

Министерство образования Российской Федерации  
Российский химико-технологический университет  
им. Д.И. Менделеева

Новомосковский институт

## **МЕТОДЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

Учебное пособие по курсу МиТКМ

Новомосковск 2003

УДК 621.7  
ББК 34.1  
М 545

Рецензент

Зам. главного механика Новомосковского филиала Управляющей организации ЗАО «МХК»Еврохим»

к.т.н. С.Г. Трещев

доцент, к.т.н. А.И. Лукьяница

(НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева)

**Б.П. Сафонов**

**М545 Методы изготовления деталей.** Учебное пособие для студентов инженерных специальностей немеханического профиля по курсу материаловедение и технология конструкционных материалов / РХТУ им. Д.И. Менделеева, Новомосковский институт; Сост. Б.П. Сафонов. Новомосковск, 2003. – 44 с.

ISBN 5-7237-0607-1

В учебном пособии рассмотрены технологические методы изготовления деталей, связанные с обработкой заготовок резанием и сваркой плавлением. Представлена информация о физических основах технологических процессов резания и формирования сварного шва.

Рассмотрено используемое для реализации технологических процессов оборудование, инструменты, приспособления и материалы, а также рассмотрен выбор режимных параметров технологических процессов. Представлены индивидуальные многовариантные задания по разработке технологических процессов, связанных с обработкой заготовок резанием и получением изделий сваркой.

Ил. 7. Табл. 10. Библиогр. список 6 назв.

ISBN 5-7237-0607-1

УДК 621.7

ББК 34.1

© Новомосковский ин-т Российского химико-технологического ун-та

им. Д.И.Менделеева, 2003

© Б.П.Сафонов, 2003

## Предисловие

В системе общинженерной подготовки специалистов, в формировании у них инженерного мышления технологическая подготовка занимает одно из центральных мест.

Для студентов немеханического профиля знание возможностей и особенностей тех или иных технологических методов переработки конструкционных материалов позволяет успешно выполнять конструкторские работы в рамках курсового и дипломного проектирования.

В учебном пособии рассмотрены наиболее распространенные в условиях ремонтно-механических мастерских предприятий технологические методы изготовления деталей: обработка резанием и ручная дуговая сварка. Представлена информация о физических основах рассматриваемых технологических процессов переработки конструкционных материалов.

Важной составной частью любого технологического процесса в МиТКМ является технологическое оборудование (металлорежущие станки, источники питания сварочной дуги, оборудование для листовой штамповки заготовок под сварку), инструмент и материалы. Данные вопросы применительно к резанию и сварке в учебном пособии рассмотрены фрагментарно, подробнее они изложены в учебной литературе [2,4].

В практическом разделе пособия представлены лабораторно-практические работы, при выполнении которых студенты познакомятся с аппаратурным оформлением и инструментальным обеспечением технологических процессов и выполнят индивидуальное задание по резанию и сварке. Выполнение индивидуального задания связано с разработкой сокращенного варианта технологического процесса, при этом студенту необходимо использовать дополнительную справочную литературу [1, 3, 4, 5].

## Введение

**Конструкционные материалы (КМ)** – материалы, применяемые для изготовления конструктивных элементов технических устройств (деталей машин и механизмов, зданий, транспортных средств, сооружений, приборов и аппаратов), воспринимающих силовую и иную нагрузку, возникающую при эксплуатации технического устройства.

В машино-аппарато- и приборостроении используются разнообразные **КМ: металлические** (сплавы черных и цветных металлов), **неметаллические** (пластические массы, керамика, огнеупоры, стекло, резина и др.) и **композиционные** (материалы, являющиеся сочетанием двух или более химически разнородных материалов с четкой границей раздела между ними).

Поскольку КМ чрезвычайно разнообразны по своей природе и свойствам разнообразны также и технологические методы их переработки. В учебном пособии рассмотрены наиболее употребительные технологические методы обработки (резание и сварка), используемые для изготовления деталей из металлических и некоторых неметаллических материалов.

При разработке технологии изготовления конкретной детали приходится учитывать комплекс факторов, определяющих в конечном итоге выбор технологического метода. В их числе технологические свойства используемых материалов, объем выпуска детали, ее конструктивные особенности и др.

Способ изготовления детали выбирается или на основе метода прецедентов или оптимизационными методами (второе является предпочтительным). Оптимизация технологии изготовления детали позволяет при достижении максимального эффекта иметь экономию материалов, энергии и трудовых затрат.

## 1. Изготовление деталей со снятием стружки

### 1.1. Движения резания, схема обработки

Способы обработки деталей со снятием стружки (резанием) являются чистовыми и отделочными технологическими методами обработки заготовок.

***Резание** – процесс срезания режущим инструментом с поверхности заготовки слоя металла для получения требуемой по чертежу геометрической формы, точности размеров и шероховатости поверхностей детали.*

Для осуществления процесса резания необходимо наличие относительных движений между заготовкой и режущим инструментом. Движения рабочих органов станков подразделяют на движения резания, установочные и вспомогательные.

Движения, при которых с обрабатываемой заготовки срезается слой металла и изменяется состояние обработанной поверхности, называют **движениями резания** (главное движение и движение подачи).

***Главное движение** – движение, определяющее скорость отделения стружки, – скорость резания. **Движение подачи** – движение, обеспечивающее непрерывность врезания режущего лезвия инструмента в новые слои материала.*

Движения рабочих органов станка (**шпиндели, суппорты, столы** и др.), обеспечивающие такое положение инструмента относительно заготовки, при котором с нее снимается определенный слой материала, называют **установочными движениями**.

Движения рабочих органов станка, которые не имеют непосредственного отношения к процессу резания и служат для транспортировки и закрепления заготовки или инструмента, быстрых перемещений рабочих органов, переключения скоростей резания и подачи и т.п., называют **вспомогательными движениями**.

Под **схемой обработки** (рис.1.1) понимают условное изображение обрабатываемой заготовки, ее установки и закрепления на станке с указанием положения режущего инструмента относительно заготовки и движений резания. Инструмент при этом показывают в положении, соответствующем окончанию обработки поверхности заготовки.

В процессе обработки на заготовке различают (см. рис. 1.1): **обрабатываемую поверхность 1**, с которой срезается слой материала; **обработанную поверхность 3**, с которой срезан слой материала и превращен в стружку; **поверхность резания 2**, образованную главным режущим лезвием инструмента и являющуюся переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями.

Обработанную поверхность на схеме выделяют другим цветом, на светокопиях – утолщенными линиями (см. рис. 1.1).

Пространственная форма детали ограничивается простейшими геометрическими поверхностями: плоские, линейчатые, круговые цилиндриче-

ские и конические, шаровые, торцовые (рис.1.2). Любую поверхность рассматривают как совокупность последовательных положений (следов) одной производящей линии, называемой **образующей** (обозначена 1 на рис. 1.2), движущейся по другой производящей линии, называемой **направляющей** (обозначена 2 на рис. 1.2).

Для получения плоской поверхности (рис.1.2а) необходимо образующую прямую линию 1 перемещать по направляющей прямой 2. Для образования цилиндрической поверхности (рис. 1.2в) следует образующую прямую линию 1 перемещать по направляющей линии – окружности 2 и т.д.

Плоские линейчатые и цилиндрические поверхности являются обратимыми, так как для их воспроизведения образующие и направляющие линии можно менять ролями. Кроме обратимых поверхностей есть необратимые, например, коническая, шаровая и торовая поверхности.

Коническую поверхность (рис. 1.2г) получают при перемещении одного конца прямой образующей линии 1 по направляющей линии 2 - окружности основания конуса, а второй конец образующей прямой линии 1 при этом должен быть неподвижным.

В реальных условиях образования поверхностей деталей на металлорежущих станках образующие и направляющие линии в большинстве случаев являются воображаемыми. При обработке на станке они воспроизводятся комбинацией согласованных между собой движений заготовки и инструмента.

*Движения резания являются формообразующими движениями, так как они воспроизводят во времени образующие и направляющие линии. Формообразующих движений может быть одно или несколько.*

Образование поверхностей на металлорежущих станках происходит одним из следующих методов: **копирования, следов, касания, обкатки (огибания)**. Наиболее распространенным методом формообразования поверхностей является метод следов (точение, строгание). Метод копирования используется при обработке фасонных поверхностей. Метод обкатки реализуется на специализированных станках (например, зуборезных).

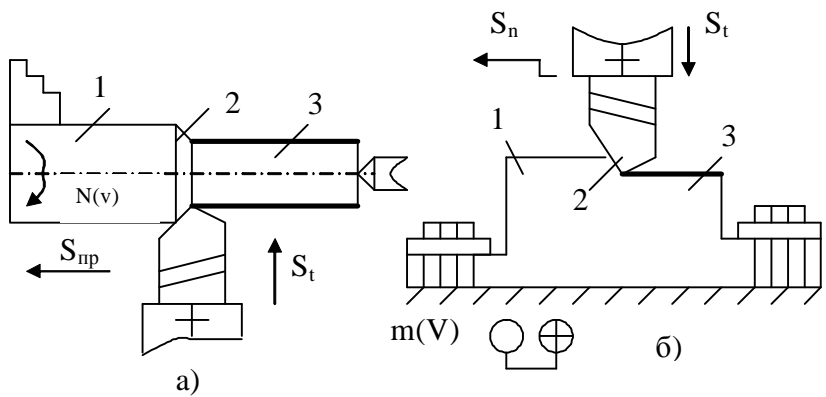


Рис.1.1. Схема обработки заготовок точением (а), строганием (б):  $V$  – скорость главного движения;  $S_{np}$  – продольная подача;  $S_n$  –поперечная подача;  $S_t$ – установочное движение

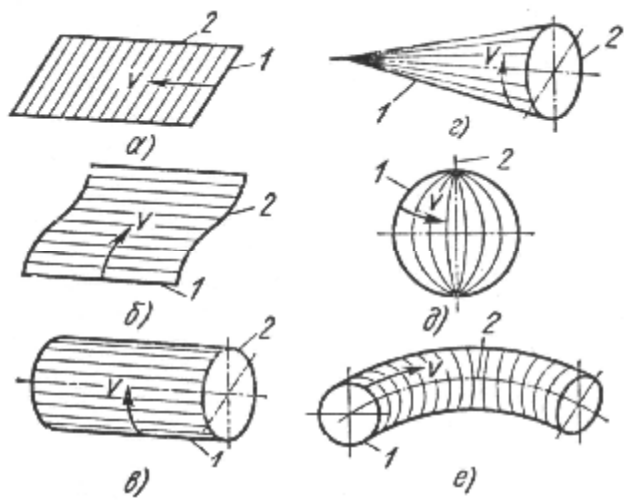


Рис.1.2. Виды поверхностей: плоская (а); линейчатая (б); цилиндрическая (в); коническая (г); шаровая (д); торовая (е)

## 1.2. Режим резания

Элементами процесса резания являются скорость резания, подача и глубина резания. Совокупность этих величин называют **режимом резания**.

**Скоростью резания ( $n$ )** называют путь точки режущего лезвия инструмента относительно заготовки в направлении главного движения в единицу времени. Скорость резания измеряют в м/мин при всех видах обработки резанием, кроме шлифования и полирования, где ее измеряют в м/с.

Если главное движение является вращательным (точение), то

$$n = \frac{pD_{\text{заг}} \cdot n}{1000} \text{ (м / мин)}, \quad (1)$$

где  $D_{\text{заг}}$  – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм;

$n$  – частота вращения заготовки, об/мин.

Если главное движение является возвратно-поступательным (строгание), причем скорости рабочего  $v_{\text{рх}}$  и холостого ходов  $v_{\text{хх}}$  разные, то средняя скорость резания

$$n_{\text{CP}} = \frac{L \cdot m}{1000} (k + 1) \text{ (м / мин)}, \quad (2)$$

где  $L$  – расчетная единица хода резца, мм;

$m$  – число двойных ходов резца в минуту;

$$R = \frac{n_{\text{рх}}}{n_{\text{хх}}} - \text{коэффициент неравномерности хода резца.}$$

**Подачей  $S$**  называют путь точки режущего лезвия инструмента относительно заготовки в направлении движения подачи за один оборот, за один двойной ход заготовки или инструмента или за единицу времени.

При разных технологических методах обработки подача имеет одну из следующих размерностей: мм/об – точение, сверление; мм/дв. ход – строгание, долбление; мм/мин – фрезерование. Различают подачи: продольную –  $S_{\text{пр}}$ ; поперечную –  $S_{\text{п}}$ ; вертикальную –  $S_{\text{в}}$ ; окружную –  $S_{\text{о}}$ ; на один зуб режущего инструмента –  $S_{\text{з}}$  и др.

**Глубиной резания  $t$**  называют расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно к последней, за один рабочий ход инструмента относительно обрабатываемой поверхности.  $t$  измеряют в миллиметрах.

При точении цилиндрической поверхности глубину резания  $t$  определяют как полуразность диаметров  $D_{\text{заг}}$  до и после обработки  $d$ .



$$t = \frac{D_{заг} - d}{2}, \quad (3)$$

При сверлении отверстий в сплошном материале за глубину резания  $t$  принимают половину диаметра сверла  $D$ .

$$t = \frac{D}{2} . \quad (4)$$

При рассверливании

$$t = \frac{D - d}{2} , \quad (5)$$

где  $d$  – диаметр рассверливаемого отверстия.

При фрезеровании и строгании станок настраивается на определенную глубину резания  $t$ .

### 1.3. Технологические операции резания и оборудование

Обработка резанием выполняется разными технологическими методами: точение, строгание, сверление, растачивание, фрезерование, протягивание, зубонарезание и др. Выбор технологического метода определяется видом обрабатываемой поверхности (тело вращения, плоскость, отверстие, отверстие в корпусных деталях и пр.) и наличием соответствующего оборудования.

Технологические методы обработки реализуются на металлорежущих станках. В настоящее время классификация станков содержит 10 групп, которая разделена на 10 типов. Каждый тип станков в свою очередь имеет 10 типоразмеров.

По степени универсальности станки делят на:

1. **Универсальные** для обработки поверхностей разных форм и размеров деталей многих наименований (токарно-винторезные, фрезерные, сверлильные и т.д.);

2. **Широкого назначения** для выполнения определенных операций на деталях многих наименований (токарно-обрезные, многолезцовые, центровочные и т.д.);

3. **Специализированные** для обработки деталей одного наименования или сходных конфигураций, но разных размеров (станки для обработки коленчатых валов, труб, фланцев и др.).

По степени точности различают станки *нормальной точности* и станки *высокоточные (прецизионные)*.

По степени автоматизации – станки с ручным управлением рабочим циклом, полуавтоматы, автоматы и станки с программным управлением.

В ремонтно-механических мастерских промышленных предприятий используются в основном универсальные металлорежущие станки.

Металлорежущий станок представляет собой сложный агрегат с автономным электроприводом, снабженный необходимыми устройствами для выполнения требуемого технологического процесса обработки детали со снятием стружки.

Металлорежущий станок имеет следующие узлы: **станина** с направляющими для монтажа узлов и механизмов станка (суппорта, задней бабки, револьверной головки, стола и др.); **механизмы главного движения и движения подачи** (двигатель, механические передачи); **шпиндель** для закрепления зажимных приспособлений (**патроны**) для передачи вращения заготовке или инструменту; **суппорт** для размещения инструмента и обеспечения его перемещения (движение подачи); **система смазки и подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)** в зону резания и др.

В условиях ремонтно-механических мастерских промышленного предприятия представлены, как правило, следующие технологические методы обработки резанием: точение, фрезерование и сверление.

**Точение** – технологический метод формообразования поверхностей заготовок, характеризующийся наличием двух движений: вращательного движения заготовки (главное) и поступательного движения инструмента-резца (движение подачи). Обработку выполняют на токарных станках, инструмент – токарный резец (рис.1.3).

Схема обработки точением наружной цилиндрической поверхности представлена на рис.1.1а.

Основное технологическое время при обтачивании цилиндрической поверхности определяется

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n \cdot S_{\text{пр}} \cdot t}, \quad (6)$$

где **L** – длина обрабатываемой поверхности, мм; **h** – припуск на обработку, мм; **n** – частота вращения шпинделя станка, об/мин.; **S<sub>пр</sub>** – продольная подача, мм/об.; **t** – глубина резания, мм.

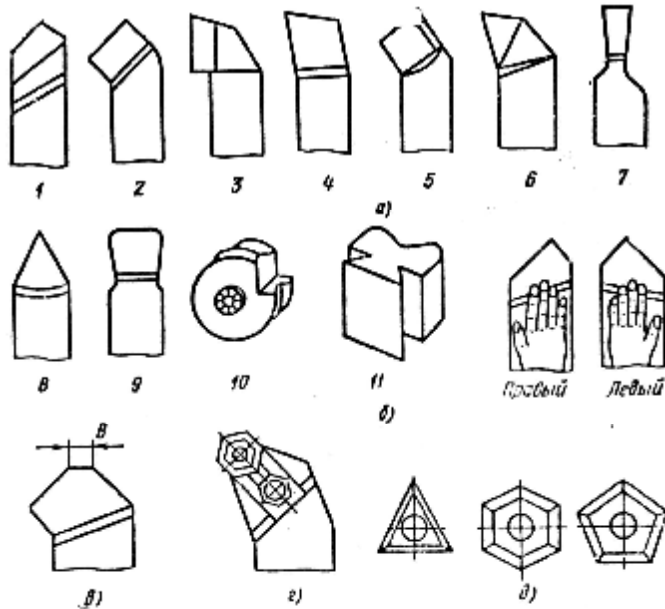


Рис.1.3. Токарные резцы: 1, 2, 3 – проходные для обтачивания наружных цилиндрических и конических поверхностей; 4 – подрезные для обтачивания плоских торцов; 5, 6 – расточные для сквозных и глухих отверстий, соответственно; 7 – обрезные; 8 – резбовые; 9 – лопаточные чистовые; 10, 11 – фасонные; в – резец для высокопроизводительного течения; г – резец с многогранной неперетачиваемой твердосплавной пластиной; д – неперетачиваемые твердосплавные пластины

Элементы режима резания назначают в определенной последовательности. Сначала назначают глубину резания  $t$ . При этом стремятся весь припуск на обработку срезать за один рабочий ход инструмента. Если по технологическим причинам необходимо сделать два рабочих хода, то при первом ходе снимают до  $\sim 80\%$  припуска  $h$ , при втором (чистовом)  $\sim 20\%$   $h$ . Затем выбирают величину подачи  $S$ , учитывая требования точности и допустимой шероховатости обработанной поверхности, а также технологические возможности оборудования и инструмента. Затем определяют скорость резания, исходя из выбранных  $t$ ,  $S$  и стойкости режущего инструмента  $T$ .

Допустимая резцом скорость резания  $v$  (м/мин) при точении определяют по следующей эмпирической формуле

$$v = \frac{C_v}{t^{*n} \cdot S^{YV} \cdot T^m}, \quad (7)$$

где  $C_v$  - коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала заготовки и инструмента;  $X_v$ ,  $Y_v$ ,  $m$  – показатели степени.

Помимо точения еще одним распространенным в условиях ремонтных мастерских методом механической обработки заготовки является фрезерование.

**Фрезерование** - высокопроизводительный метод обработки поверхностей заготовок многолезвийным режущим инструментом – фрезой. Данный технологический метод механической обработки поверхностей заготовки характеризуется вращательным движением инструмента (главное движение) и обычно поступательным движением заготовки (движение подачи) (рис.1.4).

На фрезерных станках обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, фасонные поверхности, уступы и пазы различного профиля. При использовании специальных приспособлений (**универсальные делительные головки**) фрезерованием можно изготавливать винтовые канавки, а также детали с зубчатым контуром (зубчатые колеса). Особенностью процесса фрезерования является прерывистость резания каждым зубом фрезы. Врезание зуба фрезы в заготовку сопровождается ударами, что приводит к неравномерности процесса резания, вибрациям и повышенному износу зубьев фрезы, а также отрицательно сказывается на точности и шероховатости поверхности обрабатываемой детали.

В зависимости от назначения и вида обрабатываемых поверхностей различают следующие типы фрез: цилиндрические, торцовые, дисковые, концевые, угловые, шпоночные, фасонные (рис.1.5).

Фрезы изготовляют цельными (рис. 1.5 б, д) или сборными с напайными и вставными ножами (рис. 1.5з). Режущие лезвия могут быть прямыми (рис.1.5д) или винтовыми (рис.1.5а).

Фрезы имеют остrokонечную (рис.1.5и) или затылованную (рис. 1.5к) форму зуба. У фрез с остrokонечными зубьями передняя и задняя поверхности зуба плоские. У фрез с затылованными зубьями передняя поверхности зуба плоская, а задняя выполнена по спирали Архимеда: при переточке передней поверхности профиль зуба такой фрезы сохраняется.

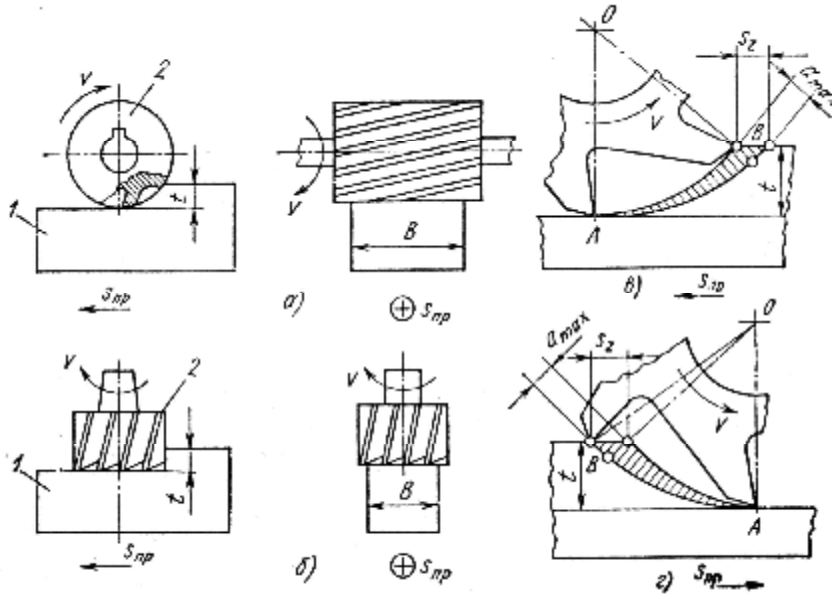


Рис.1.4. Схемы фрезерования цилиндрической (а) и торцевой (б) фрезой, встречного (в) и попутного (г) фрезерования:

1 – заготовка; 2 – фреза.

На рис.1.4.а. и 1. 4.б. «В» - ширина фрезерования;

«t» - глубина резания

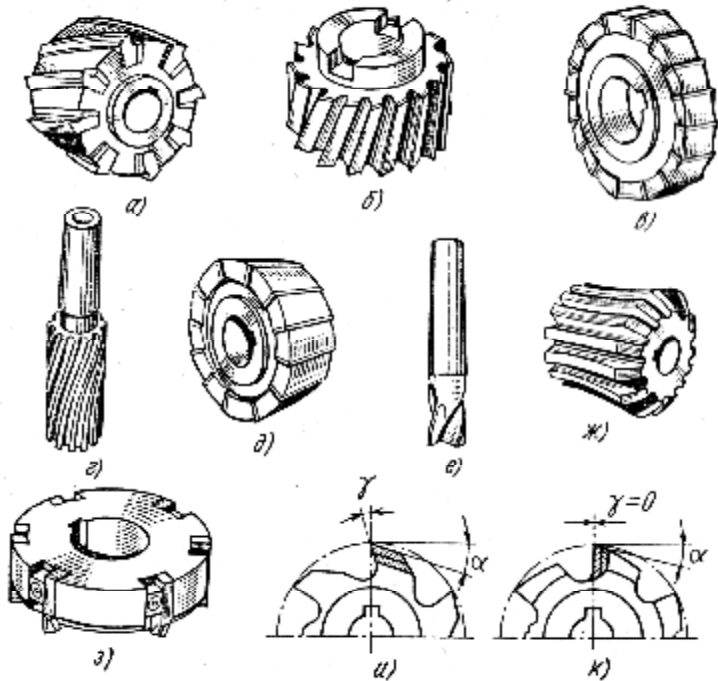


Рис.1.5. Фрезы:

а – цилиндрическая; б – торцовая; в- дисковая; г – концевая;  
д – угловая; е – шпоночная; ж – фасонная.

В зависимости от пространственного расположения оси инструмента различают **горизонтально-фрезерные** (ось вращения фрезы горизонтальная) и **вертикально-фрезерные** (ось вращения фрезы вертикальная) и универсальные фрезерные станки.

**Сверление** – распространенный метод получения отверстий в сплошном материале. Сверлением получают сквозные и несквозные (глухие) отверстия и обрабатывают предварительно полученные **отверстия с целью увеличения их размеров, повышения точности и снижения шероховатости поверхности.**

Сверление реализуется при сочетании вращательного движения инструмента вокруг оси (главное движение) и его же поступательного движе-

ния вдоль оси (движение подачи). Процесс резания при сверлении протекает в более сложных условиях, чем при точении или фрезеровании. В процессе резания затруднен отвод стружки из зоны резания и подвод охлаждающей жидкости к режущим лезвиям инструмента.

Отверстия на сверлильных станках обрабатывают сверлами, зенкерами, развертками и метчиками (рис.1.6).

**Сверла** по конструкции и назначению подразделяют на спиральные, центровочные и специальные. Наиболее распространенный для сверления и рассверливания инструмент – спиральное сверло (рис. 1.7а), состоящее из рабочей части 6, шейки 2, хвостовика 4 и лапки 3.

В рабочей части 6 различают режущую 1 и направляющую 5 части с винтовыми канавками. Шейка 2 соединяет рабочую часть сверла с хвостовиком. В зависимости от диаметра сверла хвостовики бывают конические (см. рис. 1.7а) и цилиндрические. Конический хвостовик 4 непосредственно устанавливается в шпинделе станка. Цилиндрический хвостовик закрепляется в патроне. Лапка 3 служит упором при извлечении сверла с коническим хвостовиком из шпинделя сверлильного станка.

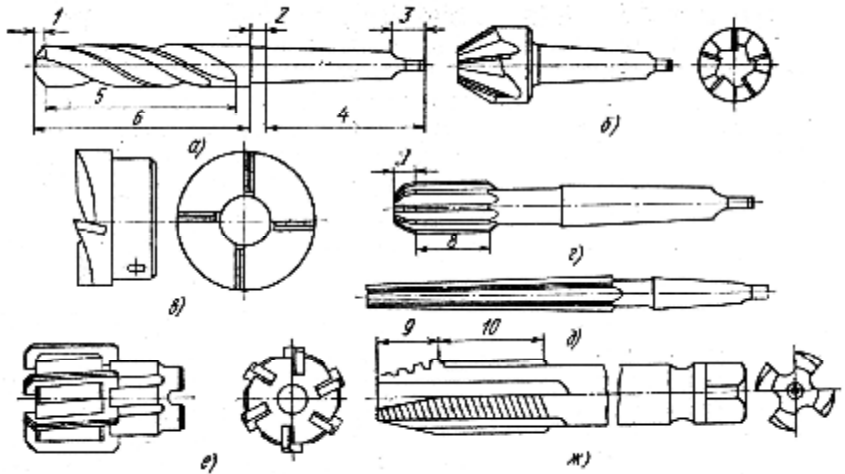


Рис.1.6. Инструменты для обработки отверстий на сверлильных станках:

а-в – зенкеры; г-е – развертки;

ж – метчик

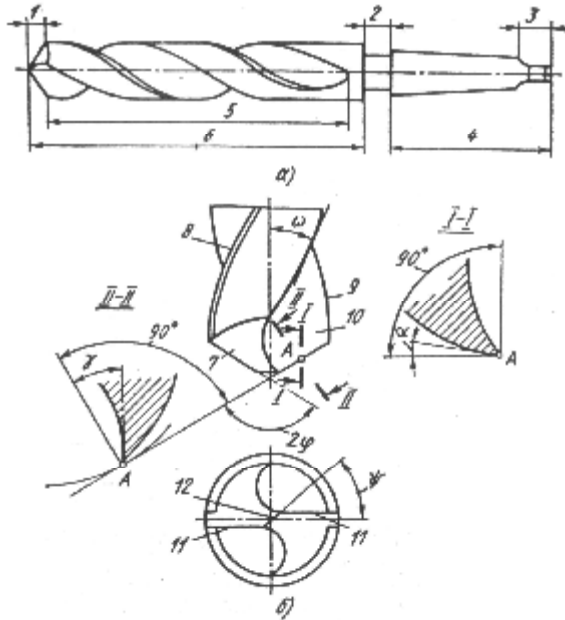


Рис.1.7. Части, элементы и углы спирального сверла

**Зенкерами** (рис. 1.6) обрабатывают уже имеющиеся отверстия в литых или штампованных заготовках, а также предварительно просверленные отверстия. В отличие от сверл зенкеры снабжены тремя или четырьмя главными режущими кромками и не имеют поперечной режущей кромки (см. 11 на рис. 1.7б). Режущая часть зенкера 1 выполняет основную работу резания. Калибрующая часть 5 служит для направления зенкера в отверстия и обеспечивает необходимую точность обработки и шероховатость поверхности (остальные части зенкера имеют названия идентичные со сверлом).

По виду обрабатываемых отверстий зенкеры делят на цилиндрические (рис.1.6а), конические (рис. 1.6б) и торцовые (рис.1.6в). Зенкеры конструктивно бывают цельные с коническими хвостовиками (рис. 1.6а, б) и насадные (рис. 1.6в).

**Развертками** окончательно обрабатывают отверстия. По форме обрабатываемого отверстия различают цилиндрические (рис.1.6г, е) и конические (рис.1.6д) развертки. Развертки имеют 6-12 главных режущих кромок, расположенных на режущей части 7 с направляющим конусом. Калибрующая часть 8 направляет развертку в отверстия и обеспечивает необходимую точность обработки и шероховатость поверхности. По конструкции развертки делят на хвостовые (рис. 1.6г, д) и насадные (рис. 1.6е).



**Метчики** применяют для нарезания внутренних резьб в деталях типа гаек или отверстий. Метчики (рис.1.6ж) представляют собой винт из быстрорежущей стали с прорезанными прямыми или винтовыми канавками, образующими с витками резьбы режущие кромки. Рабочая часть метчика имеет режущую заборную 9 и калибрующую 10 части. Профиль резьбы метчика должен соответствовать профилю нарезаемой резьбы. Комплект метчиков одного диаметра включает черновой, полустойкой и чистовой метчики. Внутренняя резьба нарезается в предварительно просверленном отверстии, диаметр которого принимается по справочникам в зависимости от диаметра и шага резьбы.

Основные типы метчиков: ручные (см. рис.1.6ж) и станочные, гаечные и инструментальные (маточные и плащечные). Ручной метчик квадратным хвостовиком крепится в **воротке**, станочный метчик закрепляют специальным патроном в шпинделе сверлильного или задней бабке токарного станка.

#### 1.4. Инструментальные материалы

Вторым важнейшим компонентом технологического процесса механической обработки является режущий инструмент. Металлорежущий инструмент имеет строго определенную геометрию (для реализации резания) и должен обладать достаточной стойкостью в процессе обработки. В этой связи металлорежущий инструмент производится на специализированных заводах из инструментальных материалов.

Инструментальные материалы должны удовлетворять ряду эксплуатационных требований: **прочность** для восприятия сил резания; **вязкость** для восприятия ударной динамической нагрузки; **красностойкость** - для сохранения исходной твердости режущей кромки при высоких температурах в зоне резания; **твердость** рабочей части значительно выше твердости обрабатываемого материала; **износостойкость** для сохранения размерной стабильности инструмента и др.

*Углеродистые инструментальные стали* (ГОСТ 1435-74) марок У10А, У11А, У12А. После термической обработки имеют твердость 60-62 HRC. Красностойкость – 200...250<sup>0</sup>С. Эти стали находят ограниченное применение, т.к. допустимые скорости резания не выше 15-18 м/мин. Из них изготавливают инструмент для ручных работ - **метчики, плашки, ножовочные полотна** и т.д.

*Легированные инструментальные стали* (ГОСТ 5950-73) марок 9ХВГ, ХВГ, 9ХС, 6ХС и др. После термической обработки имеют твердость 62-64 HRC, красностойкость – 250...300<sup>0</sup>С, допустимая скорость резания 15-25 м/мин. Из них изготавливают **сверла, протяжки, метчики, плашки, развертки** и т.д.

*Быстрорежущие стали* (ГОСТ 19265-73) содержат 8,5...19% W; 3,8...4,4% Cr; 2...10% Со и V. Для изготовления режущего инструмента

используют стали P9, P12, P18, P6M3, P9K10, P10K5F5 и др. После термической обработки имеют твердость 62-65 HRC. Красностойкость 600...630<sup>0</sup>С. Допустимая скорость резания 100 м/мин. Для экономии высоколегированной стали режущий инструмент делают сборным или сварным. Рабочую часть инструмента из быстрорежущей стали сваривают с хвостовиком из конструкционной стали (45, 50, 40X и др.). Часто режущую часть инструмента армируют приварными пластинами из быстрорежущей стали.

Сталь **P9** используют для изготовления инструмента простой формы (**резцы, фрезы, зенкеры**). Сталь **P18** используют для фасонных и сложных инструментов (**резьбонарезных, зуборезных**), для которых основным требованием является износостойчивость. Стали **P9Ф5, P14Ф4** используется для изготовления инструментов для чистовой обработки (**протяжек, разверток, шевуров**). Стали **P9M4, P6M3** используют для инструментов, работающих в условиях черновой обработки, а также для изготовления **протяжек, долбяков, шевуров, фрез, сверл** и другого инструмента.

Для режущего инструмента используют также *спеченные твердые сплавы*, которые представляют собой твердый раствор карбидов WC, TiC, TaC в металлическом кобальте. Твердые сплавы используют в виде пластинок определенной формы и размеров, изготавливаемых методами порошковой металлургии.

Пластинки из твердого сплава имеют твердость 86-94 HRA. Красностойкость – 800...1000<sup>0</sup>С. Допустимая скорость резания - 800 м/мин. Эти пластинки припаивают к державкам инструментов медными или латунными припоями или крепят механическим способом. В промышленности широко применяют многогранные неперетачиваемые твердосплавные пластинки трех-, четырех-, пяти-, шестигранные (см. рис.1.3д), которые крепят к державке резца или корпусу инструмента механическим способом.

Твердые сплавы (ГОСТ 3882-74) подразделяют на три группы: вольфрамовые ВК2, ВК3, ВК8, и др.; титановольфрамовые Т30К4, Т15К6 и др.; титанотанталовольфрамовые ТТ7К12 и ТТ10К8Б.

### 1.5. Обработываемость сталей резанием

Обработываемость резанием является важным технологическим свойством стали. В справочной литературе (марочник стали) она дается в виде коэффициентов обработываемости  $K_V$  по отношению к эталонной стали 45.

Обработываемость сталей и сплавов резанием определена для условий полустогового точения без охлаждения по чистому металлу резцами, оснащенными пластинами из твердого сплава Т5К10, ВК8 или резцами из быстрорежущей стали P18, P12 при  $t = 15$  мм,  $S = 0,2$  мм/об и значении главного угла резания в плане  $\phi = 60^0$ .

**Обработываемость стали и сплавов резанием** оценена по скорости резания  $V_{60}$ , соответствующей 60 минутам, стойкости резцов и выражена ко-

эфициентами  $K_{V_{ТВ.СПЛ.}}$  и  $K_{V_{Б.СТ.}}$  по отношению к эталонной стали 45 ( $\sigma_B = 637$  МПа, 179 НВ).

Коэффициент обрабатываемости стали для условий точения твердосплавными резцами  $K_{V_{ТВ.СПЛ.}}$

$$K_{V_{ТВ.СПЛ.}} = \frac{V_{60}^{ТВ.СПЛ.}}{V_{60ЭТ}^{ТВ.СПЛ.}}, \quad (8)$$

где  $V_{60ЭТ}^{ТВ.СПЛ.} = 145$  м/мин – скорость резания при 60 минутной стойкости твердосплавных резцов при точении стали 45.

Аналогично для условий точения резцами из быстрорежущей стали

$$K_{V_{Б.СТ.}} = \frac{V_{60}^{Б.СТ.}}{V_{60ЭТ}^{Б.СТ.}}, \quad (9)$$

где  $V_{60ЭТ}^{Б.СТ.} = 70$  м/мин - скорость резания при 60 минутной стойкости резцов из быстрорежущей стали при точении стали 45.

Значения  $K_{V_{ТВ.СПЛ.}}$  и  $K_{V_{Б.СТ.}}$  приводятся в марочниках сталей (табл. 1.1). Для принятых условий резания (**t**, **S**, **T**) абсолютное значение скорости резания  $V_{60}$  данной стали определяется умножением табличного значения коэффициента обрабатываемости  $K_{V_{ТВ.СПЛ.}}$  или  $K_{V_{Б.СТ.}}$  для данной стали на соответствующую скорость резания эталона.

После определения скорости резания  $v$  (в м/мин) находят частоту вращения  $n_{расч}$  (в об/мин) шпинделя станка, соответствующей этой скорости резания при обработке заготовки диаметром  $D_{заг}$  (в мм)

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{заг}} \quad (10)$$

Так как металлорежущий станок точно такой частоты вращения шпинделя может не иметь вследствие ее ступенчатого регулирования, то назначают ближайшую меньшую величину  $n$ .

Таблица 1.1

Значения коэффициентов обрабатываемости резанием  
некоторых сталей [1]

Марка стали	$K_{V_{ТВ.СПЛ.}}$	$K_{V_{Б.СТ.}}$	Марка стали	$K_{V_{ТВ.СПЛ.}}$	$K_{V_{Б.СТ.}}$
Ст3	1,8	1,6	ШХ15	0,9	0,36
Ст6	1,2	1,2	ХВГ	0,75	0,35
45	1	1	Х12Ф1	0,8	0,3

55	1	0,65	9Х2	0,95	0,55
09Г2С	1,6	1	60ХН	0,8	0,75
40Х	1,2	0,95	60ХГ	0,9	0,75
18ХГТ	1,1	1	40Х13	0,6	0,4
30ХГСА	0,85	0,75	12Х18Н10Т	0,85	0,35
40ХН2МА	0,7	0,4	20Л	1,5	1,35
38Х2МЮА	0,75	0,55	55Л	0,7	0,55

## 2. Изготовление изделий ручной дуговой сваркой

### 2.1. Свариваемость сталей

**Сварка** – технологический процесс получения неразъемных соединений различных материалов путем образования в сварном шве общих для соединяемых материалов кристаллических решеток.

В настоящее время насчитывается несколько десятков способов сварки и их разновидностей.

Различают: сварку плавлением и давлением. При сварке плавлением шов образуется в результате **кристаллизации** сварочной ванны. При сварке давлением сварной шов образуется в результате **диффузии** соединяемых металлов.

К способам сварки плавлением относятся: дуговая (ручная, автоматическая под слоем флюса и др.), электрошлаковая, газовая и др. К способам сварки давлением относятся: контактная, диффузионная, трением, взрывом и др.

Способность материалов образовывать сварные соединения называется **свариваемостью**. Свариваемость оценивается степенью соответствия свойств сварного соединения аналогичным свойствам основного металла и их склонностью к образованию таких сварочных дефектов, как трещины, поры, шлаковые включения и др.

По технологической свариваемости сталь условно разбита на следующие группы:

1. Сталь, свариваемая без ограничений (*сварка выполняется без подогрева и термообработки*). Марки стали: Ст1 – Ст4 по ГОСТ 380-94; 08, 10, 15, 20, 25 по ГОСТ 1050-88; 15Л, 20Л по ГОСТ 977-76; 15Г, 20Г, 15Х, 20Х, 20ХГСА, 12ХН2 по ГОСТ 4543-71; 12Х18Н10Т, 08Х18Н10 по ГОСТ 5632-72 и др.

3. Сталь удовлетворительной свариваемости (*при сварке в нормальных производственных условиях трещины не образуются*). Марки стали: Ст5пс, Ст5сп по ГОСТ 380-94; 30, 35 по ГОСТ 1050-88; 30Л, 35Л по ГОСТ 977-75; 20ХН3А, 12Х2Н4А по ГОСТ 4543-71 и др.

4. Сталь ограниченной свариваемости (*в обычных условиях сварки образуются трещины; необходимы термообработка и подогрев*). Марки стали: Стб по ГОСТ 380-94; 40, 45, 50 по ГОСТ 1050-88; 30ХМ, 30ХГС, 33ХС, 20Х2Н4А по ГОСТ 4543-71; 17Х18Н9, 20Х23Н18 по ГОСТ 5632-72 и др.

5. Сталь плохой свариваемости (обязательная предварительная термообработка, подогрев в процессе сварки, последующая термообработка). Марки стали: 40Г, 45Г, 50Г, 60Г, 65Г, 70Г, 50ХН по ГОСТ 4543-71; 55Л по ГОСТ 977-75; У7 - У12 по ГОСТ 1435-90; 65, 75, 85, 50ХГ, 50С2, 55С2, 55С2А, 60С2, 60С2А по ГОСТ 14959-69 и др.

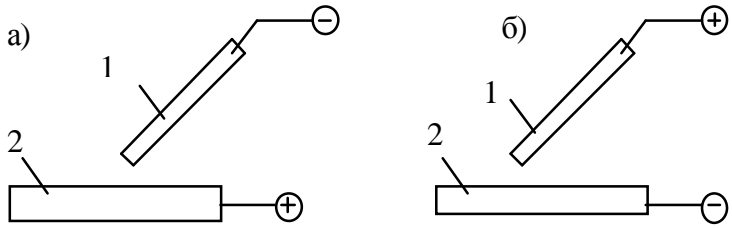
Свариваемость сталей указывается в марочниках наряду с другими технологическими свойствами стали (температурный интервал горячей обработки давлением, обрабатываемость резанием и др.).

## 2.2. Ручная дуговая сварка

Самым распространенным способом сварки плавлением является **ручная дуговая сварка** (РДС). Источником теплоты при дуговой сварке является **электрическая дуга**, которая горит между электродами. При этом часто один электрод представляет собой свариваемую заготовку.

Для РДС сталей применяют постоянный и переменный ток. При применении постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярностях (рис. 2.1).

При прямой полярности электрод подключается к (-) источника постоянного тока, Электрод служит **катодом**. При **обратной полярности** электрод подключают к (+), и он служит **анодом**. Прямая и обратная полярность имеют свои технологические преимущества. Род тока и полярность оговаривается в справочной литературе по сварке сталей.



1 – электрод; 2 - свариваемая заготовка

Рис. 2.1. Схема РДС плавящимся электродом постоянным током прямой (а) и обратной (б) полярностей

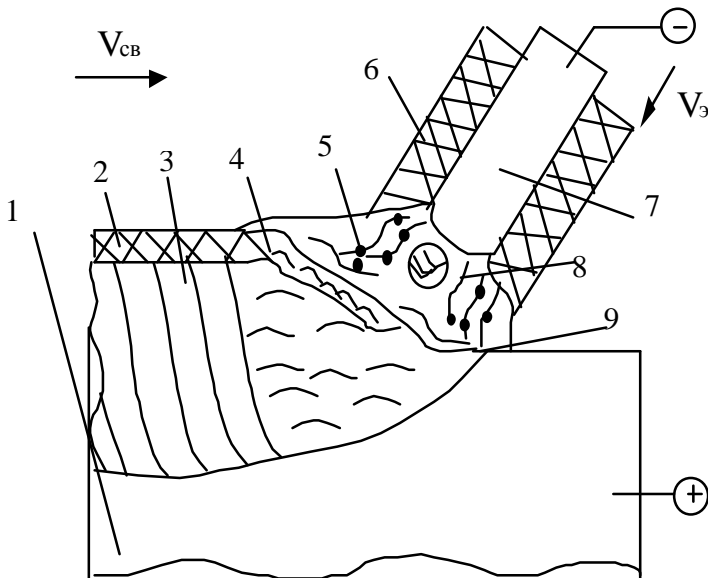


Рис. 2.2. Схема сварки металлическим покрытым электродом (прямая полярность)

*Электрическая дуга – мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Различные участки дуги имеют температуру 2400-7000<sup>0</sup>С. Полная тепловая мощность Q дуги (Дж/с).*

$$Q = k \cdot J_{св} \cdot U_{Д}, \quad (1)$$

где **k** – коэффициент несинусоидальности напряжения и тока (для постоянного тока  $k = 1$ ; для переменного тока  $k = 0,7 \dots 0,97$ ); **J<sub>св</sub>** – сварочный ток, А; **U<sub>Д</sub>** – напряжение дуги, В.

Часть тепла дуги теряется в результате теплоотдачи в окружающую среду. Часть мощности дуги, расходуемая на нагрев заготовки, называется эффективной тепловой мощностью **q** сварочной дуги

$$q = h \cdot Q, \quad (2)$$

где **h** - коэффициент полезного действия дуги, зависит от способа сварки (автоматическая сварка под флюсом АДС  $\eta = 0,9$ ; ручная дуговая сварка РДС  $\eta = 0,7$ ).

При сварке постоянный ток предпочтителен в технологическом отношении:

- повышается устойчивость горения дуги;
- улучшаются условия сварки в различных пространственных положениях;
- появляется возможность вести сварку на прямой и обратной полярностях.

В то же время в техническом отношении проще реализуется сварка переменным током, поскольку в этом случае достаточно иметь сварочный трансформатор. При сварке постоянным током необходимо иметь генератор или выпрямитель. Генераторы применяют при сварке в полевых условиях.

***Сварочный пост** - рабочее место сварщика оборудован специальным электропроводящим столом, источником электрического питания, системой приточно-вытяжной вентиляции.*

РДС выполняют **сварочными электродами**, которые сварщик подает в дугу и перемещает вдоль заготовки вручную. Для удержания электрода и подвода к нему электрического тока сварщик использует **электрододержатель**. Сварщик защищает лицо от светового излучения дуги **предохранительным щитком** или **маской** с темным стеклом. Маска крепится на голове, щиток сварщик держит в руке. Тело и руки сварщика защищены брезентовой **спецодеждой** и **рукавицами**.

### 2.3. Электроды для РДС

РДС выполняется металлическими покрытыми электродами (рис.2.2). Дуга **8** горит между металлическим стержнем **7** электрода (катод) и свариваемой заготовкой **1** (анод). Стержень электрода плавится и каплями стекает в металлическую ванну **9**, вместе со стержнем плавится покрытие б электрода, образуя газовую защитную атмосферу **5** вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну **4** на поверхности металлической ванны. Металлическая и шлаковая ванны вместе образуют **сварочную ванну**.

По мере движения дуги в направлении сварки (на рис. 2.2 вправо) сварочная ванна затвердевает, и образуется сварочный шов **3**. Жидкий шлак по мере остывания образует на поверхности шва твердую шлаковую корку **2**.

В сварочной ванне протекает ряд металлургических процессов: испарение или окисление (выгорание) некоторых легирующих элементов (С, Мн, Si, Cr и др.) и насыщение расплавленного металла газами (O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>) из окружающего воздуха.

В результате этих процессов изменяется состав металла сварного шва по сравнению с электродным и основным металлом, а также понижаются его механические свойства. Для обеспечения **равнопрочности** металла шва и основного металла в покрытие электрода вводят легирующие элементы и элементы – раскислители.

Электроды для РДС представляют собой проволочные стержни с нанесенным покрытием.

Стержень электрода изготавливают из специальной сварочной проволоки из стали повышенного качества. ГОСТ 2246-70 предусматривает 56 марок стальной сварочной проволоки диаметром 0,3 – 12 мм. Все марки сварочной проволоки разделяют на 3 группы: углеродистую, легированную и высоколегированную.

По назначению стальные электроды по ГОСТ 9466-75 подразделяют на 4 класса:

- для сварки углеродистых и легированных конструкционных сталей (ГОСТ 9467-75);
- для сварки теплоустойчивых сталей (ГОСТ 9467-75);
- для сварки высоколегированных сталей (ГОСТ 10052-75);
- для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (ГОСТ 1051-75).

Внутри каждого класса электроды делятся на типы (всего 73 типа).

Условное обозначение электродов для сварки конструкционных сталей состоит из обозначения марки электрода, типа электрода, диаметра стержня, типа покрытия, номера ГОСТа.

Пример: УОНИ – 13/45 – Э42А – 4,0 – Ф ГОСТ 9467-75

Расшифровка:

УОНИ – 13/45 – марка электрода;

Э42А - тип электрода (Э – электрод для дуговой сварки; 42 – минимальный гарантированный предел прочности металла шва в кгс/мм<sup>2</sup>; А – гарантируется получение повышенных пластических свойств металла шва);



4,0 – диаметр электродного стержня в мм;

Ф – фтористокальциевый тип покрытия.

Марка электрода (УОНИ – 13/45, АН-1, АНО-1, ОЗС-6 и др.) характеризует также его технологические свойства: род и полярность тока, возможность сварки в различных пространственных положениях (оговорены в ГОСТе и справочной литературе по сварке).

## 2.4. Сварные соединения и сварные швы

Сваркой получают **сварные соединения** – *неподвижные неразъемные соединения двух или более частей изделия, выполненные сваркой* (рис.2.3).

По взаимному расположению соединяемых элементов различают 4 вида сварных соединений: стыковые соединения обозначаются С2...С21; угловые соединения обозначают У2...У10; тавровые соединения обозначают Т1...Т9; нахлесточные соединения обозначают Н1...Н3 [3].

Вид соединения выбирает конструктор из условия прочности и технологичности изделия. Под **прочностью** понимается способность изделия воспринимать заданные нагрузки. Прочность обеспечивается соответствующими расчетами сварного соединения. Под **технологичностью** понимается возможность получения изделия сваркой в условиях конкретного производства (машиностроительного, ремонтного и др.) с применением соответствующего металлорежущего и сварочного оборудования, оснастки и материалов.

Сварку выполняют сварными швами. **Сварной шов** – *участок сварного соединения, непосредственно связывающий свариваемые элементы изделия.*

По назначению различают сварные швы: рабочие, связующие, подварочные, монтажные.

В зависимости от толщины соединяемых деталей кромки детали соответствующим образом разделяются, что отражается в обозначении швов на чертежах [см.3]. Технология наложения шва зависит от толщины соединяемых деталей (рис.2.4). Однопроходная сварка (рис. 2.4 а) производительна и экономична, но металл шва имеет грубую столбчатую структуру, у шва увеличенная зона перегрева. Однопроходные швы используются при толщине соединяемых деталей  $\delta \leq 4 - 6$  мм.

При многослойной и многопроходной сварке (рис. 2.4б, в) каждый нижележащий валик проходит термообработку при наложении последующего валика, что позволяет получить из-

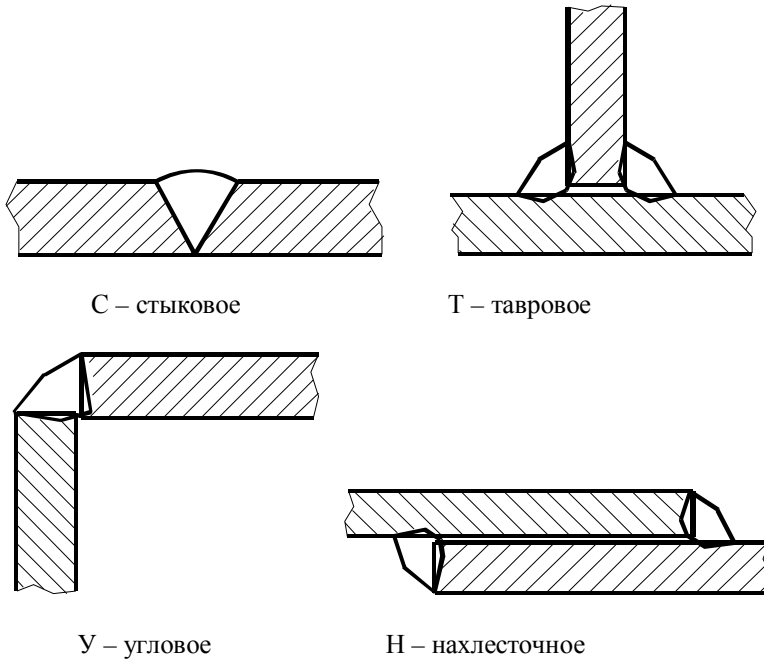


Рис. 2.3. Виды сварных соединений

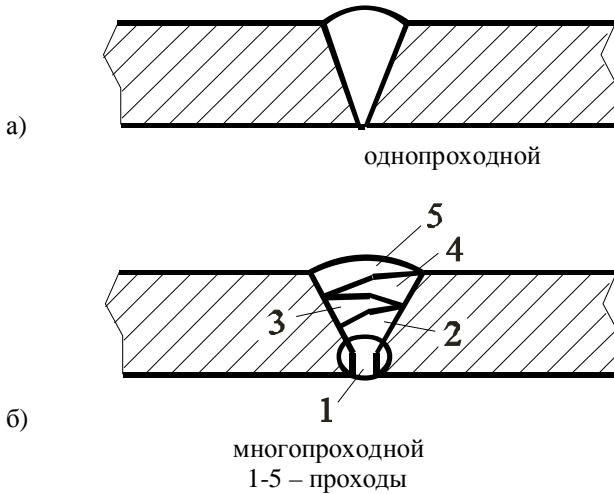


Рис. 2.4. Виды сварных швов по технологии нанесения

мельченную структуру металла шва и, соответственно, повышенные механические свойства металла шва. При толщине соединяемых деталей  $s = 6 - 10$  мм, число проходов или слоев  $n = 2 - 3$ , при  $s = 20$  мм,  $n = 5 - 6$ .

При выполнении многослойных (многопроходных) швов особое внимание следует уделять качественному выполнению первого валика в корне шва. Провар корня шва определяет прочность всего многослойного шва.

РДС широко применяют в производстве металлоконструкций из разных металлов и сплавов малых и средних толщин  $s=2-30$  мм. РДС удобна при выполнении коротких ( $l \leq 300$  мм) и криволинейных швов в любых пространственных положениях (рис. 2.5), а также при наложении швов в труднодоступных местах. РДС незаменима также при монтажных работах и сварке металлоконструкций сложной формы.

### 2.5. Выбор режима РДС

Основным выбираемым параметром РДС является диаметр  $d_э$  электрода, который согласуется с толщиной соединяемых деталей [2].

$s$ , мм	1 - 2	3 - 5	4 - 10	15 – 24 и более
$d_э$ , мм	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6

Основным расчетным режимным параметром РДС является сила сварочного тока  $J_{CB}$ , который в зависимости от диаметра  $d_э$  (в мм) и типа металла электрода определяют по эмпирической формуле

$$J_{CB} = k \cdot d_э \quad , \text{ А} \quad (3)$$

где  $k = 40-60$  (А/мм) – для электродов со стержнем из низкоуглеродистой стали;  $k = 35-40$  (А/мм) – для электродов со стержнем из высоколегированной стали.

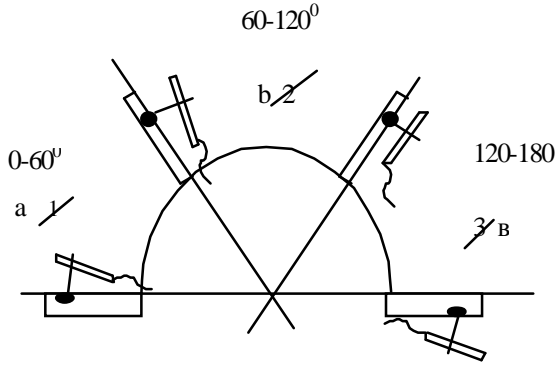


Рис. 2.5. Пространственное положение сварных швов при РДС (1 а - нижнее; 2 б - вертикальное или горизонтальное; в - потолочное)

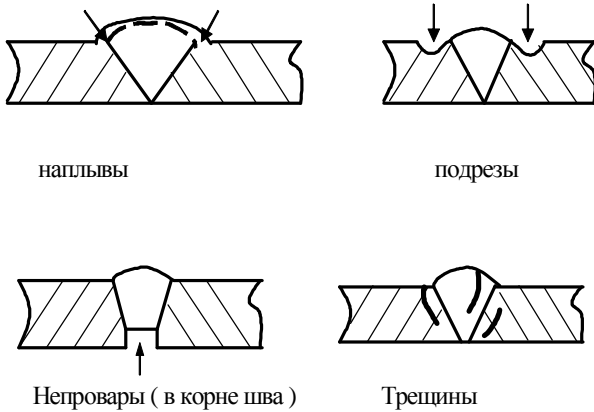


Рис. 2.6. Внешние дефекты сварных швов

**Коррективы  $J_{св}$ :** Если  $s < 1,5 d_э$  при сварке в нижнем положении, то  $J_{св} = (0,85 - 0,9) J_{св \text{ расч.}}$ . Если  $s > 3 d_э$  при сварке в нижнем положении, то  $J_{св} = (1,1 - 1,5) J_{св \text{ расч.}}$ . При сварке на вертикальной плоскости  $J_{св}$  уменьшает от расчетной на 10-15%, а для потолочных швов  $J_{св}$  уменьшает на 15-20%.

## 2.6. Контроль качества сварки

Контроль качества сварки является основой эффективного использования этого технологического метода, как при изготовлении новых изделий, так и при ремонте оборудования. Проверка качества сварки присутствует на всех стадиях технологического процесса и предусматривает: предварительный контроль, текущий контроль и проверку качества сварки в готовом изделии [4].

**Предварительный контроль** предполагает проверку качества основного металла, сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса и т.д.), заготовок, поступающих на сборку, состояние сварочной аппаратуры, качество сборки и квалификацию сварщиков.

Качество основного металла должно соответствовать требованиям **сертификата**, который заводы-поставщики должны предоставлять вместе с партией металла. Металл, не имеющий сертификата, подлежит проверке: химический состав, механические свойства, свариваемость.

**Текущий контроль** выполняется сварщиком и мастером. Перед тем, как приступить к сварке, сварщик знакомится с технологическими картами, в которых указывают последовательность операций, диаметр и марку применяемых электродов, режимы сварки и требуемые размеры сварных швов.

Режим сварки контролируют по показаниям амперметра ( $J_{св}$ ) и вольтметра ( $U_{св}$ ).

**Проверка качества шва в готовом изделии.** После того как закончена сварка изделия, сварные швы зачищают от шлака, наплывов, а поверхность изделия – от брызг металла. Затем готовое изделие проходит ряд контрольных операций.

**Внешний осмотр и обмер сварных швов.** Внешним осмотром выявляются несоответствие шва геометрическим размерам, заданным на чертеже: наплывы, подрезы, глубокие кратеры, прожоги, наружные трещины, непровары, свищи, поры и др. внешние дефекты (рис. 2.6). Для контроля размера сварного шва используются **шаблоны**.

**Контроль плотности швов** выполняют для изделий, к которым предъявляют требования герметичности: емкости для горюче-смазочных материалов, воды, трубопроводы, газгольдеры, паровые котлы, технологические емкости и др. Существует много способов контроля плотности сварных швов: гидравлическое испытание; пневматическое испытание; вакуум испытание; испытание керосином, аммиаком; испытание с помощью течеискателей.

**Механические испытания сварочных швов и изделий.** Кроме механических свойств металла шва во многих случаях надо определить и механические свойства сварного соединения в целом. При этом сравнивают прочность металла шва с прочностью основного металла и металла зоны термического влияния. Наплавленный металл часто является слабым местом сварного соединения.

При сварке ответственных изделий изготавливают контрольные образцы, результаты испытаний которых являются критерием качества сварки.

Характер механических испытаний образцов зависит от характера нагрузки, воспринимаемой сварным соединением. Порядок механических испытаний сварных швов и соединений регламентирован ГОСТ 6996-66.

Для определения прочности металла шва используют образцы с иницированием разрушения по шву (рис.2.7). Усиление шва в виде валиков перед испытанием снимается механической обработкой

$$S_B = k \cdot \frac{P_{\max}}{F_{\min}}, \quad (4)$$

где  $F_{\min} = (a \times b)$  – площадь наименьшего поперечного сечения образца до испытания;

$k$  – поправочный коэффициент (для углеродистых и низколегированных сталей  $k = 0,9$ ).

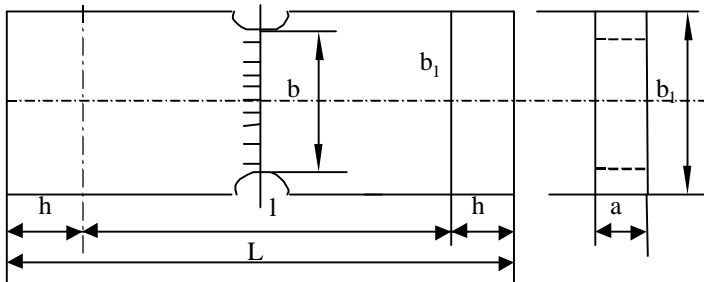


Рис. 2.7. Образец для определения прочности металла сварного шва ( $b_1$ ,  $h$  – размеры захватной части,  $l$  – длина рабочей части)

Для контроля качества сварных швов используются также неразрушающие методы контроля. Наиболее распространенными являются следующие физические методы контроля: просвечивание рентгеновскими и гамма

лучами; ультразвуковая дефектоскопия; люминесцентный метод; магнитный метод; металлография.

Набор методов контроля качества сварных швов оговаривается в технических условиях. Контроль качества сварных швов с выдачей соответствующих заключений имеют право проводить специализированные сертифицированные испытательные лаборатории.

### **3. Лабораторно-практические работы**

#### **3.1. Изготовление деталей со снятием стружки**

**Цель работы:** Знакомство с металлорежущим оборудованием, номенклатурой и конструкцией инструмента, приемами работы на токарных, фрезерных и сверлильных станках, оформлением технологической документации.

##### **3.1.1. Оборудование, инструменты и материалы**

Токарно-винторезный станок 1К-62; фрезерные станки; сверлильный станок; токарные резцы; фрезы; инструмент для сверлильных работ; приспособления.

##### **3.1.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить конструкцию металлорежущих станков (токарного, фрезерного, сверлильного).
2. Изучить конструкцию и назначение инструмента для выполнения точения, фрезерования, сверления.
3. Познакомиться с приемами работы на металлорежущих станках.
4. Выполнить индивидуальное практическое задание.
5. Оформить протокол лабораторной работы (включает в себя схему обработки заданной детали и индивидуальное практическое задание).

##### **3.1.3. Контрольные вопросы**

1. Как осуществляется формирование поверхностей детали на металлорежущем станке? Что такое главное движение и движение подачи?
2. Что понимается под схемой обработки? Примеры.
3. Как определить скорость резания при точении, фрезеровании, сверлении?
4. Виды подач при обработке резанием. Примеры.
5. Классификация металлорежущих станков.
6. Узлы металлорежущего станка.

7. Инструментальные материалы для режущего инструмента. Марки. Область применения.
8. Точение, движения – главное и подачи, инструмент.
9. Назначение режимов резания при точении.
10. Фрезерование, движения – главное и подачи, инструмент.
11. Сверление, движения – главное и подачи, инструмент.

### *3.2. Изготовление изделий ручной дуговой сваркой*

**Цель работы:** знакомство с конструкцией сварных соединений; с оборудованием для выполнения ручной дуговой сварки; изучение дефектов сварных швов; освоение приемов наложения сварного шва РДС; знакомство с технологической документацией.

#### **3.2.1. Оборудование и материалы**

Сварочный выпрямитель типа ВД-302; электрододержатель, предохранительный щиток; сварочные электроды; металлические заготовки.

#### **3.2.2. Порядок выполнения работы**

1. Изучить конструкцию сварных соединений (по наглядным пособиям и макетам).
2. Изучить возможные дефекты сварных швов (по наглядным пособиям);
3. Познакомиться с оборудованием сварочного поста.
4. Освоить приемы наложения сварного шва (зажигание дуги, ведение сварки).
5. Выполнить индивидуальное практическое задание.
6. Оформить протокол лабораторной работы (включает в себя описание оборудования сварочного поста, индивидуальное практическое задание).

### **2.3. Контрольные вопросы**

1. Какой технологический способ получения неразъемных соединений называется сваркой?
2. В чем различие сварки плавлением и давлением? Какие бывают способы сварки?
3. Что такое свариваемость? Как классифицируются стали по свариваемости? Приведите примеры.



4. Что такое сварка постоянным током на прямой и обратной полярностях?
5. Поясните оборудование сварочного поста.
6. Как классифицируются стальные электроды?
7. Какие существуют виды конструктивного исполнения сварных соединений?
8. Как классифицируются сварные швы по технологии нанесения? В каких случаях применяются многослойные швы?
9. Области применения РДС. Пространственное положение сварных швов при РДС?
10. Технологические параметры РДС, принцип выбора.
11. Контроль качества сварки на отдельных стадиях технологического процесса.
12. Внешние дефекты сварных швов.

#### 4. Индивидуальные задания

##### 4.1. Изготовление деталей со снятием стружки

###### Задание 4.1.1.

Определить минутную подачу резца  $s_m$  (мм/мин) при обтачивании на токарном станке заготовки диаметром  $D$  (мм) со скоростью резания  $v$  (м/мин) и подачей резца за один оборот заготовки  $s$  (мм/об).

Таблица 4.1.

Варианты исходных данных к заданию №4.1.1

вар	D	v	s	вар	D	v	s
1	140	88	0,61	11	150	88	0,61
2	37	233	0,43	12	45	233	0,43
3	90	177	0,87	13	95	177	0,87
4	120	119	0,70	14	135	119	0,70
5	72	280	0,78	15	84	280	0,78
6	64	200	0,17	16	76	200	0,17
7	160	80	0,3	17	165	80	0,3
8	54	170	0,95	18	66	170	0,95
9	43	216	0,23	19	54	216	0,23
10	210	133	0,52	20	198	133	0,52

###### Задание №4.1.2.

Определить глубину резания  $t_1$ ,  $t_2$  при обтачивании заготовки диаметром  $D_0$  (мм) на токарном станке в два перехода. При переходе предварительной обработки заготовка обтачивается до  $D_1$  (мм), а при окончательной обработке до  $D_2$  (мм).

Таблица 4.2.

Варианты исходных данных к заданию №4.1.2

вар	$D_0$	$D_1$	$D_2$	вар	$D_0$	$D_1$	$D_2$
1	188	182	180	11	190	182	180
2	67	61,5	60	12	70	61,5	60
3	56	51	50	13	58	51	50
4	120	114	112	14	123	114	112
5	95	88,5	87	15	98	88,5	87
6	87	81,5	80	16	90	81,5	80
7	216	208	206	17	220	208	206
8	50	43,5	42	18	54	43,5	42
9	140	132	130	19	143	132	130
10	73	66,5	65	20	75	66,5	65

### Задание №4.1.3.

Определить основное время  $T_0$  при продольном обтачивании на проход заготовки диаметром  $D_0$  (мм) до диаметра  $D_1$  (мм) на длине  $l$  (мм). Частота вращения шпинделя  $n$  (об/мин); подача резца  $s$  (мм/об). Обтачивание проводится за один проход. Главный угол резца в плане  $\varphi$  (град). Перебег резца  $\Delta = 1 \dots 3$  мм. Начертить схему обработки поверхности.

Таблица 4.3

Варианты исходных данных к заданию №4.1.3

№ вар	$D_0$	$D_1$	$l$	$s$	$n$	$\varphi$
1	54	50	200	0,32	1000	45
2	118	110	350	0,52	315	60
3	80	75	130	0,43	800	90
4	72	71	60	0,21	1250	30
5	90	82	150	0,57	630	60
6	43	40	55	0,26	1600	45
7	64	60	80	0,34	1000	90
8	37	35	45	0,17	2000	45
9	158	150	480	0,61	250	60
10	142	140	75	0,28	500	30

### Задание № 4.1.4.

Определить основное время  $T_0$  при подрезании сплошного торца заготовки диаметром  $D_0$  (мм) на токарном станке за один проход. Припуск на обработку (на сторону)  $h$  (мм). Частота вращения шпинделя  $n$  (об/мин); подача резца  $s$  (мм/об). Резец проходной отогнутый с главным углом в плане  $\varphi = 45^\circ$ . Перебег резца  $\Delta = 1 \dots 3$  мм. Начертить схему обработки поверхности.

Таблица 4.4.

Варианты исходных данных к заданию №4.1.4

№ вар	$D_0$	$h$	$s$	$n$
1	60	2,5	0,32	1000
2	85	3,0	0,52	800
3	30	2,0	0,43	2000
4	120	4,0	0,21	315
5	70	3,0	0,57	800
6	150	4,0	0,78	500
7	45	2,5	0,39	1250
8	100	3,5	0,6	400
9	90	3,5	0,57	630
10	40	2,5	0,34	1250

#### Задание № 4.1.5.

Определить основное время  $T_0$  при отрезании кольца от заготовки, имеющей форму трубы с наружным диаметром  $D$  (мм) и внутренним –  $d$  (мм), на токарном станке резцом с пластиной из твердого сплава.. Частота вращения шпинделя  $n$  (об/мин); подача резца  $s$  (мм/об). Перебег резца  $\Delta = 1 \dots 2$  мм. Начертить схему обработки поверхности.

Таблица 4.5.

Варианты исходных данных к заданию №4.1.5

№ вар	$D$	$d$	$s$	$n$
1	90	60	0,15	315
2	120	100	0,17	200
3	75	50	0,13	400
4	60	50	0,12	500
5	150	120	0,18	160
6	80	65	0,14	400
7	65	50	0,12	500
8	50	40	0,10	630
9	70	50	0,13	400
10	85	70	0,14	315

#### Задание № 4.1.6.

Определить мощность  $N_{рез}$ , затрачиваемую на резание и момент сопротивления резанию  $M_{ср}$ , если при продольном точении заготовки диаметром  $D$  (мм) со скоростью резания  $v$  (м/мин), тангенциальная сила резания составила  $P_z$ (Н). Начертите схему расположения составляющих силы резания для рассматриваемого случая обработки резанием.

Таблица 4.6.

Варианты исходных данных к заданию №4.1.6

№ вар	D	v	$P_z$
1	140	75	2750
2	160	130	2200
3	65	180	3000
4	45	240	1050
5	90	64	3600
6	70	110	3200
7	220	60	4000
8	85	265	600
9	100	90	3250
10	30	150	500

## 4.2. Изготовление изделий ручной дуговой сваркой

## Задание 4.2.1

Для изготовления из листа толщиной  $s$  (мм) цилиндрической обечайки диаметром  $D$  (мм) и длиной  $L$  (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, эскиз наложения валиков многопроходного шва, выбрать режим ручной дуговой сварки.

Таблица 4.7.

Варианты исходных данных для задания №4.2.1

№ вар.	Марка стали	s	D	L	№ вар.	Марка стали	s	D	L
1	ВСт3	6	500	1000	11	10	6	700	2000
2	10	7	700	1500	12	20	7	800	2100
3	20	8	800	1600	13	ВСт3	8	650	2000
4	ВСт3	9	900	2000	14	10	9	650	2200
5	10	6	550	1500	15	20	6	850	2500
6	20	7	600	2000	16	ВСт3	7	1000	2500
7	ВСт3	8	750	2200	17	10	8	700	1700
8	10	9	950	2500	18	20	9	550	1600
9	20	6	600	1900	19	ВСт3	6	900	2000
10	ВСт3	7	500	1200	20	10	7	1100	2300

## Задание 4.2.2.

Для изготовления из листа толщиной  $s$  (мм) конического днища для обечайки диаметром  $D$  (мм) с углом конуса  $\alpha$  (град) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, эскиз нало-

жения валиков многопроходного шва, выбрать режим ручной дуговой сварки.

Таблица 4.8.

Варианты исходных данных для задания №4.2.2

№ вар.	Марка стали	s	D	$\alpha$	№ вар.	Марка стали	s	D	$\alpha$
1	10	6	500	45	11	20	6	550	80
2	20	7	700	50	12	ВСтЗ	7	650	75
3	ВСтЗ	8	800	55	13	10	8	750	70
4	10	9	900	60	14	20	9	850	65
5	20	6	1000	70	15	ВСтЗ	6	950	60
6	ВСтЗ	7	1200	75	16	10	7	1100	55
7	10	8	800	80	17	20	8	650	50
8	20	9	900	85	18	ВСтЗ	9	750	45
9	ВСтЗ	6	700	90	19	10	6	850	80
10	10	7	600	85	20	20	7	950	85

### Задание 4.2.3

Для изготовления из листа толщиной  $s$  (мм) конического перехода длиной  $L$  (мм) между трубопроводами  $D$  (мм),  $d$  (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, эскиз наложения валиков многопроходного шва, выбрать режим ручной дуговой сварки.

Таблица 4.9.

Варианты исходных данных для задания №4.2.3

№ вар.	Марка стали	s	L	D	d	№ вар.	Марка стали	s	L	D	d
1	20	6	100	203	127	11	ВСтЗ	6	250	299	159
2	ВСтЗ	7	200	219	133	12	10	7	350	325	168
3	10	8	300	245	140	13	20	8	300	203	140
4	20	9	350	273	146	14	ВСтЗ	9	200	219	146
5	ВСтЗ	6	250	294	152	15	10	6	100	245	152
6	10	7	150	325	159	16	20	7	150	273	159
7	20	8	300	203	133	17	ВСтЗ	8	250	299	168
8	ВСтЗ	9	200	219	140	18	10	9	350	325	180
9	10	6	100	245	146	19	20	6	300	203	146
10	20	7	150	273	152	20	ВСтЗ	7	200	219	152

### Библиографический список

1. Марочник сталей и сплавов. / В.Г. Сорокин, А.А. Волосникова, С.А. Виткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

2. Технология конструкционных материалов: Учебник для ВУЗов / А. М. Дальский, И.А. Аругюнова, Т.М. Барсукова и др. Под общ. ред. А.М. Дальского. – 2-е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с. ил.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.3 – 5-е изд. – М.: Машиностроение, 1979. – 557 с.
4. Справочник сварщика. Под ред. В.В. Степанова. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975. – 520 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т.2. Под ред. А.Н.Малова. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
6. Сафонов Б.П., Брагин Л.П., Марценко К.Н. Сборник задач по материаловедению и технологии конструкционных материалов. НИ РХТУ, Новомосковск, 2003. – 78 с.

2	85	3,0	0,52	800
3	30	2,0	0,43	2000
4	120	4,0	0,21	315
5	70	3,0	0,57	800
6	150	4,0	0,78	500
7	45	2,5	0,39	1250
8	100	3,5	0,6	400
9	90	3,5	0,57	630
10	40	2,5	0,34	1250

#### Задание № 4.1.5.

Определить основное время  $T_0$  при отрезании кольца от заготовки, имеющей форму трубы с наружным диаметром  $D$  (мм) и внутренним –  $d$  (мм), на токарном станке резцом с пластиной из твердого сплава.. Частота вращения шпинделя  $n$  (об/мин); подача резца  $s$  (мм/об). Перебег резца  $\Delta = 1...2$  мм. Начертить схему обработки поверхности.

Таблица 4.5.

Варианты исходных данных к заданию №4.1.5

№ вар	$D$	$d$	$s$	$n$
1	90	60	0,15	315
2	120	100	0,17	200

3	75	50	0,13	400
4	60	50	0,12	500
5	150	120	0,18	160
6	80	65	0,14	400
7	65	50	0,12	500
8	50	40	0,10	630
9	70	50	0,13	400
10	85	70	0,14	315

### Задание № 4.1.6.

Определить мощность  $N_{рез}$ , затрачиваемую на резание и момент сопротивления резанию  $M_{ср}$ , если при продольном точении заготовки диаметром  $D$  (мм) со скоростью резания  $v$  (м/мин), тангенциальная сила резания составила  $P_z(H)$ . Начертите схему расположения составляющих силы резания для рассматриваемого случая обработки резанием.

Таблица 4.6.

Варианты исходных данных к заданию №4.1.6

№ вар	D	v	$P_z$
1	140	75	2750
2	160	130	2200
3	65	180	3000
4	45	240	1050
5	90	64	3600
6	70	110	3200
7	220	60	4000
8	85	265	600
9	100	90	3250
10	30	150	500

### 4.2. Изготовление изделий ручной дуговой сваркой

#### Задание 4.2.1

Для изготовления из листа толщиной  $s$  (мм) цилиндрической обечайки диаметром  $D$  (мм) и длиной  $L$  (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, эскиз наложения валиков многопроходного шва, выбрать режим ручной дуговой сварки.

Таблица 4.7.

Варианты исходных данных для задания №4.2.1

№ вар.	Марка стали	s	D	L	№ вар.	Марка стали	s	D	L
1	ВСт3	6	500	1000	11	10	6	700	2000
2	10	7	700	1500	12	20	7	800	2100
3	20	8	800	1600	13	ВСт3	8	650	2000
4	ВСт3	9	900	2000	14	10	9	650	2200

5	10	6	550	1500	15	20	6	850	2500
6	20	7	600	2000	16	ВСт3	7	1000	2500
7	ВСт3	8	750	2200	17	10	8	700	1700
8	10	9	950	2500	18	20	9	550	1600
9	20	6	600	1900	19	ВСт3	6	900	2000
10	ВСт3	7	500	1200	20	10	7	1100	2300

### Задание 4.2.2.

Для изготовления из листа толщиной  $s$  (мм) конического днища для обечайки диаметром  $D$  (мм) с углом конуса  $\alpha$  (град) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, эскиз наложения валиков многопроходного шва, выбрать режим ручной дуговой сварки.

Таблица 4.8.

Варианты исходных данных для задания №4.2.2

№ вар.	Марка стали	$s$	$D$	$\alpha$	№ вар.	Марка стали	$s$	$D$	$\alpha$
1	10	6	500	45	11	20	6	550	80
2	20	7	700	50	12	ВСт3	7	650	75
3	ВСт3	8	800	55	13	10	8	750	70
4	10	9	900	60	14	20	9	850	65
5	20	6	1000	70	15	ВСт3	6	950	60
6	ВСт3	7	1200	75	16	10	7	1100	55
7	10	8	800	80	17	20	8	650	50
8	20	9	900	85	18	ВСт3	9	750	45
9	ВСт3	6	700	90	19	10	6	850	80
10	10	7	600	85	20	20	7	950	85

### Задание 4.2.3

Для изготовления из листа толщиной  $s$  (мм) конического перехода длиной  $L$  (мм) между трубопроводами  $D$  (мм),  $d$  (мм) разработать эскиз заготовки, эскиз стыкового сварного соединения по ГОСТ 5264-80, эскиз наложения валиков многопроходного шва, выбрать режим ручной дуговой сварки.

Таблица 4.9.

Варианты исходных данных для задания №4.2.3

№ вар.	Марка стали	$s$	$L$	$D$	$d$	№ вар.	Марка стали	$s$	$L$	$D$	$d$
1	20	6	100	203	127	11	ВСт3	6	250	299	159
2	ВСт3	7	200	219	133	12	10	7	350	325	168
3	10	8	300	245	140	13	20	8	300	203	140
4	20	9	350	273	146	14	ВСт3	9	200	219	146
5	ВСт3	6	250	294	152	15	10	6	100	245	152



6	10	7	150	325	159	16	20	7	150	273	159
7	20	8	300	203	133	17	ВСт3	8	250	299	168
8	ВСт3	9	200	219	140	18	10	9	350	325	180
9	10	6	100	245	146	19	20	6	300	203	146
10	20	7	150	273	152	20	ВСт3	7	200	219	152

### Библиографический список

7. Марочник сталей и сплавов. / В.Г. Сорокин, А.А. Волосникова, С.А. Виткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
8. Технология конструкционных материалов: Учебник для ВУЗов / А. М. Дальский, И.А. Аругюнова, Т.М. Барсукова и др. Под общ. ред. А.М. Дальского. – 2-е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с. ил.
9. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т.3 – 5-е изд. – М.: Машиностроение, 1979. – 557 с.
10. Справочник сварщика. Под ред. В.В. Степанова. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1975. – 520 с.
11. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Т.2. Под ред. А.Н.Малова. Изд. 3-е. – М.: Машиностроение, 1972. – 568 с.
12. Сафонов Б.П., Брагин Л.П., Марценко К.Н. Сборник задач по материаловедению и технологии конструкционных материалов. НИ РХТУ, Новомосковск, 2003. – 78 с.