найденные сменные зубчатые колеса устанавливают в гитару сменных колес и рукоятки 6 и 3 соответственно в положения II и A, т.е. для нарезания метрической резьбы с шагом  $P_p = 20$  мм; рукоятки 7 и 12 в положение на соответствующую частоту вращения шпинделя (рис. 58, табл. 30). Таким образом станок будет настроен на нарезание метрической резьбы с шагом  $P_p = 18$

### Механизм фартука

От ходового вала XXII вращение через передачу  $\frac{30}{32} \frac{32}{32} \frac{32}{30}$ , предохранительную муфту  $M_7$  и червячную пару  $\frac{4}{21}$  передается зубчатому колесу  $z = 36$ . От этого зубчатого колеса движение на реечное колесо  $z = 10$  для осуществления продольной подачи (правой или левой) происходит через передачи  $\frac{36}{41} \frac{17}{66}$  (включена муфта  $M_9$ ) или  $\frac{36}{41} \frac{41}{41} \frac{17}{66}$  (включена муфта  $M_8$ ). Поперечная подача (правый или левый ход) включается муфтой  $M_{10}$  или  $M_{11}$  соответственно. При этом движение винту поперечной подачи передается через передачу  $\frac{36}{36} \frac{34}{55} \frac{29}{16}$  (муфта  $M_{10}$  включена) или  $\frac{36}{36} \frac{36}{55} \frac{29}{16}$  (включена муфта  $M_{11}$ ). Наличие в коробке подач муфты обгона  $M_6$  позволяет сообщать суппорту ускоренное движение от вспомогательного электродвигателя без выключения рабочей подачи.

### Кинематическая цепь подачи

Кинематическая цепь подачи, связывающая шпиндель с ходовым валом, должна обеспечивать за один оборот шпинделя перемещение суппорта на величину подачи  $s$ . Следовательно, уравнение кинематического баланса для этой цепи имеет вид

$$1 \text{ об. шп. } i_{\text{пост.}} i_{\text{рев.}} i_{\text{гит.}} i_{\text{к.п.}} i_{\text{ф.}} \pi m z_p = s \text{ мм/об,}$$

где  $i_{\text{пост.}}$ ,  $i_{\text{рев.}}$ ,  $i_{\text{гит.}}$ ,  $i_{\text{к.п.}}$ ,  $i_{\text{ф.}}$  – передаточные отношения соответственно постоянной передачи, реверсивного механизма, гитары сменных колес, коробки подач и механизма фартука;  $m$  – модуль реечного колеса;  $z_p$  – число зубьев реечного колеса.

Общее уравнение кинематической цепи прямых продольных подач при положении блока зубчатых колес  $B_5$ , показанном на схеме,

$$1 \text{ об. шп.} \frac{60}{60} \frac{30}{45} \frac{40}{86} \frac{86}{64} \frac{28}{28} \frac{30}{25} \left( \text{или} \frac{42}{30}, \text{ или} \frac{28}{35}, \text{ или} \frac{28}{28} \right) \frac{18}{45} \times \\ \times \left( \text{или} \frac{28}{35} \right) \frac{15}{48} \left( \text{или} \frac{35}{28} \right) \frac{23}{40} \frac{24}{39} \frac{28}{35} \frac{30}{32} \frac{32}{32} \frac{4}{30} \frac{36}{21} \frac{17}{41} \frac{17}{66} \cdot \pi \cdot 10 \cdot 3 = s \text{ мм/об.}$$

Быстрые перемещения суппорта осуществляются от отдельного электродвигателя ( $N = 1$  кВт;  $n = 1360$  об/мин), расположенного в правой части станины станка.

#### 4.9.5. Токарный станок с числовым программным управлением (ЧПУ)

Схема токарного станка с ЧПУ представлена на рис. 60.

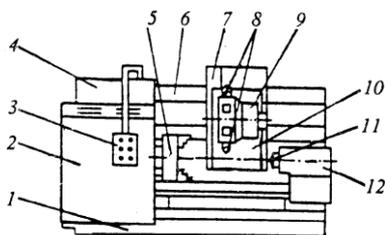


Рис. 60. Схема токарного станка с ЧПУ: 1 – станина; 2 – передняя бабка; 3 – управляющий пульт; 4 – шкаф для управляющей аппаратуры с ЧПУ; 5 – приспособление для закрепления заготовки; 6 – направляющие; 7 – суппорт; 8 – инструмент; 9 – резцовая головка; 10 – салазки суппорта; 11 – центр; 12 – задняя бабка

Передняя бабка 2, направляющие 6 для перемещения задней бабки и суппорта жестко закреплены на станине 1. В передней бабке размещены привод главного движения заготовки с закрепленным на шпинделе приспособлением 5; приводы продольной подачи суппорта 7 и поперечной подачи инструмента 8 с резцовой головкой 9, перемещающейся по салазкам 10 суппорта. Передача движения суппорту и резцовой головке осуществляется от соответствующих приводов с помощью зубчатых и винтовых передач. Резцовая головка снабжена приводом с червячной передачей, обеспечивающей при вращении автоматическую смену инструмента. В задней бабке 12 размещена пиноль с центром 11. Управляющая аппаратура с ЧПУ размещена в шкафу 4, управляемом с пульта 3.

Станок используется в единичном, мелкосерийном и серийном производстве с мелкими повторяющимися партиями деталей.

#### 4.9.6. Типы токарных резцов

Токарные резцы применяют для черновой, получистовой, чистовой и тонкой обработки. Их **классифицируют** по ряду признаков: **по расположению главной режущей кромки** – правые, которыми работают при подаче справа налево, т.е. от задней к передней бабке станка, и у которых главная режущая кромка расположена слева, и левые, которыми работают при подаче слева направо, т.е. от передней к задней бабке станка, и у которых главная режущая кромка расположена справа (рис. 61); **по конструкции рабочей части** – прямые, у которых ось резца в плане прямая; отогнутые, у которых ось резца в плане отогнута вправо или влево; изогнутые, оттянутые и др. (рис. 62); **по виду обработки** – проходные прямые для обтачивания наружных поверхностей, проходные упорные для обтачивания поверхностей до уступа, подрезные для подрезания уступов и торцовых поверхностей, отрезные для отрезания части заготовки или разрезания материала, проходные расточные для растачивания сквозных и проходные расточные для растачивания глухих отверстий, фасонные для обработки различных форм фасонных поверхностей (режущая кромка фасонных резцов совпадает с профилем обрабатываемой поверхности). Разновидностью фасонных резцов являются резьбовые резцы для нарезания резьб. Прорезные резцы предназначены для прорезания канавок и др. (рис. 63). **По инструментальному материалу** токарные резцы подразделяют на резцы из углеродистой, легированной, быстрорежущей стали, с лезвиями из твердых сплавов, минералокерамики, сверхтвердых материалов на основе алмаза и нитрида бора.

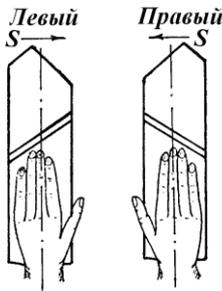


Рис. 61. Определение правого и левого резцов

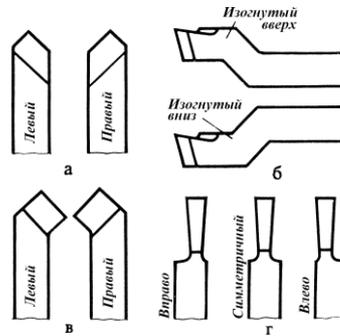


Рис. 62. Типы резцов в зависимости от конструкции рабочей части:

*a* – прямые; *б* – изогнутые;  
*в* – отогнутые; *г* – оттянутые

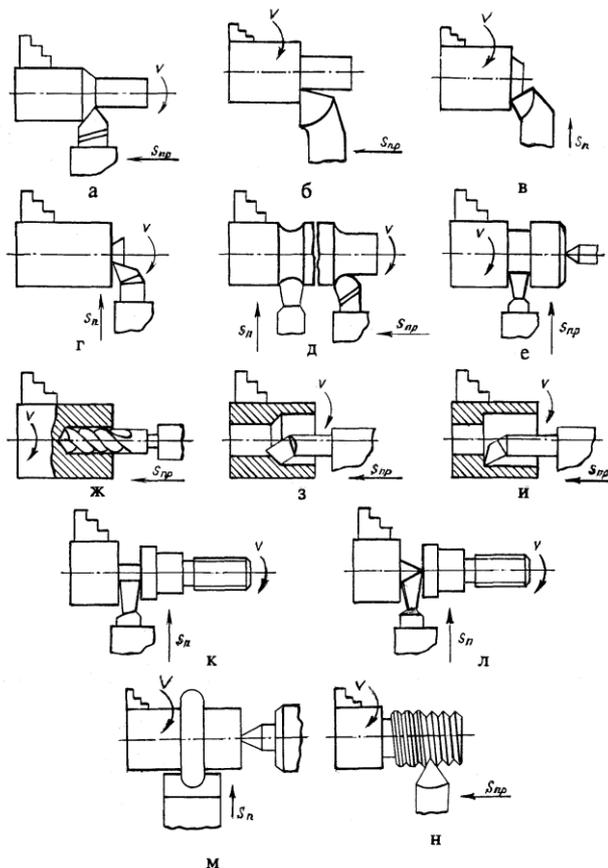


Рис. 63. Типы токарных резцов и схемы обработки заготовок на токарных станках: обтачивание наружных цилиндрических поверхностей проходными резцами (а) и проходными упорными резцами (б); подрезание торцов заготовок подрезными резцами (в, г); обтачивание скруглений между ступенями валов проходными резцами с закруглениями между режущими кромками или специальными резцами (д); протачивание канавок прорезными резцами (е); сверление отверстий (ж); растачивание внутренних цилиндрических сквозных отверстий проходными резцами (з) и ступенчатых и глухих отверстий упорными расточными резцами (и); отрезка обработанных деталей отрезными резцами с прямой главной режущей кромкой (к) и с наклонной режущей кромкой (л); обработка фасонных поверхностей фасонными резцами (м); обработка наружных резьб резьбовыми резцами (н)

#### 4.9.7. Приспособления для закрепления заготовок на токарных станках

Для установки и закрепления заготовок на токарных станках используют универсальные приспособления (рис. 64). Короткие заготовки с соотношением длины к диаметру  $l/d \leq 4$  обычно устанавливают и крепят в четырехкулачковых и трехкулачковых самоцентрирующих патронах. В четырехкулачковых патронах можно устанавливать и закреплять заготовки как цилиндрической, так и нецилиндрической форм. Другим способом обработки заготовок на токарных станках является **обработка в центрах**. При этом способе в торцовых поверхностях обрабатываемой заготовки предварительно сверлят центровые отверстия, в которые, при установке заготовки, вводят вершины конусов переднего и заднего центров. В этом случае для передачи вращения обрабатываемой заготовке используют **поводковый патрон**, который навинчивают на шпиндель станка, и **хомутик**, закрепляемый винтом на обрабатываемой заготовке. На торце поводкового патрона запрессован цилиндрический палец, передающий момент на хомутик.

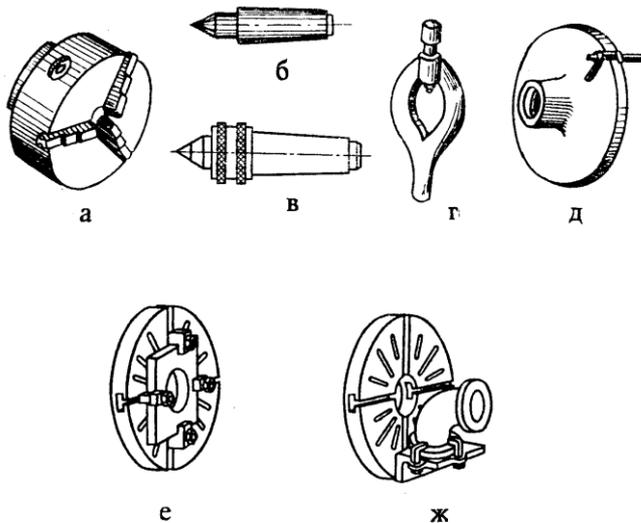


Рис. 64. Приспособления для закрепления заготовок на токарных станках: а – трехкулачковый самоцентрирующий патрон; б – неподвижный упорный центр; в – вращающийся центр; г – хомутик; д – поводковый патрон; е – планшайба; ж – планшайба с угольником

При закреплении длинных ( $4 < l/d \leq 10$ ) заготовок в трехкулачковом патроне свободный, зацентрированный ее конец поддерживается центром.

Заготовки большого диаметра типа дисков или те детали, которые сложно закрепить в патроне, крепятся на **планшайбе** или на планшайбе с дополнительным приспособлением в виде угольника.

Кроме названных приспособлений при обработке на токарных станках используют люнеты, оправки и др.

#### **4.9.8. Виды работ, выполняемых на токарно-винторезных станках**

На токарно-винторезных станках осуществляют обтачивание наружных цилиндрических, конусообразных и фасонных поверхностей; подрезание торцовых поверхностей и уступов, протачивание наружных канавок, отрезание детали от заготовки, обработку отверстий, нарезание резьбы. Схемы обработки заготовок на токарно-винторезных станках приведены на рис. 63.

#### **4.9.9. Обтачивание наружной цилиндрической поверхности**

Цилиндрическую форму при обтачивании на токарно-винторезном станке обрабатываемая заготовка приобретает, если ей сообщается вращательное движение, а резцу – продольная подача. Для продольного обтачивания применяют проходные прямые, отогнутые и упорные резцы (рис. 62, 63).

Процесс чернового обтачивания наружной цилиндрической поверхности с ручной подачей резца при установке заготовки в трехкулачковом самоцентрирующем патроне состоит из следующих этапов:

1. **Размещение** на рабочем месте необходимого режущего, измерительного и вспомогательного инструмента, чертежа детали, технологической документации.

2. **Установка и закрепление заготовки:**

- 1) разводятся кулачки патрона (рис. 65, а);
- 2) заготовка одним концом устанавливается в патрон, например трехкулачковый, и слегка зажимается кулачками (рис. 65, б);
- 3) поддерживая заготовку левой рукой, в центровое отверстие второго ее конца вводят задний центр и зажимают рукояткой, расположенной на корпусе задней бабки;
- 4) затем заготовка окончательно зажимается кулачками патрона с помощью ключа;
- 5) ключ вынимается из патрона.

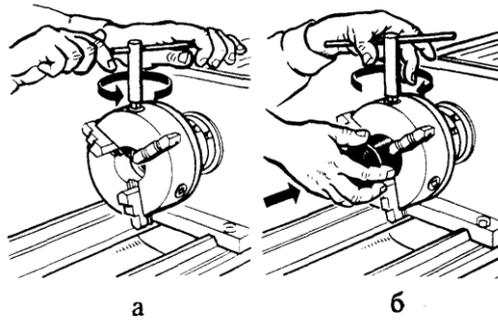


Рис. 65. Установка заготовки в трехкулачковом патроне

### 3. Установка и закрепление резца:

1) резец устанавливают в резцедержателе так, чтобы его выступающая часть была не более 1,5 высоты его крепежной части, так как при большем вылете резец будет вибрировать, что отражается на качестве обрабатываемой поверхности;

2) вершину резца устанавливают на высоте центров станка, помещая для этого под всей опорной поверхностью резца специальные подкладки (не более двух);

3) проверяют положение вершины резца по высоте центров подводкой его к заднему центру (рис. 66, а);

4) затем резец равномерно затягивают не менее чем двумя болтами (рис. 66, б).

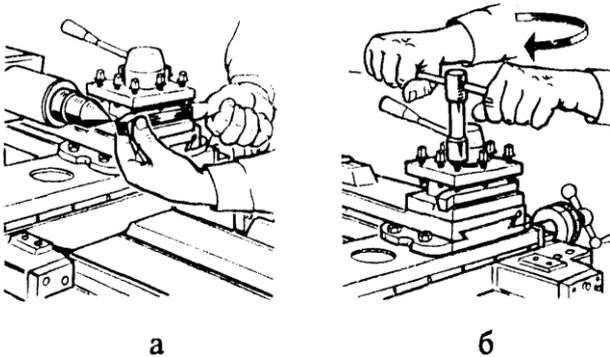


Рис. 66. Установка резца в резцедержателе

**4. Кинематическая наладка станка:** чтобы произвести кинематическую наладку настраивают кинематические цепи станка с помощью рукояток, сменных колес и т.д., предварительно подсчитывая передаточные отношения настраиваемых цепей. В большинстве случаев настройка цепей главного движения и подачи не требует каких-либо расчетов и заключается в переключении рукояток коробки скоростей и подач по указателям, схемам, таблицам, которые имеются на станке и определяют положение рукояток, обеспечивающее требуемое значение параметра (табл. 30):

1) настраивают станок на требуемую частоту вращения шпинделя, устанавливая рукоятки 7 и 12 (рис. 58) в соответствующие положения. Рукояткой 12 устанавливают один из четырех диапазонов частоты вращения шпинделя в соответствии с обозначением положения рукоятки в правой части таблицы (табл. 30). Рукояткой 7, на ступице которой нанесены цифры, устанавливают требуемые частоты вращения из выбранного ряда совмещением цифры со стрелкой, изображенной над рукояткой;

2) настраивают станок на требуемую подачу (при обработке наружной цилиндрической поверхности подача будет продольной) с помощью рукояток 3 и 6 (рис. 58). Рукоятка 6 имеет четыре фиксированных положения, обозначенных римскими цифрами I, II, III, IV, а рукоятка 3 – четыре фиксированных положения, обозначенных латинскими буквами A, B, C, D, и два промежуточных, обозначенных стрелками, при повороте в вертикальной плоскости (табл. 30). Комбинируя положения рукояток 3 и 6, получают необходимую подачу.

#### **5. Установка резца на требуемую глубину резания:**

1) заготовке сообщают вращательное движение, для чего первоначально подключают электродвигатель к электросети поворотом рукоятки A на электрошкафу станка по ходу часовой стрелки до появления света в сигнальной лампочке B (рис. 67, а). Затем включают электродвигатель нажатием кнопки «Пуск» на кнопочной станции станка (рис. 67, б). Далее включают вращение шпинделя станка, переместив рукоятку I левой рукой на себя по стрелке (рис. 67, в), а затем из среднего положения I вправо в положение II (рис. 67, г);

2) вращением маховика продольной подачи 3I и рукоятки поперечной подачи 28 (рис. 58) вручную подводят резец к наружной поверхности вблизи правого торца заготовки так, чтобы его вершина коснулась обрабатываемой поверхности заготовки (рис. 68, а). Установив момент касания, отводят резец вправо на расстояние 8–10 мм от торца заготовки (рис. 68, б). Выключают вращение шпинделя, для чего поворачивают рукоятку I из положения II в среднее положение I (рис. 67, г);

3) подают резец на требуемую глубину резания по лимбу поперечной подачи;

4) включают вращение шпинделя и обтачивают поверхность заготовки на длину 3–5 мм с ручной подачей резца, выключают вращение шпинделя и измеряют диаметр обработанного участка заготовки. При черновой обработке большие диаметры измеряют кронциркулем с линейкой, малые – штангенциркулем с точностью отсчета 0,1 мм. При обтачивании точных цилиндрических поверхностей диаметр измеряют либо штангенциркулем с точностью отсчета 0,02 мм, либо микрометром с точностью отсчета 0,01 мм. Если диаметр получится больше требуемого, резец отводят вправо пока он не сойдет с заготовки, подсчитывают, на сколько делений лимба поперечной подачи каретки суппорта нужно подать резец, чтобы получить требуемый диаметр обработанной поверхности и вновь обтачивают поясok и измеряют диаметр. Все это повторяют пока не получат заданный диаметр.

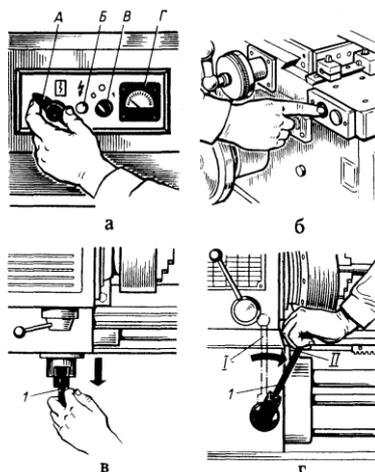


Рис. 67. Включение и выключение станка (а, б) и вращения шпинделя (в, г)

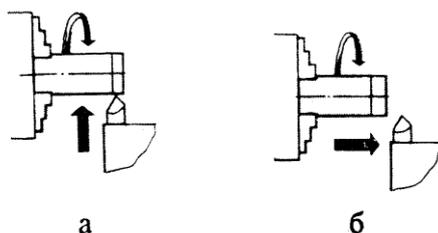


Рис. 68. Установка резца на требуемую глубину резания

6. **Обтачивание заготовки:** после получения заданного диаметра на длине заготовки 3–5 мм включают вращение шпинделя, механическую прямую продольную подачу и обтачивают заготовку уже на всю требуемую длину.

Чтобы включить прямую продольную подачу, необходимо рукоятку *I* из положения *I* (рис. 69, а) подать влево до отказа в положение *II* (рис. 69, б).

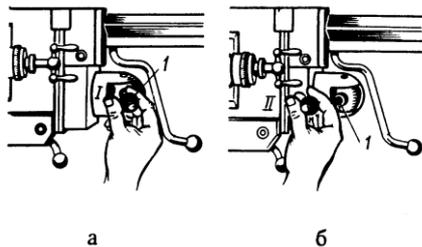


Рис. 69. Включение и выключение механической прямой продольной подачи суппорта станка

Для выдерживания заданной длины обработки можно применить следующий прием: стержень глубиномера штангенциркуля выдвигают на требуемую длину и концом штанги штангенциркуля упирают в торец заготовки. Резец перемещают до совмещения его вершины с концом стержня глубиномера (рис. 70, а). Затем поперечной подачей резец перемещают до тех пор, пока его вершина немного врежется в заготовку и обозначится круговая риска, до которой следует обтачивать заготовку (рис. 70, б). В процессе обтачивания заготовки при подходе резца к риску на расстояние 2–3 мм необходимо выключить механическую продольную подачу, вернув рукоятку *I* в исходное среднее положение (рис. 69, а, б) и резец довести до риски вручную, после чего отвести его от обработанной поверхности; затем выключают вращение шпинделя.

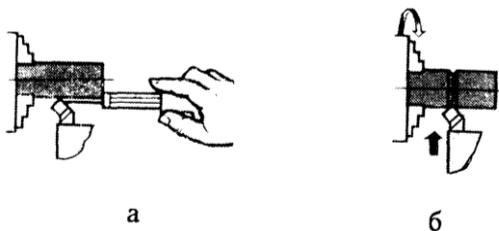


Рис. 70. Прием обтачивания цилиндрической поверхности на заданную длину

7. **Контроль размеров:** измеряют длину обработанной поверхности линейкой или стержнем глубиномера штангенциркуля, диаметр - штангенциркулем с точностью отсчета 0,1 мм.

8. **Окончание работы и снятие обработанной заготовки:** окончив работу выключают электродвигатель нажатием кнопки «Стоп» на кнопочной станции станка (рис. 67, б). Чтобы снять заготовку, отжимают кулачки патрона (рис. 65).

#### 4.10. Технологический процесс обработки заготовок деталей машин резанием

**Технологический процесс** – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению состояния заготовки или изделия.

Технологический процесс состоит из технологических операций. **Технологическая операция** – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. В зависимости от метода обработки резанием различают токарные, фрезерные, сверлильные и другие операции. Зная какие операции необходимо выполнить для изготовления детали и количество деталей, можно определить каких и сколько необходимо станков, режущих инструментов, приспособлений для закрепления заготовок, измерительных инструментов и др.

Технологическая операция может состоять из установов. **Установ** – часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки. Например, когда заготовку необходимо обработать с двух сторон ее переустанавливают на станке, т.е. операцию выполняют в два установка.

Технологическая операция может состоять из нескольких позиций. **Позиция** – это фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части станка при выполнении определенной части операции. Технологическая операция может состоять из нескольких позиций, например при обработке на многопозиционных станках (многошпиндельных, агрегатных и др.).

Технологическую операцию подразделяют на переходы, если при одном установе, на одной позиции необходимо обработать несколько различных поверхностей. **Технологический переход** – это законченная часть технологической операции, выполняемая одним и тем же инструментом при постоянных технологических режимах и установе. Например, для обработки детали типа вала требуется выполнить на токарной операции последовательно три перехода: первый переход – подрезка торца прутка подрезным резцом с частотой вращения шпинделя  $n_1$  и

поперечной подачей резца  $S_{n_1}$ ; второй переход – точение наружной поверхности проходным прямым резцом с частотой вращения шпинделя  $n_1$  и продольной подачей резца  $S_{mp}$ ; третий переход – отрезка готовой детали от прутка отрезным резцом с частотой вращения шпинделя  $n_2$  и поперечной подачей резца  $S_{n_2}$ .

Законченная часть технологического процесса, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки называется **рабочим ходом**. Количество рабочих ходов зависит от размера снимаемого припуска. Большие припуски удаляют за несколько рабочих ходов, снимая при каждом часть припуска.

**Разработка технологического процесса обработки резанием** в упрощенном виде включает в себя:

- 1) выбор необходимых операций и назначение их последовательно-сти;
- 2) выбор режущего, вспомогательного и измерительного инструмента для каждой операции;
- 3) выбор металлорежущих станков;
- 4) выбор приспособлений для закрепления заготовки при каждой операции;
- 5) назначение режима резания.

## Раздел II. УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ

### Лабораторная работа 1

#### Литье в песчано-глинистые формы

**Цель работы:** изучить технологию литья в песчано-глинистые формы. Научиться разрабатывать технологический процесс изготовления отливки по чертежу готовой детали.

Таблица 31

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п.	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	2	3
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Изобразить эскиз детали в соответствии с вариантом задания	п. 1.4.1; рис. 2, а
3	Изобразить копию эскиза детали и на ней выполнить эскиз детали с элементами литейной формы в следующей последовательности: 1) выбрать и обозначить плоскость разъема; 2) обозначить припуски на механическую обработку; 3) зачеркнуть не выполняемые литьем отверстия, впадины и т.п.; 4) нанести контуры стержней со стержневыми знаками, если они необходимы и сделать соответствующие обозначения	п. 1.4.2; рис. 2, б
4	Разработать эскиз модели в следующей последовательности: 1) обозначить разъем модели; 2) изобразить стержневые знаки; 3) определить и обозначить формовочные уклоны; 4) показать закругления в местах сопряжения стенок	п. 1.4.4; рис. 3; табл. 1

1	2	3
5	Изобразить эскиз стержневого ящика и стержня	п. 1.4.5; рис. 4
6	Изобразить эскиз сечения литейной формы в сборе	п. 1.4.6; рис. 5, а
7	Изобразить эскиз готовой отливки с литниковой системой	п. 1.4.6; рис. 5, б
8	Кратко описать процесс изготовления формы и получения отливки	п. 1.5; п. 1.6; рис. 6
9	Изготовить литейную форму	п. 1.5; рис. 6
10	Получить отливку	п. 1.6
11	Оценить качество поверхности отливки	п. 1.8
12	Сделать вывод или заключение по работе	

### Вопросы для самоконтроля

1. Изложите сущность литейного производства.
2. Дайте определение литейной формы.
3. Дайте определение отливки.
4. Дайте определение литейной оснастки, модельного комплекта, формовочного комплекта.
5. Объясните что такое модель отливки и для чего она используется.
6. Изложите процесс изготовления полостей и отверстий в отливках.
7. Объясните назначение стержневых знаков.
8. Поясните цель использования литниковой системы и назовите ее элементы.
9. Объясните назначение опок.
10. Назовите основные литейные свойства сплавов.
11. Объясните как учитывается усадка при изготовлении литейной формы.
12. Назовите состав формовочных и стержневых смесей и их различие.
13. Назовите основные свойства формовочных смесей.
14. Назовите отличия между чертежами детали, детали с элементами литейной формы, отливки, модели.
15. Объясните назначение припусков на механическую обработку.
16. Объясните назначение литейных уклонов.
17. Изложите последовательность разработки чертежа детали с элементами литейной формы.

18. Изложите последовательность изготовления литейной формы.
19. Назовите возможные дефекты отливок и охарактеризуйте их.
20. Изложите меры безопасности в литейном производстве.

## Лабораторная работа 2

### Литье в кокиль

**Цель работы:** изучить технологию литья в металлические формы (кокили).

Таблица 32

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Изобразить эскиз детали в соответствии с вариантом задания	п. 1.4.1; рис. 2, а
3	Разработать и изобразить эскиз сечения собранной металлической формы (кокиля) в соответствии с вариантом задания	п. 1.7.1; рис. 7
4	Кратко описать технологический процесс получения отливки литьем в кокиль	п. 1.7.2
5	Выбрать теплоизоляционный состав для облицовки кокиля	табл. 2
6	Определить температуру нагрева кокиля перед заливкой расплава	табл. 3
7	Определить температуру заливки сплава	табл. 4
8	Изготовить отливку литьем в кокиль	п. 1.7.2
9	Оценить качество поверхности отливки. Сравнить качество поверхностей отливок полученных литьем в кокиль и литьем в песчаной форме	п. 1.8
10	Сделать вывод или заключение по работе	

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение кокиля.
2. Назовите достоинства и недостатки литья в металлические формы.
3. Объясните цель использования огнеупорной облицовки при литье в кокиль.
4. Объясните для чего нагревают кокиль перед заливкой в него расплавленного металла.
5. Изложите технологический процесс получения отливки литьем в кокиль.
6. Назовите достоинства и недостатки литья в песчано-глинистые формы и специальных способов литья.
7. Перечислите основные специальные способы литья и дайте им краткую характеристику.

### Лабораторная работа 3

#### Горячая объемная штамповка

**Цель работы:** изучить технологию горячей объемной штамповки. Научиться разрабатывать технологический процесс изготовления поковки в открытом штампе на кривошипном прессе.

Таблица 33

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	2	3
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Записать исходные данные в соответствии с вариантом задания	
3	Изобразить эскиз детали и нанести на нем размеры в соответствии с вариантом задания	рис. 10
4	Разработать эскиз поковки в следующей последовательности: выбрать поверхность разъема штампа; установить припуски на механическую обработку и допуски на поверхности поковки; назначить напуски и штамповочные уклоны; при наличии отверстий в поковке определить толщину перемычки под пробивку; оформить эскиз поковки	п. 2.3.1; рис. 11 п. 2.3.1; рис. 11, 12 п. 2.3.1; табл. 47, 48 п. 2.3.1 п. 2.3.1 п. 2.3.1; рис. 11

1	2	3
5	Рассчитать массу и размеры исходной заготовки, последовательно определяя объем поковки, массу поковки, периметр поковки в месте разема штампа, площадь сечения канавки для облоя, объем облоя, объем заготовки, массу заготовки, коэффициент использования металла, диаметр и длину заготовки, определить размеры исходной заготовки по сортаменту	п. 2.3.2
6	Определить температурный интервал горячей штамповки	п. 2.3.3
7	Определить продолжительность нагрева заготовки	п. 2.3.4
8	Определить усилие деформирования и мощность пресса, усилие пресса для обрезки облоя	п. 2.3.5
9	Кратко описать технологию изготовления поковки	п. 2.4
10	Произвести штамповку поковки	п. 2.4
11	Оценить качество поверхности поковки внешним осмотром	п. 2.5
12	Оценить соответствие расчетных и фактических размеров поковки, используя измерительные инструменты	
13	Сделать вывод или заключение по работе	

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение обработки металлов давлением.
2. Назовите механическое свойство сплавов, позволяющее деформировать их без разрушения.
3. Назовите основные способы обработки давлением и кратко их охарактеризуйте.
4. Дайте определения холодной и горячей деформаций.
5. Изложите понятие температуры рекристаллизации.
6. Охарактеризуйте влияние температуры на пластичность сплавов.
7. Дайте определение наклепа, объясните его влияние на деформацию сплавов; назовите меры, применяемые для снятия наклепа.
8. Изложите процессы, происходящие в сплавах при горячей обработке давлением.
9. Дайте определения пережога, перегрева, обезуглероживания, угара.

10. Изложите методику выбора температурного интервала горячей обработки давлением.
11. Дайте определение горячей объемной штамповки (ГОШ).
12. Назовите области применения ГОШ.
13. Назовите достоинства ГОШ.
14. Дайте определения поковки, штампа, ручья штампа.
15. Приведите классификации штампов в зависимости от количества ручьев и от способа изготовления поковок.
16. Назовите операции штамповки, выполняемые в заготовительных ручьях штампа.
17. Укажите роль штамповочных ручьев штампа.
18. Дайте определение перехода штамповки.
19. Дайте определение обля или заусенца.
20. Назовите оборудование, используемое при ГОШ.
21. Назовите основной инструмент, используемый при ГОШ.
22. Назовите исходные заготовки, применяемые для ГОШ.
23. Назовите разновидности сортового проката, применяемого для изготовления поковок.
24. Назовите основные этапы разработки технологического процесса изготовления поковки.
25. Изложите особенности выбора поверхности разъема штампа.
26. Объясните понятие шероховатости поверхности.
27. Дайте определение припуска и допуска и укажите их назначение.
28. Охарактеризуйте такие понятия как напуски, штамповочные уклоны, радиусы закруглений и объясните их роль при изготовлении поковки.
29. Изложите методику изготовления полостей и отверстий в поковках.
30. Изложите технологию изготовления поковки методом ГОШ.
31. Изложите меры безопасности при обработке давлением.

## **Лабораторная работа 4**

### **Холодная листовая штамповка**

**Цель работы:** изучить технологию холодной листовой штамповки, а также методики процессов раскроя исходной заготовки. Научиться выбирать рациональный вариант раскроя исходной заготовки для заданной детали.

**Порядок выполнения работы и содержание отчета**

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Записать исходные данные в соответствии с вариантом задания	
3	Изобразить эскиз детали с указанием ее размеров	
4	Определить величины перемычек на раскраиваемой заготовке	п. 2.6.6; табл. 11, 12
5	Произвести раскрой исходной заготовки по двум вариантам и изобразить схемы раскроя	п. 2.6.6, п. 2.6.12; рис. 20–22
6	Определить коэффициенты использования материала, произведя необходимые расчеты (для каждого варианта раскроя)	п. 2.6.8–2.6.11; рис. 20–22
7	Выбрать наиболее рациональный (экономичный) вариант раскроя для данной детали, сравнивая коэффициенты использования материала	
8	Определить стандартную ширину исходной заготовки для обоих вариантов раскроя	п. 2.6.13
9	Сделать вывод или заключение по работе	

**Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определение листовой штамповки.
2. Назовите изделия, изготавливаемые листовой штамповкой.
3. Объясните понятие штампованных деталей и назовите их особенности.
4. Назовите преимущества листовой штамповки.
5. Назовите основные оборудование и инструмент, применяемые при листовой штамповке.
6. Назовите исходные заготовки и их материал, применяемые для листовой штамповки.
7. Приведите классификацию операций листовой штамповки и назовите особенности каждой из групп.

8. Назовите основные разделительные операции листовой штамповки и охарактеризуйте их.

9. Назовите основные формоизменяющие операции листовой штамповки и цель их проведения.

10. Охарактеризуйте операции гибки, вытяжки, отбортовки, обжима, раздачи, формовки в следующей последовательности: определение, схема операции, разновидности, назначение, применяемое оборудование и инструмент, особенности.

11. Объясните суть упругого пружинения при гибке.

12. Изложите последовательность разработки технологического процесса холодной листовой штамповки.

13. Изложите технологию холодной листовой штамповки.

14. Объясните понятие раскроя материала исходной заготовки и изложите его сущность.

15. Назовите основные способы раскроя.

16. Изложите методику определения наиболее рационального (экономичного) способа раскроя.

## Лабораторная работа 5

### Ручная электродуговая сварка

**Цель работы:** изучить технологию и оборудование ручной электродуговой сварки.

Таблица 35

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия и рекомендуемая литература
1	2	3
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Оформить исходные данные в виде табл. 36	табл. 36
3	Изобразить эскиз детали в соответствии с вариантом задания	
4	Расшифровать обозначение сварного шва на эскизе детали	п. 3.8

Окончание табл. 35

1	2	3
5	Определить вид и тип соединения, положение шва в пространстве, форму подготовленных кромок, характер сварного шва (односторонний, двусторонний и т.д.)	п. 3.7; рис. 25–28
6	Изобразить формы поперечного сечения подготовленных кромок и сварного шва и указать необходимые размеры	[17]
7	Определить параметры режима сварки: диаметр стержня электрода, тип электрода, толщину покрытия электрода (толстое или тонкое), сварочный ток, напряжение на дуге, площадь сечения шва, скорость сварки, площадь поперечного сечения одного прохода, число проходов, массу наплавленного металла, расход электродов, время сварки, количество электроэнергии. Полученные результаты оформить в виде табл. 36	п. 3.10.2, п. 3.9.3; табл. 16, 36
8	Ознакомиться с оборудованием ручной дуговой сварки и изобразить схему сварочного поста	п. 3.10.1; рис. 33
9	Ознакомиться с технологией ручной дуговой сварки. Описать ее основные операции	п. 3.10.1, п. 3.10.3
10	Произвести сварку изделия	п. 3.10.3
11	Осуществить контроль сварного шва внешним осмотром и оценить его качество, описать состояние шва, назвать видимые дефекты	п. 3.6
12	Сделать вывод или заключение по работе	

Таблица 36

**Исходные данные и результаты работы**

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	2	3
1	Марка свариваемого металла	
2	Толщина свариваемого металла $S$ , мм	

1	2	3
3	Длина шва $L$ , мм	
4	Тип соединения	
5	Положение шва в пространстве	
6	Форма подготовленных кромок	
7	Характер сварного шва (односторонний, двусторонний и т.д.)	
8	Диаметр стержня электрода $d_{эл}$ , мм	
9	Тип электрода	
10	Толщина покрытия электрода (толстое или тонкое)	
11	Сварочный ток $I_{св}$ , А	
12	Напряжение на дуге $U_{д}$ , В	
13	Площадь сечения шва $F_{н.м}$ , мм <sup>2</sup>	
14	Скорость сварки $V_{св}$ , м/ч	
15	Площадь поперечного сечения одного прохода $F_{пр}$ , мм <sup>2</sup>	
16	Число проходов	
17	Масса наплавленного металла $G_{н.м}$ , г	
18	Расход электродов $G_{эл}$ , г	
19	Время сварки $t_{св}$ , ч	
20	Количество электроэнергии $Q$ , кВт·ч	

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение сварки.
2. Назовите материалы, изделия из которых можно соединить сваркой.
3. Изложите достоинства сварочного производства и возможности его применения.
4. Изложите физическую сущность процесса сварки.
5. Назовите условия образования неразъемного соединения.
6. Приведите классификации способов сварки по методу объединения свариваемых поверхностей и в зависимости от формы энергии, используемой для образования сварного соединения.

7. Назовите способы сварки термического, термомеханического и механического классов сварки.
8. Дайте определение свариваемости. Объясните от чего она зависит.
9. Опишите сущность сварки давлением.
10. Опишите сущность сварки плавлением.
11. Дайте определения сварочной ванны и сварного шва.
12. Изложите особенности строения сварного шва.
13. Назовите методы борьбы с напряжениями и деформациями при сварке.
14. Назовите внешние и внутренние дефекты сварных соединений и опишите их.
15. Перечислите виды сварных соединений по их взаимному расположению, по положению в пространстве.
16. Объясните для чего необходима разделка свариваемых кромок.
17. Дайте определения электродуговой сварки, дуги, электрода.
18. Объясните назначение покрытий электродов и назовите области применения электродов с тонким и толстым покрытием.
19. Изложите принцип маркировки электродов.
20. Изложите сущность ручной электродуговой сварки покрытым плавящимся электродом.
21. Назовите основные параметры режима ручной дуговой сварки.
22. Изложите технологию ручной электродуговой сварки покрытым плавящимся электродом пооперационно.
23. Изложите технику безопасности проведения сварочных работ с использованием электрической дуги.

## Лабораторная работа 6

### Ручная газовая сварка

**Цель работы:** изучить технологию и оборудование газовой сварки.

Таблица 37

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	2	3
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Оформить исходные данные в виде табл. 38	табл. 38

1	2	3
3	Изобразить эскиз детали в соответствии с вариантом задания	
4	Расшифровать обозначение сварного шва на эскизе детали	п. 3.8
5	Определить вид и тип соединения, положение шва в пространстве, форму подготовленных кромок, характер шва (односторонний, двусторонний и т.д.)	п. 3.7; рис. 25–28
6	Изобразить формы поперечного сечения подготовленных кромок и сварного шва и указать необходимые размеры	табл. 18
7	Определить параметры режима сварки по заданной марке и толщине стали: мощность сварочного пламени; вид сварочного пламени; номер наконечника сварочной горелки; способ сварки (левый или правый); угол наклона мундштука наконечника горелки; угол наклона, марку и диаметр присадочной проволоки; массу наплавленного металла; расход присадочной проволоки; время сварки; полный расход горючего газа и кислорода; скорость сварки. Полученные результаты оформить в виде табл. 38	п. 3.11.2; п. 3.11.4; п.3.11.5; рис. 40–42; табл. 16, 38, 18, 19
8	Изобразить схему выбранного способа сварки (левого или правого)	рис. 41
9	Зарисовать схему газовой горелки и указать ее основные узлы	п. 3.11.3; рис. 38
10	Ознакомиться с аппаратурой газовой сварки и изобразить схему сварочного поста	п. 3.11.3; рис. 36–39
11	Разобрать сварочную горелку и изучить ее устройство, собрать горелку	п. 3.11.3; рис. 38
12	Ознакомиться с технологией ручной газовой сварки и техникой безопасности работы. Описать основные операции сварки	п. 3.11.6; прил. 1
13	Произвести сварку изделия	п. 3.11.6
14	Осуществить контроль сварного шва внешним осмотром и оценить его качество. Описать состояние шва, назвать видимые дефекты	п. 3.6
15	Сделать вывод или заключение по работе	

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение газовой сварки и изложите ее сущность.
2. Назовите области применения газовой сварки, ее достоинства и недостатки.
3. Объясните роль присадочного металла и флюсов при газовой сварке.
4. Назовите аппаратуру и оборудование, применяемые при газовой сварке; поясните их устройство, принцип действия и назначение.
5. Изложите устройство газовой горелки и принцип ее работы.
6. Поясните строение газосварочного пламени.
7. Назовите виды ацетилено-кислородного пламени, их особенности и назначение.
8. Назовите основные параметры режима газовой сварки.
9. Изложите технологию ручной газовой сварки пооперационно.
10. Изложите основные положения техники безопасности при выполнении газовой сварки.

Таблица 38

### Исходные данные и результаты работы

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	2	3
1	Марка свариваемого металла	
2	Толщина свариваемого металла $S$ , мм	
3	Длина шва $L$ , мм	
4	Тип соединения	
5	Положение шва в пространстве	
6	Форма подготовленных кромок	
7	Характер сварного шва (односторонний, двусторонний и т.д.)	
8	Мощность сварочного пламени $A$ , $\text{дм}^3/\text{ч}$	
9	Вид сварочного пламени	
10	Номер наконечника сварочной горелки	
11	Способ сварки (правый или левый)	

1	2	3
12	Угол наклона мундштука наконечника горелки, град.	
13	Угол наклона присадочной проволоки, град.	
14	Марка присадочной проволоки	
15	Диаметр присадочной проволоки $d$ , мм	
16	Масса наплавленного металла $G_{н.м}$ , кг	
17	Расход присадочной проволоки $G_{пр}$ , кг	
18	Время сварки $t$ , ч	
19	Полный расход горючего газа $Q_{г.г.}$ , м <sup>3</sup>	
20	Полный расход кислорода $Q_{O_2}$ , м <sup>3</sup>	
21	Скорость сварки $V$ , м/ч	

## Лабораторная работа 7

### Разделительная газокислородная резка металлов

**Цель работы:** изучить технологию и оборудование газокислородной резки.

Таблица 39

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	2	3
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Оформить исходные данные в виде табл.40	табл. 40

1	2	3
3	Определить параметры режима резки и технические характеристики резака по заданной толщине стали: номер наружного мундштука, номер внутреннего мундштука, мощность пламени (расход ацетилен), давление ацетилен на входе в резак, расход кислорода режущего и подогревающего пламени, давление кислорода на входе в резак, вид пламени, расстояние от торца мундштука до разрезаемого металла, ширину реза с верхней и нижней сторон, расширение реза, скорость резки. Полученные результаты оформить в виде табл. 40	п. 3.12.2, п. 3.11.4; табл. 20, 40; рис. 45, 46
4	Зарисовать схему резака и обозначить его основные узлы	рис. 43
5	Ознакомиться с аппаратурой газокислородной резки	п. 3.12.1
6	Разобрать резак, изучить его устройство и сравнить с устройством горелки, собрать резак	п. 3.12.1; рис. 43, 38
7	Ознакомиться с технологией ручной газокислородной резки	п.3.12.4, п.3.12.3
8	Разрезать изделие	п. 3.12.4, п. 3.12.3
9	Осуществить контроль реза внешним осмотром и оценить его качество, описать состояние реза	п. 3.12.1
10	Сделать вывод или заключение по работе	

Таблица 40

**Исходные данные и результаты работы**

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	2	3
1	Толщина разрезаемого металла, мм	
2	Длина реза, мм	
3	Номер наружного мундштука	

1	2	3
4	Номер внутреннего мундштука	
5	Расход ацетилена (мощность пламени), м <sup>3</sup> /ч	
6	Давление ацетилена на входе в резак, МПа	
7	Расход кислорода режущего и подогревающего пламени, м <sup>3</sup> /ч	
8	Давление кислорода на входе в резак, МПа	
9	Вид пламени	
10	Расстояние от торца мундштука до разрезаемого металла, мм	
11	Ширина реза с верхней стороны $Ш_{в}$ , мм	
12	Ширина реза с нижней стороны $Ш_{н}$ , мм	
13	Расширение реза, мм	
14	Скорость резки, мм/мин	

### Вопросы для самоконтроля

1. Изложите сущность газокислородной резки, назовите области ее применения.
2. Изложите устройство газокислородного резака и принцип его работы.
3. Назовите основные параметры режима ручной разделительной газокислородной резки.
4. Изложите технологию ручной разделительной газокислородной резки пооперационно.
5. Изложите основные положения техники безопасности при выполнении газокислородной резки.

### Лабораторная работа 8

#### Конструкция, элементы и геометрические параметры рабочей части токарного резца

**Цель работы:** изучить элементы и геометрические параметры металлорежущего инструментов на примере токарного резца и их влияние на процесс резания, качество обработанных поверхностей, износ инст-

румента и др.; ознакомиться с методикой измерения геометрических параметров инструмента.

Таблица 41

**Порядок выполнения работы и содержание отчета**

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Изобразить эскиз предложенного резца и указать его части, элементы и геометрические параметры рабочей части	п. 4.6; рис. 54
3	Определить тип резца по назначению (проходной, отрезной и т.д.), в зависимости от расположения главной режущей кромки (правый, левый), по форме рабочей части (прямой, отогнутый и т.д.); установить марку материала рабочей части резца	п. 4.9.6; рис. 61–63
4	Изобразить схему обработки точением и указать на ней координатные плоскости резца и поверхности заготовки: обрабатываемую, резания, обработанную	п. 4.7; рис.55
5	Изобразить схему обработки точением с необходимыми сечениями и разрезами в статической системе координат и обозначить на ней углы резца: $\gamma$ , $\alpha$ , $\varphi$ , $\varphi'$ , $\lambda$	п. 4.7; рис. 56
6	Измерить длину резца, длину рабочей и крепежной частей резца масштабной линейкой или штангенциркулем	п. 4.6; рис. 54
7	Освоить методику измерения углов режущего инструмента	
8	Измерить углы резца $\gamma$ , $\alpha$ , $\varphi$ , $\varphi'$ , $\lambda$ с помощью угломера	п. 4.6, п. 4.7; рис. 54–57
9	Результаты работы оформить в виде табл. 42	табл. 42
10	Сделать вывод или заключение по работе	

**Исходные данные и результаты работы**

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	Тип резца по назначению (проходной, отрезной и т.д.)	
2	Тип резца в зависимости от расположения главной режущей кромки (правый, левый)	
3	Тип резца по форме рабочей части (прямой, отогнутый и т.д.)	
4	Марка материала рабочей части резца	
5	Длина резца, мм	
6	Длина рабочей части резца, мм	
7	Длина крепежной части резца, мм	
8	Главный передний угол $\gamma$ , град.	
9	Главный задний угол $\alpha$ , град.	
10	Угол в плане $\varphi$ , град.	
11	Вспомогательный угол в плане $\varphi'$ , град.	
12	Угол наклона кромки $\lambda$ , град.	

**Вопросы для самоконтроля**

1. Назовите виды металлорежущих инструментов и области их применения.
2. Объясните влияние геометрии режущего инструмента на процесс резания.
3. Изобразите эскиз режущего инструмента (резца, фрезы, сверла) и укажите его части и элементы.
4. Изобразите схему токарной обработки и объясните, какие различают поверхности и координатные плоскости при обработке заготовки. Укажите направления движений скорости резания и подачи. Объясните что такое глубина резания.
5. Назовите основные углы рабочей части токарного проходного резца.
6. Объясните что такое стойкость инструмента и от чего она зависит.

7. Назовите основные инструментальные материалы и приведите их марки.

## Лабораторная работа 9

### Кинематическая наладка токарно-винторезного станка

**Цель работы:** ознакомиться с кинематикой металлорежущих станков на примере токарно-винторезного станка. Научиться рассчитывать и производить кинематическую наладку токарно-винторезного станка.

Таблица 43

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Изобразить кинематическую цепь станка в соответствии с вариантом задания	
3	Составить расчетные перемещения конечных звеньев предлагаемой цепи и уравнение кинематического баланса	п. 4.4.2–4.4.4
4	Решить уравнение кинематического баланса цепи	п. 4.4.4
5	Произвести наладку кинематической цепи станка	п. 4.4.4
6	Сделать вывод или заключение по работе	

#### Вопросы для самоконтроля

1. Объясните понятия привода и передачи металлорежущего станка.
2. Объясните понятия кинематической схемы станка, ее составляющих и цели составления кинематических схем.
3. Дайте определение передаточному отношению и объясните что оно характеризует.
4. Объясните для чего составляется уравнение кинематического баланса.
5. Объясните что такое кинематическая наладка металлорежущего станка.

6. Объясните принцип подбора чисел сменных зубчатых колес для металлорежущего станка.

7. Изучите кинематическую схему токарно-винторезного станка.

8. Объясните по кинематической схеме токарно-винторезного станка механизм фартука.

9. Назовите механизмы станка, используемые для регулирования частоты вращения шпинделя.

## Лабораторная работа 10

### Механическая обработка заготовок методом точения

**Цель работы:** ознакомиться с обработкой заготовок методом точения, устройством и работой токарно-винторезного станка, режущим инструментом и приспособлениями для закрепления заготовок. Научиться определять режим резания, производить наладку станка; освоить технологию обработки поверхности заготовки точением.

Таблица 44

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия
1	2	3
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Оформить исходные данные в виде табл. 45	табл. 45
3	Изобразить эскиз детали	
4	Дать название способу обработки заданной поверхности (обтачивание, растачиванием и т.д.)	п. 4.9.8; рис. 63
5	Изобразить схему токарно-винторезного станка и дать название его основным узлам, обозначенным на схеме цифрами 1, 2...15 (рис. 71)	рис. 58, 71; п. 4.9.3
6	Измерить диаметр исходной заготовки и ее длину штангенциркулем	
7	Определить параметры режима резания (скорость, подачу, глубину)	п. 4.8

1	2	3
8	Определить тип резца, необходимого для обработки заданной поверхности (проходной, отрезной и т.д.; правый или левый; прямой, отогнутый и т.д.)	п. 4.9.6; рис. 61–63
9	Измерить размер сечения крепежной части инструмента штангенциркулем $q$	
10	Измерить углы резца $\varphi$ , $\varphi'$ и радиус при вершине режущей части инструмента	п. 4.6, п. 4.7
11	Выбрать приспособления для закрепления обрабатываемой заготовки	п. 4.9.7; рис. 64
12	Ознакомиться с устройством станка	п. 4.9.3, п. 4.9.4; рис. 58, 59
13	Произвести наладку станка для обработки предлагаемой поверхности заготовки в следующей последовательности: 1) установить и закрепить приспособления; 2) установить и закрепить заготовку; 3) установить и закрепить инструмент; 4) произвести кинематическую наладку станка; 5) установить резец на требуемую глубину резания	п. 4.9.9
14	Обработать поверхность заготовки	п. 4.9.9
15	Произвести контроль размеров обработанной поверхности измерительным инструментом	п. 4.9.9
16	Снять обработанную заготовку	п. 4.9.9
17	Результаты работы оформить в виде табл. 45	табл. 45
18	Сделать вывод или заключение по работе	

Таблица 45

**Исходные данные и результаты работы**

№ п/п	Параметр	Значение параметра
1	2	3
1	Метод обработки (точение, фрезерование, сверление и др.)	
2	Вид точения (черновое, чистовое и др.)	
3	Вид исходной заготовки (прокат, поковка и др.)	
4	Материал заготовки	

Продолжение табл. 45

1	2	3	
5	Состояние материала заготовки (после отжига или нормализации)		
6	Состояние поверхности заготовки (без корки или с коркой)		
7	Диаметр обрабатываемой заготовки $D$ , мм		
8	Диаметр детали $d$ или другие размеры получаемой поверхности детали, мм		
9	Длина заготовки, мм		
10	Тип резца (проходной, отрезной и т.д.; правый или левый; прямой, отогнутый и т.д.)		
11	Материал рабочей части инструмента		
12	Размер сечения крепежной части инструмента $q$ , мм		
13	Название приспособлений для закрепления заготовки		
14	Обрабатываемая поверхность (цилиндрическая, коническая, резьба и т.д.)		
15	Способ обработки поверхности (обтачивание, растачивание и т.д.)		
16	Глубина резания $t$ , мм		
17	Подача $S$ , мм/об		
18	Значения коэффициентов, показателей степени и др. для определения скорости резания:	$C_v$	
		$x_v$	
		$y_v$	
		$m$	
		$\sigma_a$ , МПа обрабатываемого материала	
		$T^m$	
		$T^{x_v}$	
		$S^{y_v}$	

Окончание табл. 45

1	2	3
	$K_{MV}$	
	$C_m$	
	$n_v$	
	$K_{nV}$	
	$K_{UV}$	
	$\varphi$ , град.	
	$K_{\varphi V}$	
	$\varphi'$ , град.	
	$K_{\varphi' V}$	
	$r$ , мм	
	$K_{rV}$	
	$K_{qV}$	
	Отношение диаметров обработанной и обрабатываемой поверхностей $d / D$	
	$K_{OV}$	
	$K_V$	
19	Расчетная скорость резания $V_p$ , м/мин	
20	Расчетное число оборотов шпинделя станка $n_p$ , об/мин	
21	Фактическое число оборотов шпинделя станка $n_{cm}$ , об/мин	
22	Фактическая скорость резания $V_{\phi}$ , м/мин	

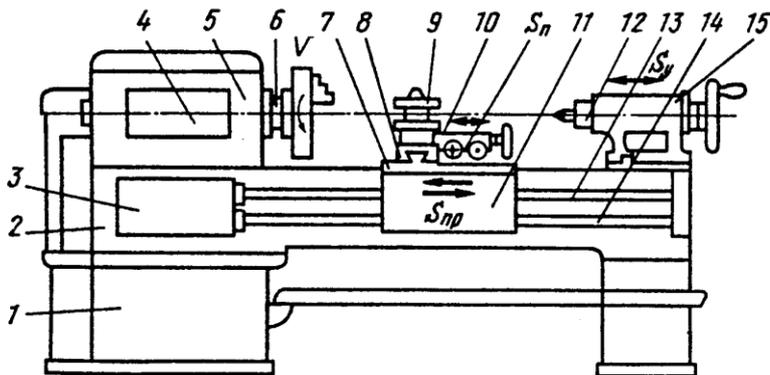


Рис. 71. Схема токарно-винторезного станка

### Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение обработки резанием и объясните ее сущность.
2. Объясните что такое точность изготовления и шероховатость поверхности.
3. Изложите физическую сущность процесса резания.
4. Назовите основные методы обработки резанием и их особенности.
5. Назовите движения резания.
6. Назовите основные параметры режима резания и методы их определения.
7. Объясните как и для чего составляется схема обработки резанием.
8. Назовите группы металлорежущих станков по технологическому методу обработки; объясните основное назначение станков каждой группы.
9. Объясните сущность механизации и автоматизации управления станками.
10. Объясните понятие программного управления станками.
11. Назовите виды лезвийного и абразивного режущего инструмента; укажите для каких работ они предназначены и какой инструмент (лезвийный или абразивный) применяется при работе на станках каждой группы.
12. Объясните для чего используются приспособления на металлорежущих станках при обработке резанием.
13. Объясните сущность метода точения, назовите его разновидности и особенности.
14. Назовите станки токарной группы, их назначение и особенности конструкции.

15. Объясните устройство и назначение основных частей токарно-винторезного станка: станины, передней бабки, суппорта, задней бабки.

16. Перечислите виды работ, выполняемых на токарных станках, и назовите основные типы и виды токарных резцов, применяемых при этом.

17. Назовите приспособления, применяемые при обработке заготовок на токарном станке.

18. Назовите основные этапы процесса обработки заготовок точением в необходимой последовательности и изложите их суть.

19. Изложите основные положения техники безопасности при работе на металлорежущих станках.

## Лабораторная работа 11

### Технология обработки заготовок деталей машин резанием

**Цель работы:** научиться выбирать рациональные методы обработки заготовок деталей машин резанием с целью получить готовую деталь в соответствии с ее чертежом; выбирать соответствующие станок, режущий инструмент и приспособления для закрепления заготовки; изображать схемы обработки заданных поверхностей детали.

Таблица 46

#### Порядок выполнения работы и содержание отчета\*

№ п/п	Наименование этапа работы	Справочный материал из теоретического раздела данного пособия и рекомендуемая литература
1	2	3
1	Указать цель лабораторной работы	
2	Изобразить эскиз детали в соответствии с вариантом задания	
3	Выбрать рациональные технологические методы обработки резанием поверхностей 1, 2, 3 детали и кратко их описать	тема 4; [1-4]

\* Примеры изображения схем обработки некоторых поверхностей детали втулка (рис. 72) приведены на рис. 73

1	2	3
4	Выбрать необходимые металлорежущие станки, режущие инструменты и приспособления для закрепления заготовки и инструмента	тема 4; [1-4]
5	Изобразить схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали и указать на них стрелками движения, участвующие в формообразовании поверхностей в процессе резания (скорости резания и подачи)	тема 4; рис. 73; [1-4]
6	Сделать вывод или заключение по работе	

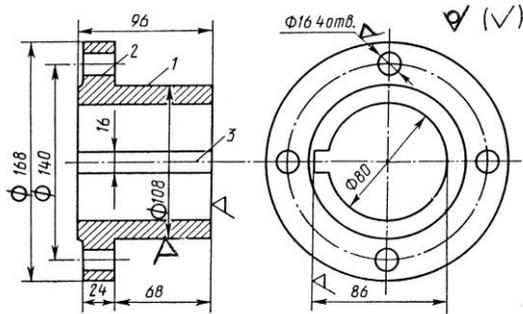


Рис. 72. Эскиз детали (втулка)  
(1, 2, 3 – поверхности, которые необходимо обработать)

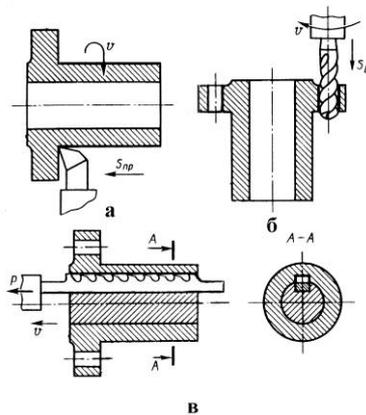


Рис. 73. Схемы обработки поверхностей 1, 2, 3 детали:  
а – обтачивание; б – сверление; в – протягивание

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Дайте определения таких понятий как технологический процесс, технологическая операция, установ, позиция, технологический переход, рабочий ход.

2. Назовите основные этапы разработки технологического процесса обработки резанием.

3. Изложите сущность методов обработки заготовок точением, фрезерованием, сверлением, зенкерованием, развертыванием, растачиванием, протягиванием, строганием, долблением, зубонарезанием, шлифованием; назовите металлорежущие инструменты и приспособления для закрепления заготовок, которые используются при каждом названном методе обработки резанием.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии представлены теория и практика формообразования заготовок наиболее известными и применяемыми способами (литья, обработки давлением, сварки, резания), что отвечает требованиям Государственных образовательных стандартов для целого ряда специальностей. Описанное устройство и принцип работы отдельных оборудования, инструмента и технологической оснастки, методики выполнения работ способствуют осмысленному и правильному выполнению практических заданий, а использование широко представленного иллюстративного материала, справочных данных, литературных источников значительно повышает эффективность усвоения материала учебного.

Выполнение работ, приведенных в практическом разделе, расширяет и закрепляет теоретические знания, способствует лучшему усвоению дисциплины «Технология конструкционных материалов», приучает к самостоятельной деятельности, прививает обучающимся навыки работы с оборудованием, инструментом, приспособлениями и умению использовать их для решения профессиональных задач, развивает наблюдательность и творческую инициативу. Однако следует учитывать, что помимо реализованных в пособии разработаны и применяются другие, различной целенаправленности и степени технологического освоения, методы обработки заготовок.

Все возрастающие требования к качеству и надежности выпускаемых и ремонтируемых изделий делают необходимым расширение и углубление знаний в области технологии конструкционных материалов, освоение и реализацию новых методов обработки и технологических решений. Сделать это можно применяя базовые знания и умения и совершенствуя их, используя научно-техническую литературу, разработки научно-исследовательских институтов и научно-производственных объединений, а также опыт работы предприятий. Отдавать же предпочтение тому или иному методу обработки следует опираясь не только на новейшие и прогрессивные разработки, но и учитывая возможности и объемы производства, выбирая наиболее целесообразный и экономически эффективный в каждом конкретном случае, поскольку любой метод имеет как достоинства, так и недостатки.

# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## Основная литература

1. Технология конструкционных материалов: учеб. для вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, А.Ф. Вязов и др.; под общ. ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2005.

2. Материаловедение и технология металлов: учеб. для вузов / Г.П. Фетисов, М.П. Карпман, В.М. Матюнин и др.; под ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высш. шк., 2006.

## Дополнительная литература

3. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. для вузов / Ю.П. Солнцев, В.А. Веселов, В.П. Демянцевич, А.В. Кузин, Д.И. Чашников. – М.: МИСИС, 1996.

4. Технология конструкционных материалов / под ред. М.А. Шатерина. – СПб.: Политехника, 2005.

5. Коршунова, Т.Е. Литейное производство: учебное пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ДВГТРУ, 2005.

6. Коршунова, Т.Е. Обработка металлов давлением: учебное пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ДВГТРУ, 2006.

7. Коршунова, Т.Е. Сварочное производство: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ДВГТРУ, 2007.

8. Зотов, Н.М. Основы механической обработки деталей транспортных средств: учеб. пособие / Н.М. Зотов, Е.В. Балакина. – Волгоград: РПК «Политехник», 2004.

9. Таратынов, О.В. Металлорежущие системы машиностроительных производств: учеб. пособие / О.В. Таратынов, А.И. Аверьянов, М.А. Босинзон и др.; под ред. О.В. Таратынова. – М.: Изд-во МГИУ, 2006.

10. Заболотская, Г.Я. Основы материаловедения: учеб. пособие / Г.Я. Заболотская, Г.А. Бочаров, Е.М. Афанасьев, В.Б. Филатов, В.Н. Гаркунов; под ред. Г.Я. Заболотской. – Балашиха: Изд-во ВГУ, 2005.

11. Лахтин, Ю.М., Леонтьева, В.П. Материаловедение: учеб. для вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1990.

12. Коршунова, Т.Е. Материаловедение: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004.

13. Коршунова, Т.Е. Задания для самостоятельной работы по курсу «Материаловедение»: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2007.

14. ГОСТ 3.1125-88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
15. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
16. ГОСТ 2.312-72\*. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. – М.: Изд-во стандартов, 1972.
17. ГОСТ 5264-80\*. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
18. ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
19. ГОСТ 2.770-68\*. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 3.1125-88. Правила графического выполнения элементов литейных форм и отливок. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
2. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
3. ГОСТ 503-81\*. Лента холоднокатаная из низкоуглеродистой стали. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
4. ГОСТ 82-70\*. Сталь прокатная широкополосная универсальная. – М.: Изд-во стандартов, 1970.
5. ГОСТ 3.1126-88. Правила выполнения графических документов на поковки. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
6. ГОСТ 15830-84. Обработка металлов давлением. Штампы. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
7. ГОСТ 19904-90. Прокат листовой холоднокатаный. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
8. ГОСТ 18970-84\*. Обработка металлов давлением. Операцииковки и штамповки. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
9. ГОСТ 2.312-72\*. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений. – М.: Изд-во стандартов, 1972.
10. ГОСТ 5264-80\*. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
11. ГОСТ 9467-75\*. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. – М.: Изд-во стандартов, 1976.
12. ГОСТ 2601-84\*. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
13. ГОСТ 19521-74. Сварка металлов. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
14. ГОСТ 1077-79\*. Горелки однопламенные универсальные для ацетилено-кислородной сварки, пайки и подогрева. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
15. ГОСТ 5191-79\*. Резаки инжекторные для ручной кислородной резки. – М.: Изд-во стандартов, 1986.
16. ГОСТ 2246-70\*. Проволока стальная сварочная. – М.: Изд-во стандартов, 1970.
17. ГОСТ 11969-79\*. Сварка плавлением. Основные положения и их обозначения. – М.: Изд-во стандартов, 1979.
18. ГОСТ 17420-72. Операции механической обработки резанием. – М.: Изд-во стандартов, 1992.
19. ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
20. ГОСТ 2.770-68\*. Обозначения условные графические в схемах. Элементы кинематики. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

21. ГОСТ 25751-83\*. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
22. ГОСТ 25761-83. Виды обработки резанием. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
23. ГОСТ 3.1109-82\*. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
24. ГОСТ 2.309-73\*. Обозначения шероховатости поверхностей. – М.: Изд-во стандартов, 1974.
25. Ермаков, Ю.М., Фролов, Б.А. Металлорежущие станки / Ю.М. Ермаков, Б.А. Фролов. – М.: Машиностроение, 1985.
26. Заболотская, Г.Я., Основы материаловедения: учеб. пособие / Г.Я. Заболотская, Г.А. Бочаров, Е.М. Афанасьев, В.Б. Филатов, В.Н. Гаркунов; под ред. Г.Я. Заболотской. – Балашиха: Изд-во ВТУ, 2005.
27. Коршунова, Т.Е. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2005.
28. Коршунова, Т.Е. материаловедение: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004.
29. Коршунова, Т.Е. Задания для самостоятельной работы по курсу «Материаловедение»: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2007.
30. Коршунова, Т.Е. Литейное производство: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ДВГТРУ, 2005.
31. Коршунова, Т.Е. Обработка металлов давлением: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ДВГТРУ, 2006.
32. Коршунова, Т.Е. Сварочное производство: учеб. пособие / Т.Е. Коршунова. – Владивосток: Изд-во ДВГТРУ, 2007.
33. Ковка и объемная штамповка стали: справочник / под ред. М.В. Сторожева: в 2-х т. – М.: Машиностроение, 1967.
34. Китаев, А.М., Китаев, Я.А. Справочная книга сварщика / А.М. Китаев, Я.А. Китаев. – М.: Машиностроение, 1985.
35. Лахтин, Ю.М., Леонтьева, В.П. материаловедение: учеб. для вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1993.
36. материаловедение: учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
37. материаловедение и технология металлов: учеб. для вузов / Г.П. Фетисов, М.П. Карпман, В.М. Матюнин и др.; под ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высш. шк., 2006.
38. материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. для вузов / Ю.П. Солнцев, В.А. Веселов, В.П. Демянцевич, А.В. Кузин, Д.И. Чашников. – М.: МИСИС, 1996.

39. Материаловедение и технология материалов / В.Т. Жадан, П.И. Полухин, А.Ф. Нестеров и др. – М.: Металлургия, 1994.
40. Нефедов, Н.А. Практическое обучение в машиностроительных техникумах / Н.А. Нефедов. – М.: Высш. шк., 1984.
41. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки / под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1974.
42. Романовский, В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение, 1979.
43. Солнцец, Ю.П., Пряхин, Е.И. Материаловедение: учеб. для вузов / Ю.П. Солнцец, Е.И. Пряхин. – СПб.: Химиздат, 2004.
44. Справочник сварщика / под ред. В.В. Степанова. – М.: Машиностроение, 1985.
45. Свешников, В.С. Прогрессивная технология холодной штамповки / В.С. Свешников. – Л.: Лениздат, 1974.
46. Семенов, Е.И. Технология и оборудованиековки и объемной штамповки / Е.И. Семенов, В.Н. Кондратенко, Н.И. Ляпунов. – М.: Машиностроение, 1978.
47. Справочник по чугунному литью / под ред. Н.Г. Гиршовича. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978.
48. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
49. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 1 / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1972.
50. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. Т. 2 / под ред. А.Н. Малова. – М.: Машиностроение, 1972.
51. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, А.Ф. Вязов и др.; под общ. ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2005.
52. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие для вузов; под ред. М.А. Шатерина. – СПб.: Политехника, 2005.
53. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие для вузов / П.Г. Петруха, А.И. Марков, П.Д. Беспяхотный и др.; под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Высш. шк., 1991.
54. Технология конструкционных материалов и материаловедение / под ред. Л.Н. Бухаркина. – М.: Высш. шк., 1988.
55. Титов, Н.Д., Степанов, Ю.А. Технология литейного производства / Н.Д. Титов, Ю.А. Степанов. – М.: Машиностроение, 1978.
56. Технология металлов и материаловедение / Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В. Третьяков и др.; под ред. Л.Ф. Усовой. – М.: Металлургия, 1987.
57. Чернов Н.Н. Металлорежущие станки / Н.Н. Чернов. – М.: Машиностроение, 1978.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

### Техника безопасности при работе в учебной лаборатории

#### Меры безопасности при работе с нагретым и расплавленным металлом:

- 1) нельзя брать руками за захваты клещей, нагретые заготовки и технологическую оснастку не убедившись в их охлаждении;
- 2) запрещается использовать влажные инструменты, разливочные ковши, литейные формы при работе с расплавленным материалом;
- 3) не допускается заполнять разливочный ковш до краев;
- 4) нельзя забрасывать в расплавленный металл сырые куски металла и другие материалы;
- 5) нельзя сливать шлак в сырую тару;
- 6) заливку литейных форм необходимо производить в защитных очках.

#### Меры безопасности от поражения электрическим током:

- 1) корпуса электронагревательных приборов, электропечей, электрических машин, станков сварочного оборудования и других металлических устройств, находящихся под напряжением, должны быть заземлены;
- 2) токоведущие провода, идущие от электрооборудования к распределительному щиту и на рабочие места, должны быть надежно изолированы;
- 3) запрещается работать на электрооборудовании с влажными руками, во влажной или пропитанной металлической пылью одежде, на сыром полу;
- 4) при включенном рубильнике запрещается прикасаться руками к неизолированным металлическим частям электрических цепей и к изолированным токоведущим частям;
- 5) если при прикосновении в сварочном или другом электрооборудовании, не находящимся под напряжением, ощущается удар током, то об этом следует немедленно сообщить преподавателю или учебно-вспомогательному персоналу;

6) в случае поражения электрическим током необходимо, **не касаясь пострадавшего**, выключить рубильник и немедленно сообщить об этом преподавателю или учебно-вспомогательному персоналу.

#### Меры безопасности от поражения лучами электрической дуги:

- 1) следует знать, что лучи электрической дуги поражают оболочку глаз и вызывают ожоги кожи на расстоянии до 10–15 м от места сварки;

2) место сварки необходимо огораживать специальными щитами или ширмами;

3) во время работы лицо должно быть закрыто специальным щитком или маской;

4) кожа сварщика должна быть защищена специальной одеждой.

#### **Меры безопасности при газовой сварке и газокислородной резке:**

1) смесь ацетилена с воздухом взрывоопасна. Если в помещении, где производится сварка, ощущается сильный запах ацетилена, работу надо немедленно прекратить, проветрить помещение и устранить утечку газа;

2) перед зажиганием горелки (резака) необходимо продуть ацетиленом водяной затвор и шланги, чтобы удалить из них воздух;

3) при работе с кислородным баллоном нужно соблюдать следующие правила:

– не подвергать баллон ударам и толчкам;

– хранить у сварочного поста только один баллон;

– не устанавливать баллоны у источника огня;

– предохранять кислородные редукторы, шланги и горелки от падения на них масла;

4) отогревать замерзший кислородный редуктор можно только горячей водой, которую льют на редуктор, предварительно обернутый чистой ветошью;

5) нельзя расходовать из баллона весь кислород; необходимо прекратить работу, когда давление в баллоне упадет до 5 Па;

6) при работе с ацетиленовыми баллонами, кроме перечисленных выше правил, необходимо соблюдать еще два условия:

– ацетиленовые баллоны, в отличие от кислородных, во время работы держать в вертикальном положении;

– не подвергать баллоны нагреву свыше 30°C, так как несоблюдение этого условия приведет к повышению давления ацетилена;

7) ацетилен взрывается без внешнего воспламенения при давлении 2 Па в смеси с воздухом и кислородом при наличии искры и при длительном соприкосновении с красной медью и серебром.

#### **Меры безопасности при работе на металлорежущих станках:**

1) категорически запрещается осуществлять какие-либо действия на станке и особенно его пуск без разрешения преподавателя или учебно-вспомогательного персонала. Перед каждым пуском станка необходимо убедиться, что это никому не угрожает опасностью;

2) запрещается облакачиваться на станок;

3) перед началом работы необходимо полностью убрать волосы под головной убор, застегнуть одежду, особенно рукава, на все пуговицы. Одежда и рукава должны плотно облегать тело. Запрещается работать в рукавицах, перчатках и с забинтованными раками;

4) перед началом работы проверить наличие защитных щитов и предохранительных ограждений, имеющихся на станке. Для защиты от отлетающей стружки использовать защитные очки;

5) устанавливая инструмент, приспособления и ограждающие устройства, измерять заготовку и снимать ее после обработки можно только после отключения станка и полной его остановки;

6) запрещается тормозить рукой шпиндель или установленные на нем приспособления и заготовку;

7) заготовка и инструмент должны быть надежно закреплены, а ключ вынут из патрона;

8) станок следует остановить и отключить от электросети при прекращении работы, при обнаружении какой-либо неисправности станка, инструмента, защитного устройства и пр., при уборке, чистке и смазке станка.

## **Приложение 2**

### **Организационно-методические указания**

Для успешного выполнения лабораторных работ студент должен:

1) перед каждым занятием обязательно изучить теоретический материал самостоятельно вне аудитории, пользуясь данным пособием, рекомендуемой литературой и лекционным материалом; ответить на все вопросы для самоконтроля;

2) выполнить домашнее задание к лабораторной работе, если его выдал преподаватель. Не подготовившиеся студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются;

3) перед началом лабораторной работы уметь ответить на теоретические вопросы, касающиеся темы данной работы;

4) после выполнения работы оформить отчет и защитить его в день выполнения работы.

## **Приложение 3**

### **Требования к оформлению отчета**

Отчет по каждой работе должен быть оформлен в соответствии с указаниями преподавателя и требованиями государственных стандартов.

Текст отчета выполняется черными или синими чернилами или пастой; схемы, эскизы, графики – простым карандашом с использованием линейки на отдельных листах бумаги формата А4.

Пример оформления титульного листа отчета по лабораторной работе приведен в прил. 4.

## Приложение 4

### Титульный лист отчета по лабораторной работе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ  
ВЛАДИВОСТОКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ЭКОНОМИКИ И СЕРВИСА

ИНСТИТУТ ИННОВАЦИЙ И БИЗНЕС-СИСТЕМ  
КАФЕДРА СЕРВИСА И ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
АВТОМОБИЛЕЙ

## ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ 5

по дисциплине «Технология конструкционных материалов»

### РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

Студент  
гр. СТ-03-02

\_\_\_\_\_ И.И. Платонов

Преподаватель  
канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_ М.Ю. Елисеев

Владивосток 2007

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

Таблица 47

Основные припуски на механическую обработку (на сторону), мм (ГОСТ 7505-89)

Исход- ный ин- декс	Толщина детали											
	до 25			25–40			40–63			63–100		
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота детали											
	до 40			40–100			100–160			160–250		
	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6

Продолжение табл. 47

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2

Исходный индекс	Толщина детали														
	100–160			160–250			свыше 250								
	Длинна, ширина, диаметр, глубина и высота детали														
	250–400			400–630			630–1000			1000–1600			1600–2500		
	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25	$R_a$ 100– 12,5	$R_a$ 10– 1,6	$R_a$ 1,25
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	0,6	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	-	-	-	-	-	-
4	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	-	-	-	-	-	-
5	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	-	-	-
6	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
7	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
8	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
9	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7

Окончание табл. 47

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
10	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
11	1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
12	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
13	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
14	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
15	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
16	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
17	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
18	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
19	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
20	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
21	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
22	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7
23	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	10,0

## Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок, мм (ГОСТ 7505-89)

Исход- ный индекс	Наибольшая толщина поковки																	
	до 40		40–63		63–100		100–160		160–250		св. 250							
	Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки																	
	до 40		40–100		100–160		160–250		250–400		400–630		630–1000		1000–1600		1600–2500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,2	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	–	–	–	–	–	–	–	–
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	–	–	–	–	–	–
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,6 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	–	–	–	–
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	–	–	–	–
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	–	–
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0

Продолжение табл. 48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6/ -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0

Окончание табл. 48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10,0	+6,7 -3,3	11,0	+7,4 -3,6	12,0	+8,0 -4,0	13,0	+8,6 -4,4	14,0	+9,2 -4,8	16,0	+10 -6,0

# СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	1
ВВЕДЕНИЕ .....	3
Раздел I. УЧЕБНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ.....	5
Тема 1. ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО.....	5
1.1. Характеристика литейного производства .....	5
1.2. Литейная оснастка.....	6
1.3. Формовочные и стержневые смеси.....	9
1.4. Разработка технологического процесса изготовления отливки в песчано-глинистой форме в парных опоках по разъемной модели на примере отливки из серого чугуна .....	10
1.5. Изготовление литейной песчано-глинистой формы ручной формовкой в парных опоках по разъемной модели для отливки из серого чугуна.....	15
1.6. Заливка формы и выбивка отливки .....	17
1.7. Литье в кокиль .....	18
1.8. Дефекты отливок .....	22
Тема 2. ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ .....	23
2.1. Обработка металлов давлением .....	23
2.2. Горячая объемная штамповка и ее особенности .....	27
2.3. Разработка технологического процесса изготовления поковки в открытом штампе на кривошипном горячештамповочном прессе .....	29
2.4. Технология изготовления штампованной поковки .....	40
2.5. Дефекты поковок.....	40
2.6. Холодная листовая штамповка .....	41
Тема 3. СВАРОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО .....	55
3.1. Характеристика сварочного производства.....	55
3.2. Сущность сварки давлением .....	57
3.3. Сущность сварки плавлением .....	57
3.4. Строение сварного шва.....	57
3.5. Напряжения и деформации при сварке .....	59
3.6. Дефекты сварных соединений.....	60
3.7. Виды сварных соединений и швов .....	62
3.8. Оформление чертежа сварного соединения.....	64
3.9. Электрическая дуговая сварка .....	69

3.10. Ручная электродуговая сварка покрытым плавящимся электродом .....	74
3.11. Газовая сварка металлов .....	80
3.12. Газокислородная резка металлов .....	97
<b>Тема 4. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ МАШИН РЕЗАНИЕМ .....</b>	<b>105</b>
4.1. Общая характеристика и физическая сущность процесса обработки металлов резанием .....	105
4.2. Движения резания .....	108
4.3. Схема обработки резанием .....	109
4.4. Металлорежущие станки .....	109
4.5. Режущий инструмент .....	121
4.6. Конструкция и элементы режущего инструмента на примере токарного проходного резца .....	123
4.7. Координатные плоскости и геометрические параметры рабочей части токарного резца в статической системе координат .....	124
4.8. Режим резания .....	127
4.9. Обработка металлов резанием методом точения .....	137
4.10. Технологический процесс обработки заготовок деталей машин резанием .....	157
<b>Раздел II. УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ .....</b>	<b>159</b>
Лабораторная работа 1 .....	159
Лабораторная работа 2 .....	161
Лабораторная работа 3 .....	162
Лабораторная работа 4 .....	164
Лабораторная работа 5 .....	166
Лабораторная работа 6 .....	169
Лабораторная работа 7 .....	172
Лабораторная работа 8 .....	174
Лабораторная работа 9 .....	177
Лабораторная работа 10 .....	178
Лабораторная работа 11 .....	183
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>186</b>
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>187</b>
Основная литература .....	187
Дополнительная литература .....	187

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	189
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	192
Приложение 1 .....	192
Приложение 2 .....	194
Приложение 3 .....	194
Приложение 4 .....	195
Приложение 5 .....	196

