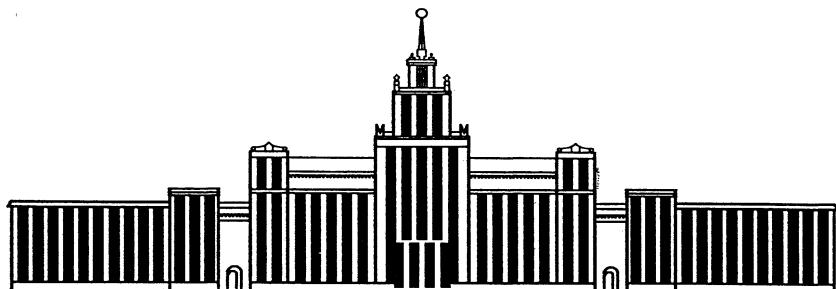

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621(07)
Д369

В.Д. Дерябин, О.Б. Кучина, В.Г. Мельниченко

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие к лабораторным работам

Челябинск
2013

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Миассе
Машиностроительный факультет
Кафедра «Технология производства машин»

621(07)
Д369

В.Д. Дерябин, О.Б. Кучина, В.Г. Мельниченко

**ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие к лабораторным работам

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2013

УДК 621.002.3(075.8)
Д369

*Одобрено
учебно-методической комиссией филиала ЮУрГУ в г. Миассе*

*Рецензенты:
Г.Ф. Костин, Ю.С. Телицын*

Дерябин, В.Д.

Д369

Технология конструкционных материалов: учебное пособие к лабораторным работам / В.Д. Дерябин, О.Б. Кучина, В.Г. Мельниченко.
– Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2013. – 86 с.

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров по направлениям: 150400.62 «Металлургия», 150700.62 «Машиностроение», 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства».

Учебное пособие предназначено для использования его студентами при проведении цикла лабораторных работ по дисциплине «Технология конструкционных материалов». Учебное пособие окажет помощь в изучении свойств конструкционных материалов, основных технологических процессов машиностроительного производства и получении навыков обработки экспериментальных данных.

УДК 621.002.3(075.8)

Лабораторная работа № 1

СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы

Ознакомиться с методикой испытания материалов на растяжение, сжатие и ударную вязкость, определения σ_b , δ , ψ , KСU и других механических характеристик металлов и сплавов.

Содержание

К основным свойствам металлов и сплавов относятся физические, химические, механические и эксплуатационные.

Физические свойства.

К физическим свойствам металлов и сплавов относятся температура плавления, плотность, температурные коэффициенты линейного и объемного расширения, электросопротивление и электропроводность, магнитные свойства.

Химические свойства.

К химическим свойствам относятся способность химического взаимодействия с агрессивными средами, а также антикоррозионные свойства.

Технологические свойства.

К технологическим свойствам относятся те, которые определяют способность материалов подвергаться различными методами обработки: литейные, свариваемость, обрабатываемость режущим инструментом, ковкость.

Эксплуатационные (служебные) свойства.

Служебные свойства определяются специальными испытаниями в зависимости от условий работы материала. К служебным характеристикам относятся хладостойкость, жаропрочность, антифрикционность и другие.

Механические свойства.

Механические свойства характеризуют поведение материала в процессе деформирования и разрушения.

Деформация – это изменение формы и размеров тела под влиянием воздействия внешних сил или в результате процессов, протекающих в самом теле (например, фазовых превращений, усадки и т. д.). Деформация может быть упругой (исчезающей после снятия нагрузки) и пластической (остающейся после снятия нагрузки). Деформация начинается с упругой стадии; при увеличении нагрузки уп-

ругая деформация переходит в пластическую; при дальнейшем повышении нагрузки происходит разрушение материала.

Внешняя нагрузка, прикладываемая к материалу, может быть:

- статической, что предусматривает медленное и плавное нарастание нагрузки;
- динамической, то есть действующей мгновенно (удар);
- циклической и знакопеременной.

Действующая нагрузка вызывает в твердом теле напряжения. Напряжение – это сила, отнесенная к площади поперечного сечения, МПа:

$$\sigma = P/F, \quad (1.1)$$

где P – сила, МН; F – площадь поперечного сечения, м^2 .

В процессе деформирования площадь поперечного сечения тела изменяется. Если при определении величины напряжения это изменение учитывается, то напряжения называются истинными, а если нет, то условными.

К основным механическим свойствам относятся прочность, пластичность, ударная вязкость и твердость. Механические свойства определяются в ходе механических испытаний. В соответствии с характеру приложения нагрузки, испытания бывают статическими, динамическими и циклическими.

Прочностью называют свойство металла сопротивляться деформации и разрушению. Пластичность – это способность материала получать остаточное изменение формы и размера изделия без разрушения.

Прочностные и пластические характеристики материала определяют при статических испытаниях на растяжение, сжатие, изгиб и кручение. Испытание на растяжение является обязательным для всех материалов. Оно проводится на разрывных машинах типа ГМС-20 на стандартных образцах (ГОСТ 1497–84) (рис. 1).

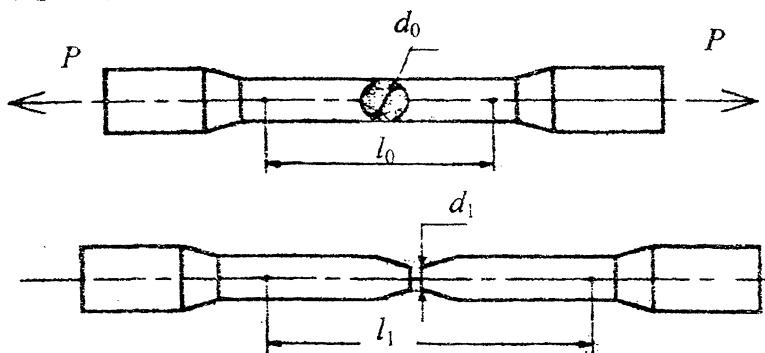


Рис. 1. Форма образцов при испытании на растяжение

При этом вычерчивается диаграмма растяжения в координатах нагрузка P – удлинение Δl (рис. 2), где $\Delta l = l_1 - l_0$.

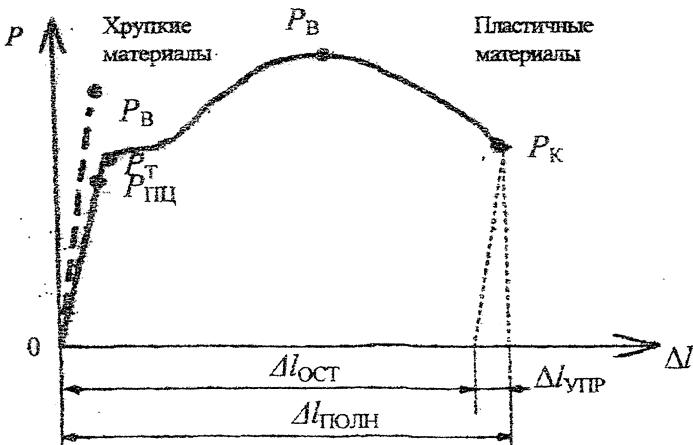


Рис. 2. Диаграмма нагрузка–деформация

На кривой растяжения для пластичных материалов различают несколько участков. Отрезок $OP_{пц}$ соответствует упругой стадии деформации. На этом участке наблюдается прямая пропорциональная зависимость между нагрузкой и деформацией (закон Гука). $P_{пц}$ – наибольшая нагрузка, до которой материал деформируется упруго.

Выше точки $P_{пц}$ прямая пропорциональная зависимость нарушается и начинается пластическая деформация. На горизонтальном участке, соответствующем точке P_B , удлинение происходит при постоянной нагрузке. Этот участок называется площадкой текучести. Этой нагрузке соответствует характеристика прочности, называемая пределом текучести σ_T :

$$\sigma_T = P_T / F_0, \quad (1.2)$$

где F_0 – начальная площадь поперечного сечения образца.

В ходе пластической деформации материал упрочняется, поэтому нагрузка, необходимая для растяжения образца постепенно возрастает, достигая наибольшего значения в точке P_B . Этой нагрузке соответствует напряжение σ_B , называемое пределом прочности или времененным сопротивлением отрыву при растяжении:

$$\sigma_B = P_B / F_0. \quad (1.3)$$

До момента достижения предела прочности удлинение и сужение образца происходит равномерно по всей длине, и образец сохраняет цилиндрическую форму. Начиная с напряжения σ_B , деформация сосредоточивается в одном участке образца, где появляется местное сужение поперечного сечения, так называемая шейка. В шейке образуются зародышевые несплошности, укрупнение которых

приводит к возникновению пор. Сливаясь, поры образуют трещины, которые распространяются в направлении, перпендикулярном оси растяжения, и в некоторый момент образец разрушается (точка P_k).

Характеристиками пластичности, определяемыми при растяжении, являются относительное удлинение и относительное сужение. Относительное удлинение δ – это отношение приращения длины образца после разрыва к первоначальной длине, выраженное в процентах:

$$\delta = \frac{l_1 - l_0}{l_1} 100\%, \quad (1.4)$$

где l_0 – расчетная длина образца, мм;

l_1 – длина образца после разрыва, мм.

Относительное сужение Ψ – это отношение уменьшения площади поперечного сечения образца к начальной площади его поперечного сечения:

$$\Psi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} 100\%, \quad (1.5)$$

где F_0 – начальная площадь поперечного сечения, мм^2 ;

F_1 – площадь поперечного сечения образца в месте разрыва, мм^2 .

Испытания на сжатие (ГОСТ 25.503–80) проводят в основном для хрупких материалов. Одноосное сжатие можно рассматривать как растяжение с обратным знаком. Поэтому расчет напряжений производится аналогично. Испытания проводят на тех же машинах, что и растяжение. Схемы разрушения при испытаниях на сжатие показаны на рис. 3.

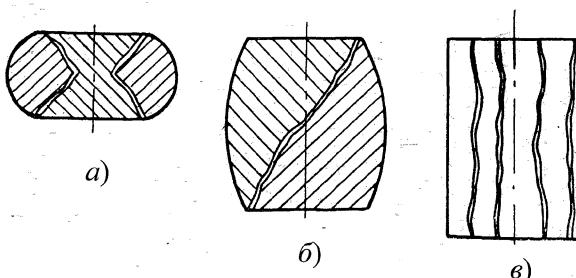


Рис. 3. Схемы разрушения путем среза (а, б) и отрыва (в) при испытаниях на сжатие

В отличие от испытаний на растяжение при сжатии удается разрушить далеко не любой материал. Достаточно пластичные материалы при сжатии расплющиваются в тонкие пластины и не разрушаются при максимально возможных усилиях испытательной машины.

По диаграмме сжатия определяют условные пределы пропорциональности, упругости, текучести и прочности при сжатии. Понятно, что предел прочности не разрушающихся при сжатии материалов определить нельзя.

В результате пластической деформации при сжатии образец укорачивается и уширяется. Поэтому в качестве характеристик пластичности при сжатии определяют относительное укорочение

$$\varepsilon = \frac{h_0 - h_k}{h_0} 100\% \quad (1.6)$$

и относительное уширение

$$\varphi = \frac{F_k - F_0}{F_0} 100\%, \quad (1.7)$$

где h_0 и h_k – начальная и конечная высота образцов, мм;

F_0 и F_k – начальная и конечная площади поперечного сечения, мм^2 .

Прочность при динамических нагрузках определяется по данным испытаний на ударную вязкость, путем разрушения ударом стандартного образца (рис. 4) на копре.

$$\text{KCU} = A_h / F_0, \quad (1.8)$$

где KCU – ударная вязкость, кДж/мм;

A_h – работа, затраченная на разрушение при ударе стандартного образца с надрезом, кДж;

F_0 – площадь образца в месте надреза, мм^2 .

Испытания образцов на ударную вязкость проводят на копрах маятникового типа МК-15.

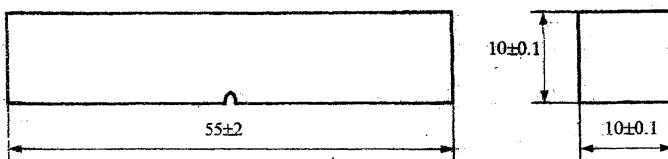


Рис. 4. Стандартный образец для испытания на ударную вязкость

Оборудование и принадлежности

Разрывная машина ГСМ-20, копер маятниковый типа МК-15, штангенциркуль, кернер, образцы для испытания на растяжение и ударную вязкость из конструкционной стали, образцы на сжатие из чугуна.

Порядок проведения работы

1. Перед испытанием на растяжение замерить d_0 – первоначальный диаметр образца (мм).

2. Эмпирически вычислить l_0 по формуле (1.9):

$$L_0 = 11,3 \sqrt{F_0} . \quad (1.9)$$

3. Нанести на испытуемый образец при помощи молотка кернером две точки, ограничивающие расчетную длину образца l_0 , мм.

4. Произвести испытание на разрывной машине, по шкале разрывной машины определить наибольшее усилие P_v , предшествующее разрушению образца.

5. Замерить штангенциркулем l_1 (длину образца после разрушения), сложив разорванный образец, а также диаметр образца в месте разрушения d_1 .

6. Вычислить площади поперечного сечения образца до и после разрушения F_0 и F_1 (мм^2).

7. Вычислить σ_v ($\text{кг}/\text{мм}^2$ и $\text{kN}/\text{мм}^2$) по формуле (1.3).

8. Рассчитать δ и ψ по формулам (1.4) и (1.5).

9. Определить площадь поперечного сечение образца для испытания на ударную вязкость в месте надреза.

10. Разрушить образец на копре и определить работу разрушения A (kДж).

11. Рассчитать ударную вязкость по формуле (1.8).

12. Результаты испытаний занести в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытаний

Мате-риалы	Параметры										
	Диаметр образца, мм		Площадь поперечного сечения, мм^2		Длина образца, мм		P_v , кг	σ_v , $\text{кг}/\text{мм}^2$	δ , %	ψ , %	KCU, $\text{kДж}/\text{мм}^2$
	d_0	d_1	F_0	F_1	l_0	l_1					

13. Составить отчет, содержащий основные определения, рисунки, расчетные формулы, вычисления и выводы.

14. Вычертить с помощью компьютера диаграмму растяжения или сжатия для различных материалов. По диаграммам растяжения и сжатия определить значения σ_t , σ_v , δ , ε , $\Delta l_{\text{упр}}$, $\Delta l_{\text{ост}}$, $\Delta l_{\text{полн}}$.

Лабораторная работа № 2

ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы

Ознакомиться с понятием твердости металла и различиями в способах ее измерения. Ознакомиться с устройством твердомеров Бринелля и Роквелла. Экспериментально определить твердость конструкционной и инструментальной стали различными способами, сравнить полученные значения.

Содержание

Твердость – это свойство металла сопротивляться проникновению в него другого более твердого тела и оно относится к основным механическим свойствам.

Характеристика твердости тесно связана с пределом прочности, поэтому в некоторых случаях производят только испытание на твердость и по ней судят о пределе прочности (для пластичных материалов см. табл. 2)

Приборы испытания на твердость просты, обладают высокой производительностью и не требуют высокой квалификации, могут использоваться непосредственно на рабочем месте.

Наиболее широко применяют следующие способы измерения твердости:

1) вдавливание стального шарика – метод Бринелля – был предложен в 1900 г. (рис. 5);

2) вдавливание алмазного конуса или закаленного шарика $\varnothing 1,59$ мм – метод Роквелла – предложен в 1923 г. (рис. 6);

3) вдавливание четырехгранной алмазной пирамиды – метод Виккерса – предложен в 1925 г.;

4) вдавливание алмазной пирамиды при небольших нагрузках, при определении микротвердости (прибор ПМТ).

Указанные методы стандартизированы во всех государствах мира.

Таблица 2

Примерная зависимость между пределом прочности и твердостью

Наименование сплава	Зависимость между σ_B в кг/мм ² и НВ
1. Сталь твердость 120...175 НВ	$\sigma_B \approx 0,34$ НВ
2. Сталь твердость 175...450 НВ	$\sigma_B \approx 0,35$ НВ
3. Медь, латунь, бронза отожженные	$\sigma_B \approx 0,55$ НВ
4. Медь, латунь, бронза наклепанные	$\sigma_B \approx 0,40$ НВ
5. Алюминий и его сплавы твердостью 20...45 НВ	$\sigma_B \approx 0,33...0,36$ НВ
6. Дуралюмин отожженный	$\sigma_B \approx 0,36$ НВ
7. Дуралюмин после закалки и старения	$\sigma_B \approx 0,35$ НВ

Метод Бринелля применяется для пластичных материалов, путем вдавливания стального закаленного шарика $\varnothing 10; 5; 2,5$ мм в плоскую поверхность (площадка шлифуется на заточном станке) под действием заданной нагрузки в течение определенного времени (от 10 до 60 с) (табл. 3).

Чем тверже металл, тем меньше диаметр отпечатка и выше твердость по Бринеллю. Диаметр измеряется при помощи микроскопа Бринелля, имеющего шкалу с ценой деления 0,1 мм. Твердость по Бринеллю определяется как отношение нагрузки P к сферической поверхности отпечатка и обозначается НВ (2.1).

Таблица 3

Выбор диаметра шарика и нагрузки в зависимости от твердости металлов и толщины испытуемого образца

Материал	Интервал твердости, HB	Минимальная толщина образца, мм	Соотношение нагрузки P и диаметра шарика	Диаметр шарика, мм	Нагрузка P , кг	Выдержка под нагрузкой, с
Черные металлы	>140	6...4	$P=30D^2$	10	3000	10
		4...2		5	750	
		>2		2,5	187,5	
Черные металлы	<140	>6	$P=10D^2$	10	1000	10
		6...3		5	250	
		<3		2,5	62,5	
Цветные металлы	>130	6...3	$P=30D^2$	10	3000	30
		4...2		5	750	
		<2		2,5	187,5	
Цветные металлы	35...130	9...3	$P=10D^2$	10	1000	30
		6...3		5	250	
		<3		2,5	62,5	
Цветные металлы	8...35	6 4...3 <3	$P=2,5D^2$	10 5 2,5	250 62,5 15,6	30

Наиболее распространенным стандартным испытанием являются: нагрузка $P=3000$ кг; \varnothing шарика 10 мм; выдержка 10 с:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}, \quad (2.1)$$

где D – диаметр шарика, мм;

d – диаметр отпечатка, мм;

P – нагрузка на шарик, кг.

В связи с необходимостью автоматизации контроля твердости изделий в условиях серийного и массового производства пользуются определением глубины отпечатка

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi Dh}, \quad (2.2)$$

где h – глубина отпечатка, мм.

В практике, во избежание сложных вычислений твердости для каждого отпечатка, твердость определяется по стандартным таблицам.

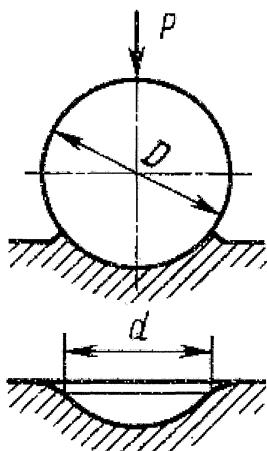


Рис. 5. Схема определения твердости по Бринеллю

Пресс Бринелля (ТШ) состоит из станины, в нижней части которой помещен винт со сменными столиками. Перемещение винта осуществляется вручную маховиком. В верхней части находится шпиндель со сменным наконечником, в котором находится шарик. Нагрузка на образец прикладывается за счет рычажной системы. На плече основного рычага имеется подвеска с грузами (комбинация грузов: 187,5; 250; 750; 1000; 3000 кг). Приложение нагрузки происходит автоматически от электродвигателя после нажатия пусковой кнопки.

Недостатки метода Бринелля:

- 1) испытывают металлы с твердостью не более $HB=450$;
- 2) нельзя измерять твердость поверхностных слоев (после химико-термической обработки);
- 3) на изделиях остаются следы отпечатка шарика.

С метрологической точки зрения, наиболее целесообразным способом измерения твердости по глубине следует считать метод Роквелла, путем вдавливания алмазного или твердосплавного конуса с углом при вершине 120° или стального закаленного шарика $\varnothing 1,59$ мм. За начало отсчета принимается положение наконечника, которое он займет под действием предварительной нагрузки $P_0=10$ кг. Отсчет ведется по шкале индикатора. Основные нагрузки P_1 могут быть 50, 90, 140 кг. Разность глубин проникновения шарика или алмаза $h - h_0$ под нагрузками $P=P_0 + P_1$ и P_0 характеризует твердость. Чем меньше эта разность, тем тверже металл, и наоборот, чем больше эта разность, тем мягче металл.

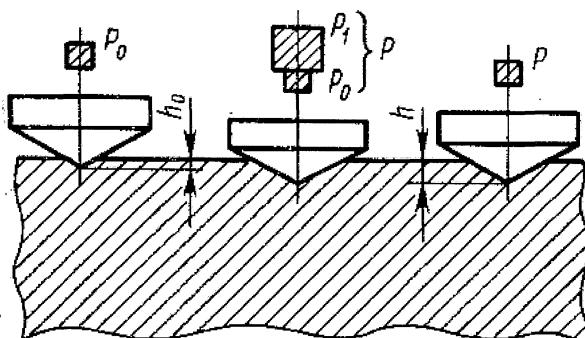


Рис. 6. Схема определения твердости по Роквеллу

Определяют число твердости по Роквеллу

$$HR = \frac{K - (h - h_0)}{C}, \quad (2.3)$$

где h_0 – глубина внедрения наконечника под действием силы P_0 , мм;

h – глубина внедрения наконечника под действием общей нагрузки P , мм;

K – постоянная величина: для шарика $K = 0,26$, для конуса $K = 0,2$;

C – цена деления циферблата индикатора

$$\text{Для шкалы } C - HRC = 100 \frac{h - h_0}{0,002}. \quad (2.4)$$

$$\text{Для шкалы } B - HRB = 130 \frac{h - h_0}{0,002}. \quad (2.5)$$

В нижней части станины установлен винт, вращаемый маховиком, оканчивающийся съемным столиком для помещения исследуемых образцов. В верхней части станины укреплен индикатор, редуктор и шпиндель, в котором устанавливается наконечник с алмазным или твердосплавным конусом или со стальным шариком. Индикатор представляет собой циферблат с двумя стрелками: большой и малой, на котором нанесены две шкалы красная и черная. При испытании шариком отсчет производится по красной шкале B , при испытании конусом (алмазным или твердосплавным) – по черной шкале C . Циферблат разделен на 100 делений, каждое из которых соответствует глубине вдавливания 0,002 мм.

Испытание проводят следующим образом: на стол устанавливают испытываемое изделие и вращением маховика прижимают его к наконечнику до тех пор, пока малая стрелка индикатора не встанет против красной точки, а большая с погрешностью $\pm 0,5$ делений – на ноль шкалы индикатора. Вращением барабана, который связан с циферблатом индикатора тросом, устанавливают ноль шкалы на против конца большой стрелки индикатора.

Плавным нажатием на клавишу включают в работу привод механизма нагружения. После окончания цикла нагружения отсчитывают твердость по шкале индикатора. Вращением маховика против часовой стрелки испытуемое изделие отводят от наконечника и снимают со стола. Для каждой детали рекомендуется провести не менее трех испытаний.

Толщина испытуемого образца должна быть не менее восьмикратной глубины внедрения алмазного конуса или шарика. При проведении испытания необходимо следить, чтобы расстояние центра отпечатка от края образца или центра другого отпечатка при испытании на шкалах A и C было не менее 3 мм, а по шкале B – не менее 4 мм.

В зависимости от твердости материала выбирают нагрузку (табл. 4):

1) алмазным конусом с нагрузкой $P = 60$ кг измеряют твердость твердых сплавов, листового материала, тонких поверхностных слоев, тонких пластинок (черная шкала);

2) стальным шариком $\varnothing 1,59$ мм с $P = 100$ кг (красная шкала) измеряют твердость мягких материалов и изделий толщиной от 0,8 до 2 мм (когда испытание по Бринеллю не может быть выполнено);

3) алмазным конусом с $P = 150$ кг. Измеряют твердость закаленных сталей и твердость закаленных поверхностных слоев (черная шкала).

Таблица 4

Выбор нагрузки и наконечника при испытании на прессе Роквелла

Шкала	Обозначение твердости	Пределы измерения в единицах твердости по Роквеллу	Форма наконечника	Нагрузка P , кг	Число твердости по HV
A	HRA	70...90	Алмазный конус	60	390...900
B	HRB	25...100	Стальной шарик	100	6...240
C	HRC	20...67	Алмазный конус	150	240...900

Измерение твердости вдавливанием четырехгранный пирамиды с углом при вершине 136° , под нагрузкой до 120 кг – метод Виккерса. При испытании получают ромбический отпечаток, у которого измеряют диагонали под микроскопом и по размеру диагонали по формуле или по стандартным таблицам определяют число твердости (HV), применяют для определения твердости тонких слоев полученных после химико-термической обработки.

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2}, \quad (2.6)$$

где P – нагрузка, кг;

d – диагональ отпечатка, мм.

Микротвердость определяют на ПМТ – прибор микротвердости. Вдавливают четырехгранный алмазную пирамидку с углом при вершине 136° под нагрузкой от 2 до 200 г, под микроскопом определяют размер диагонали ромбического отпечатка. Микротвердость определяют по стандартным таблицам либо рассчитывают по той же формуле, что и твердость HV.

Оборудование и принадлежности

Приборы для измерения твердости по методу Бринелля ТШ-2 и Роквелла ТК-2М, микроскоп Бринеля МПБ-2, заточной станок, отожженные образцы сталей 45 и У8, переводная таблица.

Порядок проведения работы

1. Изучить устройство и работу твердомеров.
2. Ознакомить с методикой испытания. Выбрать нагрузку и диаметр шарика при испытании по табл. 3.

3. Произвести измерение твердости на прессе Бринелля, предварительно зачистив на заточном станке площадку на образце.

4. Замерить диаметр отпечатка микроскопом Бринелля и по эмпирической формуле (2.1) определить НВ.

5. По значению диаметра отпечатка определить НВ, с помощью стандартной таблицы сравнить полученное расчетное число НВ с табличным.

6. Произвести измерение твердости на прессе Роквелла твердосплавным конусом при нагрузке $P = 150$ кг.

7. По стандартной таблице твердости HRC перевести в НВ.

8. Результаты испытаний занести в табл. 5.

9. По твердости НВ подсчитать σ_b по табл. 2.

10. Составить отчет, содержащий основные определения, рисунки, расчетные формулы и выводы.

Таблица 5

Результаты испытаний

Материал	Твердость по Бринеллю					Твердость по Роквеллу									
	\varnothing шарика, мм	P , кг	\varnothing отпечатка, мм			НВ табл.	НВ расчет.	P , кг	Шкала	Замеры твердости HRC			Среднее значение	σ_b , кг/мм ²	
			d_1	d_2	d_3					1	2	3			

Лабораторная работа № 3

ИСПЫТАНИЕ СВОЙСТВ ФОРМОВОЧНЫХ И СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

Цель работы

Изучение приборов, применяемых для испытания свойств песков формовочных и стержневых смесей. Определение основных свойств смесей на приборах.

Содержание

Главными составляющими формовочной смеси являются песок, глина, оботенная смесь и специальные добавки.

Основные требования, предъявляемые к формовочной смеси, это достаточная прочность, пластичность, огнеупорность, податливость, противопригарность, долговечность.

Пластичностью называется способность формовочной смеси изменять свою форму под действием внешних усилий и сохранять эту форму. Благодаря пластичности, формовочная смесь точно воспроизводит отпечаток модели. С увеличением влажности (до 8 %) и количества глины, а также с уменьшением величины зерен песка, пластичность увеличивается.

Прочностью называется способность формовочной смеси сохранять приданную форму при воздействии внешних нагрузок, не разрушаясь. При достаточной прочности форма не разрушается при толчках во время сборки, транспортировки, при заливке жидким металлом, под воздействием давления газа, выделяющегося из формы. С увеличением количества глины, связующих материалов (крепителей) и влажности (до известного предела) прочность повышается.

Газопроницаемостью называется способность формовочной смеси пропускать сквозь себя газы. Газопроницаемость возрастает с увеличением размеров зерен песка, с уменьшением количества глины, степени уплотнения. Влажность ухудшает газопроницаемость, так как излишек воды заполняет поры, а испарение воды увеличивает количество газов. Смеси, обладающие низкой газопроницаемостью, являются причиной образования в отливках газовых раковин.

Огнеупорностью называют способность смеси сопротивляться размягчению и расплавлению под действием высокой температуры металла. Огнеупорность зависит от качества песка и глины.

Податливостью называется способность смеси сжиматься под действием усилий, образующихся при усадке металла в период охлаждения. Податливость улучшается при применении в составе формовочной смеси крупного песка и ухудшается с увеличением количества глины. Для улучшения податливости в смесь могут вводиться специальные добавки, например, древесные опилки.

Противопригарностью называется способность смеси не спекаться с расплавленным металлом и не образовывать на поверхности отливки стекловидную корку, затрудняющую механическую обработку режущим инструментом. Противопригарность повышает чистый кварцевый песок.

Долговечностью называется свойство смеси сохранять свои свойства при повторных заливках. Высокие температуры жидкого металла вызывают растрескивание песка, обезвоживание глины, что вызывает потерю смесью пластичности и прочности; образуется зора от сгоревших добавок и крепителей, что ухудшает огнеупорность и газопроницаемость смеси. Для восстановления утраченных рабочих свойств в обратную смесь добавляют свежие материалы (песок и глину). Свойства формовочных и стержневых смесей определяются типом и материалом отливки.

Формовочные и стержневые смеси приготавливаются в смесителях или бегунах. Сначала загружаются сухие материалы (песок и оборотная смесь), перемешиваются в течение 5...10 минут, затем загружается глина и все перемешивается еще 1...2 минуты, потом вода. После перемешивания в течение 10 минут готовую смесь высыпают в тару.

Стержневые смеси, ввиду тяжелых условий работы, должны обладать более высокими газопроницаемостью, прочностью, более низкой газотворной способностью и должны обеспечивать хорошую выбиваемость стержней после получения отливки. Стержневые смеси изготавливают из кварцевых песков и связующих материалов, в качестве которых чаще всего используются: сульфитно-спиртовая

барда, декстрин, натуральная олифа, органические смолы, жидкое стекло и другие материалы.

Исходные материалы, поступающие на завод, подлежат обязательным стандартным испытаниям. Для кварцевых песков: определение влажности, количества глинистых составляющих, зерновой структуры. Для приготовленных формовочных и стержневых смесей производят технологические испытания: определение газопроницаемости, прочности на сжатие и растяжение, осипаемости, текучести, формуемости, газотворной способности и др.

1. Определение влажности

В высушенную и взвешенную чашку диаметром 60...80 мм помещают навеску песка. Песок или смесь необходимо распределить в чашке слоем одинаковой толщины. Далее чашка устанавливается на столик прибора 062 либо в сушильный шкаф. Температура сушки 105...110 °C, время сушки 10 минут. После высушивания чашку с навеской взвешивают.

Влажность W вычисляют по формуле

$$W = \frac{M - M_1}{M} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

где M – масса навески песка до высушивания, г;

M_1 – масса навески песка после высушивания, г.

2. Определение количества глинистых веществ методом отмучивания

Навеску песка массой $50 \pm 0,01$ г, высушенного при 105...110 °C, высыпать в банку емкостью 1000 мл и диаметром 90...110 мм (рис. 7). В банку налить 475 мл воды и 25 мл однопроцентного раствора едкого натра. Банку закрыть резиновой пробкой, зажать между чашками крестовин прибора 021 и взбалтывать в течение часа. После взбалтывания банку с прибора снять, открыть пробку и песок, приставший к пробке, смыть обратно в банку. Долить воды в банку до отметки 150 мм (выше дна), содержимое энергично взболтать вручную и дать отстояться в течение 10 минут. Потом воду из банки слить с помощью сифона до уровня 25 мм от дна банки. Наполнить снова банку водой до уровня 150 мм, взболтать и после 10-минутного отстаивания слить воду при помощи сифона, опускаемого на ту же глубину. Налить воду в банку в третий раз, опять взболтать и по истечении 5-минутного отстаивания снова слить воду до той же высоты. Операцию наполнения, взбалтывания, отстаивания и удаления воды сифоном повторять до тех пор пока вода в банке после очередного 5-минутного отстаивания не станет совершенно прозрачной, что свидетельствует о полном удалении глинистой составляющей.

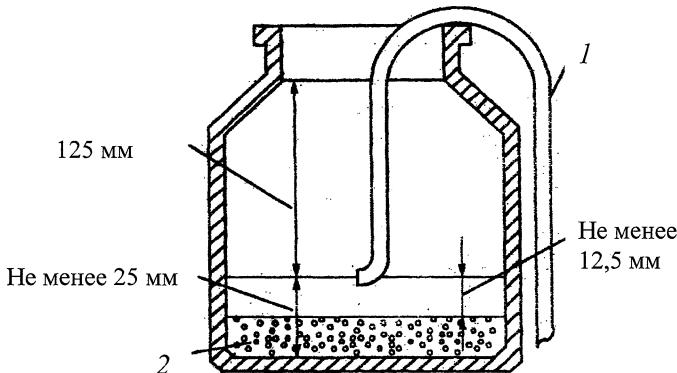


Рис. 7. Схема установки для слива воды из банки:
1 – сифон; 2 – осадок

Зерна песка, оставшиеся в банке, переносятся в фарфоровую чашку, после отстаивания воды осторожно сливают, а песок высушивают до постоянной массы при 105...110° С. Иногда после сушки песок прокаливают в муфельной печи в течение 2 часов для удаления органических примесей.

Высушенный осадок взвешивают с точностью до 0,01 г. Количество глинистой составляющей в исследуемом песке вычисляется по следующей формуле:

$$\Gamma = \frac{M - M_1}{M} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

где M – первоначальная масса навески, г;

M_1 – масса осадка, г.

3. Определение зернового состава песков

Под зерновым составом песка понимается распределение частиц по крупности. Количество зерен, попадающих по своим размерам в определенный интервал, называется фракцией. Фракции с поперечным размером частиц более 0,02 мм относятся к песчаной основе. Определение зерновой структуры песков производится рассевом на ситах.

Собрать сита в последовательности, указанной в табл. 6, под нижнее сито установить тазик

Таблица 6

Набор сит для рассева песков

Номера сит	2,5	1,6	1	063	04	0315	02	016	01	0063	005
Размер стороны ячейки, мм	2,50	1,60	1,00	0,63	0,40	0,315	0,20	0,16	0,10	0,063	0,05

Снять крышку со стопки сит и на верхнее сито 2,5 насыпать 50 г просушенного песка, оставшегося после отмучивания глинистой составляющей.

Накрыть стопку сит крышкой, поставить собранную стопку на поддон прибора и накрыть верхней крышкой. Рассев производят в течение 15 минут, после чего освобождают стопку сит и снимают ее с поддона. Остатки на каждом сите высыпают на глянцевую бумагу, прочищая сито с обоих сторон мягкой кисточкой. Каждый из остатков взвешивают с точностью до 0,01 г. Результаты заносятся в табл. 7.

Зерна, оставшиеся в преобладающем количестве на трех смежных ситах составляют основную фракцию. Номер сита, на котором осталось больше песка, является маркой. Если на предшествующем ему сите больше песка, чем на последующем, то песок маркируется буквой *A*, если наоборот – буквой *B*.

4. Технологические испытания

Технологические испытания формовочных и стержневых смесей состоят в определении прочности на сжатие, растяжение и газопроницаемости. Испытания производятся на стандартных образцах.

Для испытания на сжатие и газопроницаемость образцы должны иметь диаметр $50 \pm 0,8$ мм и массу около 170 г. Образцы изготавливают в металлической гильзе диаметром 50 мм и высотой 120 мм, уплотняя смесь троекратным ударом бойка лабораторного копра модели 030М. Для чего необходимо вставить гильзу в чашку, засыпать в нее необходимое количество смеси, левой рукояткой копра поднять вверх груз вместе со штоком, установить гильзу вместе с чашкой в станцию копра, медленно, без удара, опустить боек штока в гильзу до соприкосновения его со смесью, вращением правой рукоятки произвести уплотнение образца тремя ударами бойка копра. Для испытания на газопроницаемость образец из гильз не извлекается, а для испытания на сжатие образец извлекается при помощи выталкивателя.

Для определения прочности при растяжении применяют образцы, имеющие форму восьмерки. Стандартные образцы-восьмерки изготавливают путем уплотнения смеси в стержневом ящике модели 037М троекратным ударом бойка лабораторного копра. Порядок изготовления образцов следующий. Собрать стержневой ящик, равномерно насыпать в ящик формовочную смесь, не допуская предварительного уплотнения, и чтобы поверхность ее была горизонтальной, собранный ящик установить в гнездо копра, плавно опустить груз и произвести уплотнение образца. Перед извлечением готового образца необходимо срезать излишки смеси вставляя нож в зазор между нижней и верхней частью стержневого ящика, после чего высота образца становится $25 \pm 0,28$ мм.

Для определения газопроницаемости применяют прибор модели 042. Схематическое устройство прибора показано на рис. 8.

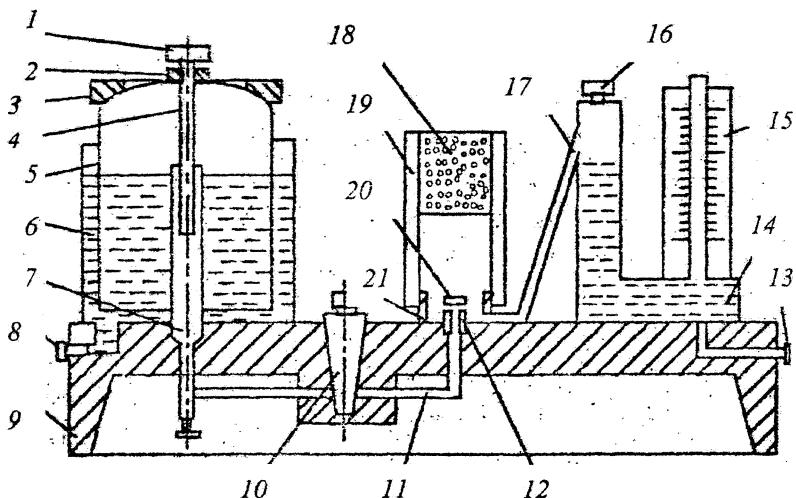


Рис. 8. Схема прибора модели 042 для определения газопроницаемости смеси:

1 – рукоятка; 2, 3 – грузы; 4 – трубка; 5 – колокол; 6 – бак; 7 – труба; 8 – пробка; 9 – основание; 10 – трехходовой кран; 11 – воздухопровод; 12 – ниппель; 13 – сливной канал; 14 – манометр; 15 – шкала манометра; 16 – отверстие для заливки воды; 17 – воздухопровод; 18 – стандартный образец; 19 – гильза; 20 – крышка ниппеля; 21 – седло гильзы

На чугунном основании 9 укреплен бак 6 с трубой 7. Внутри бака перемещается колокол 5. Колокол имеет трубку 4 и ручку 1. При опускании колокола в бак трубка 5 входит в трубку 7. На поверхности колокола имеются отметки «2000», «1000», «0» и «Х». Сверху колокола 5 лежит съемный груз 3, утяжеляющий колокол. Для более точного регулирования массы колокола на верхней части его части устанавливаются грузы 2. До начала испытаний в бак 6 наливается вода и в нее отпускается колокол 5. Находящийся в колоколе воздух через отверстие в трубке 4, а далее через трубы 4 и 7 и трехходовой кран 10 поступает в гильзу 19 с образцом 18, закрепленную в седле затвора 21. Кран 10 регулирует истечение воздуха:

- при положении крана «Закрыто» воздух из-под колокола не выходит;
- при положении крана «Открыто» воздух выпускается из прибора в атмосферу;
- при положении крана «Испытание» воздух направляется через воздухопровод 11 под гильзу с образцом, помещенную в седле затвора 21.

В седле затвора на конце воздухопровода имеется резьба, в которую вворачивается калиброванный ниппель 12 с отверстием $\varnothing 0,5$ мм или ниппель с отверстием $\varnothing 1,5$ мм. Во избежание засорения ниппеля он покрывается крышкой 20, имеющей отверстия для прохождения воздуха.

Полость в седле затвора под испытуемым образцом (между стенками гильзы 19) соединена воздухопроводом 17 с манометром 14. Вода выпускается из бачка манометра через наружное отверстие 13. Величина давления под испытуемым образцом фиксируется при помощи шкалы 15. Установка прибора в горизонтальное положение производится при помощи трех установочных винтов.

Для подготовки прибора к испытаниям необходимо:

1. При помощи установочных винтов отрегулировать по уровню горизонтальное положение прибора.

2. Налить воду в бак до уровня на 120 мм ниже верхней его кромки.

3. Налить воду в манометр до отметки «0» на шкале.

4. Отрегулировать положение колокола – поставить положение «Закрыто» и плавно опустить колокол в бак, при этом верхняя кромка бака должна находиться против отметки «Х» на колоколе, что достигается изменением уровня воды в баке.

5. Отрегулировать массу колокола, отпущеного в бак, при закрытом кране 10. Поставить пустую гильзу, отверстие гильзы закрыть пробкой и поставить кран 10 в положение «Испытание», при этом на манометре должно быть давление 10 см. водного столба, что достигается снятием или добавлением дополнительных грузов.

6. Проверить калиброванные ниппели. Надеть на конец воздухопровода ниппель с отверстием $\varnothing 0,5$ мм и поставить кран в положение «Испытание», продолжительность опускания колокола от отметки «0» до отметки «2000» должна быть равна 4,5 минуты.

7. Поставить кран в положение «Открыто» (колокол при этом опустится до дна бака), и прибор готов к испытанию.

Газопроницаемость определяется нормальным (без груза и ниппеля) и ускоренным методом с грузом на колоколе и ниппелем.

Нормальный метод

При испытании по нормальному методу измеряют время, необходимое для пропускания через образец 2000 см³ воздуха. При этом регистрируется давление воздуха под образцом при помощи манометра.

Испытание производится в следующей последовательности:

1. Поставить кран в положение «Открыто», плавно поднять колокол от отметки «Х», после чего поставить кран в положение «Закрыто».

2. Установить гильзу с образцом.

3. Поставить кран в положение «Испытание» и в момент прохождения колоколом отметки «0» пустить секундомер.

4. При прохождении колокол отметки «1000» зафиксировать показания манометра. А в момент перехода колоколом отметки «2000» остановить секундомер.

5. Определить газопроницаемость по формуле

$$K = \frac{Vh}{f Pt} = \frac{2000 \cdot 5}{3,14 \left(\frac{5}{2} \right) Pt} = \frac{509,5}{Pt}, \quad (3.3)$$

где V – объем воздуха, прошедший через образец, см³;

h – высота образца, см;

f – площадь поперечного сечения образца, см²;

P – давление воздуха под образцом, см. водного столба;

t – время прохождения V см³ воздуха через образец, минут.

Следует отметить, что газопроницаемость принято обозначать без указания размерности.

Ускоренный метод

При ускоренном методе определения газопроницаемости испытание производится с грузом и с добавочным сопротивлением – ниппелем с отверстием Ø 1,5 мм или 0,5 мм.

Ниппель с отверстием Ø 1,5 мм применяют только при испытании материалов с газопроницаемостью более 49 единиц, а с отверстием Ø 0,5 мм – при испытании материалов с газопроницаемостью менее 49 единиц. Для определения газопроницаемости следует:

1. Плавно поднять колокол до отметки «Х» и поставить кран в положение «Закрыто».

2. Надеть гильзу с заформованным в ней образцом на резиновую пробку затвора.

3. Поставить кран в положение «Испытание» и при опускании колокола зафиксировать показания манометра. Величину газопроницаемости определить по таблице, закрепленной на баке. При отсутствии таблицы газопроницаемость подсчитывается по формулам:

– для ниппеля с отверстием Ø 1,5 мм:

$$K_{1,5} = 322 \frac{\sqrt{10 - P}}{P}; \quad (3.4)$$

– для ниппеля с отверстием Ø 0,5 мм:

$$K_{0,5} = 35,8 \frac{\sqrt{10 - P}}{P}, \quad (3.5)$$

где P – давление по манометру, см водного столба.

Оборудование и принадлежности

Бегуны лабораторные, прибор модели 062 для определения влажности, сушильный шкаф, прибор модели 021 для определения глинистой составляющей, бутыль емкостью 500 мл, весы лабораторные, сифонная трубка, прибор модели 029 с набором сит, прибор модели 042 для определения газопроницаемости смеси, прибор модели 083 для определения прочности, тигель фарфоровый, кисть мягкая, тара, раствор едкого натра, формовочные пески, глина, связующие, вода.

Порядок выполнения работы

1. Определить влажность песка.
2. Определить количество глинистых веществ.
3. Определить зерновой состав песка оставшегося после определения количества глинистых веществ, данные занести в табл. 7.
4. Определить марку песка.
5. Результаты испытаний занести в табл. 8.

Таблица 7

Результаты испытаний

Номер сита	2,5	1,6	1	0,63	04	0315	02	016	01	0063	005	Тазик
Остаток	г											

Таблица 8

Результаты испытаний

№ п/п	Наименование месторождения	Влажность, %	Количество глинистых веществ, %	Марка песка

6. Приготовить формовочную и стержневую смеси, составы которых занести в табл. 9.

Таблица 9

Результаты испытаний

Смесь	Оборотная смесь	Песок, %		Глина, %	Связующие, %		Вода
		Кичигинский	Нижнеустьинский		ССБ	СКТ	

7. Изготовить стандартные образцы и определить прочность смеси на сжатие в сыром состоянии, прочность на растяжение в сухом состоянии и газопроницаемость. Результаты занести в табл. 10.

8. Составить отчет, содержащий основные определения, расчетные формулы, таблицы и выводы.

Таблица 10

Результаты испытания формовочной смеси

№ образца	Предел прочности на сжатие, кг/см ²	Предел прочности при растяжении σ_b , кг/см ²	Газопроницаемость	
			эксперимент	расчетная

Лабораторная работа № 4

ФОРМОВКА В ОПОКАХ И ЗАЛИВКА ФОРМ РАСПЛАВЛЕННЫМ МЕТАЛЛОМ

Цель работы

Приобретение практических навыков формовки. Приобретение практических навыков заливки металла в формы.

Содержание

Изготовление разовых форм с плоской поверхностью разъема по моделям в парных опоках – этот способ изготовления форм широко применяется при изготовлении отливок в любых условиях производства от единичного до массового. Полуформы при сборке сопрягаются по плоскости разъема опок. Модели по своей конструкции могут быть как цельными, так и разъемными. В условиях единичного производства, когда модель не закрепляется на модельной плите, изготовление форм производится в следующей последовательности:

1. Подготовить рабочее место к формовке (укладка подмодельной доски на верстак, установка опоки и модели на подмодельную доску).

2. Изготовление нижней полуформы. Установка модели или нижней ее части на подмодельную плиту, установка нижней опоки плоскостью разъема на плиту. Модель припывивается тальком. Далее опоку наполняют формовочной смесью и уплотняют ее. Уплотнение идет слоями: наполнить примерно 50 мм смеси и тщательно уплотнить ее заостренным концом трамбовки. Каждый последующий слой уплотнять вначале заостренным концом ручной трамбовкой, а последние слои – плоским. Набивка должна отвечать следующим требованиям: утрамбованная смесь не должна размываться или разрушаться струей металла и должна выдерживать динамическую нагрузку при заливке формы; набивка должна быть равномерной.

Хорошая плотность и газопроницаемость достигаются применением различных по форме трамбовок (плоских или круглых), правильным нанесением и укладкой смеси.

3. Произвести наколы для улучшения газопроницаемости формы. Образованные каналы должны выходить на поверхность разъема формы. В нижней части формы необходимо делать больше наколов чем в верхней части. Расстояние между вентиляционными каналами принимается равным 35...45 мм, а от модели 10...15 мм. Каналы, находящиеся около модели, делаются диаметром 1,5...3,0 мм, а вне ее и направленные параллельно поверхности формы – диаметром 6...10 мм.

4. Изготовление верхней полуформы. Опоку вместе с подмодельным щитком перевернуть на 180°, снять подмодельный щиток и установить вторую половину модели. Модель припывивается, устанавливается опока, заполняется смесью, уплотняется и накалывается, после чего опоки разнимают и вынимают модель. Вынимают модель при помощи подъема, осторожно постукивая деревянным молотком по ней. Точность разъема обеспечивается направляющими штырями опок.

5. Прорезать литниковые каналы (при ручной формовке такие элементы литниковой системы, как литниковая чаша, шлакоуловитель, питатели изготавливают подрезкой ланцетами).

6. При необходимости повреждения формы исправляются при помощи гладилок. Полость формы продувают для удаления осыпавшейся формовочной смеси, устанавливают стержни и накрывают нижнюю полуформу верхней, после чего форма готова к заливке.

7. Перед заливкой сверху на форму накладывают груз, чтобы под действием гидростатического давления жидкого металла не подняло верхнюю полуформу в металле не вытек по разъему.

8. Заливка форм производится из переносного ручного ковша. Носок ковша должен находиться на незначительном расстоянии от литниковой чаши. Струя металла должна быть сильная и ровная, без прерываний. Большое влияние на качество отливки оказывает температура заливаемого металла: металл должен быть перегрет выше температуры плавления для улучшения его жидкотекучести. Но при сильном перегреве в отливке могут появиться усадочные раковины и пригар на поверхности, а недогретый металл не заполнит мелкие детали в полости формы.

9. Охладить отливку и выбить ее из формы.

Инструменты и материалы

Бегуны лабораторные, шахтная муфельная печь типа СШОЛ, верстак, заливочный ковш, опоки, модель, подмодельный щиток, трамбовка ручная, душник, подъемы, деревянная киянка, формовочные пески, глина, припилы, готовые стержни, металл для заливки литьейной формы, защитные средства по технике безопасности.

Порядок проведения работы

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности.
2. Приготовить в бегунах формовочную смесь следующего состава: кварцевый песок – 96 %, глина формовочная – 2 %, вода – 2 %.
3. Изготовить литьевую форму.
4. Привести химический состав используемого сплава, его температуру плавления и температуру заливки в табл. 11.

Таблица 11

Результаты испытаний

Марка сплава	Химический состав, %	Масса шихты, кг	Масса отливок, кг	Масса литниковой системы	Потери		$t_{\text{пл}}$, °C	$t_{\text{зад}}$, °C
					угар	прибыль		

5. Расплавить металл и залить форму.
6. Охладить отливку и выбить ее из формы.
7. Изготовить технический рисунок получившейся отливки, а также ее чертеж в 2-х проекциях.

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Цель работы

Исследовать влияние холодной и горячей обработки давлением и рекристаллизационного отжига на структуру и свойства металлов.

Содержание

При пластической деформации изменение формы и размеров, вызванное действием внешних сил, сохраняется и после прекращения действия этих сил. Это связано с тем, что при пластической деформации атомы смещаются относительно друг друга на расстояния, превышающие межатомные, и после снятия внешнего воздействия атомы не возвращаются на свои исходные места, а занимают новые равновесные положения.

Смещения атомов в новые положения равновесия происходят в определенных параллельных атомных плоскостях без изменения расстояния между этими плоскостями. При этом плотность металла не меняется, то есть деформация не нарушает его сплошности. Плоскостями, в которых происходит смещение атомов, являются плоскости с наиболее плотным размещением атомов (плоскости скольжения). Результатом этого является сдвиг одной части кристалла относительно другой. В реальных металлах всегда имеются дефекты внутреннего строения (дислокации), которые облегчают процесс скольжения.

Изменение кристаллической структуры вызывает изменение механических и физико-химических свойств металлов. Эти изменения определяются температурными условиями деформирования, в зависимости от чего различают холодную и горячую пластическую деформацию.

Холодной называется деформация, проводимая при температурах ниже некоторой, называемой температурой рекристаллизации. При холодной деформации наблюдается изменение формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного деформирования. Такая зернистая структура называется волокнистой (рис. 9).

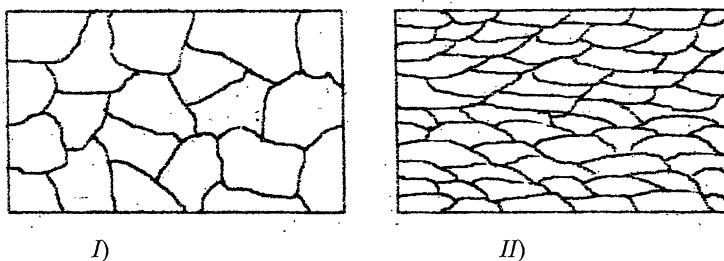


Рис. 9. Микроструктура металла:
I) до деформации; II) после деформации

Искажение кристаллической решетки при пластическом деформировании и возникновение при этом остаточных напряжений затрудняет процесс дальнейшего деформирования. Это приводит к увеличению прочности, твердости, электросопротивления, химической активности, при одновременном уменьшении пластичности, ударной вязкости, магнитной проницаемости. Совокупность изменения механических и физико-химических свойств в ходе пластической деформации называется *наклепом*. Состояние наклела является термодинамически нестабильным и с течением времени в металле происходят процессы, стремящиеся вернуть металл в стабильное состояние. При комнатной температуре эти процессы протекают крайне медленно из-за малой подвижности атомов. Повышение температуры увеличивает диффузионную подвижность атомов и ускоряет процессы.

При температурах нагрева ниже температуры рекристаллизации наблюдается явление, называемое возвратом. В процессе возврата форма и размеры деформированных вытянутых зерен не изменяются, но частично снимаются остаточные напряжения. Это влияет на некоторые физико-химические свойства (повышается электропроводность, сопротивление коррозии), но практически не оказывает влияния на механические свойства, то есть наклел на этой стадии сохраняется. При нагреве деформированного металла до температур выше температуры рекристаллизации происходит внутренняя перестройка металла, в ходе которой в стыках деформированных вытянутых зерен образуются и растут новые равноосные зерна, заменяющие собой деформированные. Это явление называется рекристаллизацией. Рекристаллизация протекает с определенной скоростью, причем эта скорость тем больше, чем температура нагрева выше температуры рекристаллизации. При этом полностью восстанавливаются исходные свойства металла, устраняется упрочнение, полученное в процессе деформирования, то есть снимается наклел (рис. 10).

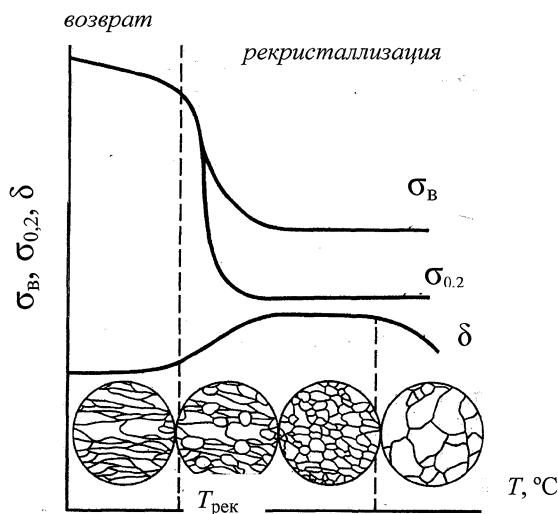


Рис. 10. Влияние нагрева на механические свойства и изменение структуры деформационно-упрочненного металла

Температура начала рекристаллизации определяется формулой Бочвара:

$$T_{\text{рек}} = 0,4 T_{\text{пл}} \text{ } ^{\circ}\text{K} \quad \text{для чистых металлов} \quad (5.1)$$

$$T_{\text{рек}} = 0,5 T_{\text{пл}} \text{ } ^{\circ}\text{K} \quad \text{для технически чистых металлов} \quad (5.2)$$

$$T_{\text{рек}} = 0,6 T_{\text{пл}} \text{ } ^{\circ}\text{K} \quad \text{для сплавов} \quad (5.3)$$

где $T_{\text{пл}}$ – температура плавления металла или сплава, $\text{ } ^{\circ}\text{K}$.

Нагрев металлов и сплавов выше $T_{\text{рек}}$ с целью снижения сопротивления деформации и повышения пластичности и вязкости называется рекристаллизационным отжигом.

Горячей деформацией называют такую, которая проводится при температурах выше температуры рекристаллизации. При достаточно высоких температурах она не сопровождается упрочнением, так как процесс рекристаллизации протекает достаточно быстро и успевает пройти снятие наклена.

Если металл по окончанию деформирования имеет не полностью рекристаллизованную структуру, со следами упрочнения, то такая деформация называется не-полной горячей или теплой. Такая деформация дает неоднородную структуру и низкие механические свойства, и обычно нежелательна.

Поскольку сопротивление деформации при горячем деформировании примерно в 10 раз меньше, чем при холодном, большинство металлов обрабатываются давлением в нагретом состоянии. Особенно это касается изготовления крупных деталей и изделий из труднодеформируемых малопластичных металлов и сплавов.

Оборудование и принадлежности

Прибор для измерения твердости по методу Роквелла ТК-2 М, муфельная печь СНОЛ, заточной станок, штангенциркуль, микрометр, молоток, образцы из олова, свинца, алюминия и меди.

Порядок проведения работы

1. Изучить процесс пластической деформации.
2. Подсчитать T_p по формуле (5.2) для исследуемых металлов.
3. Замерить толщину медного образца.
4. Определить твердость HRB медного образца.
5. Произвести осадку образца.
6. Замерить толщину деформированного медного образца.
7. Рассчитать относительную степень деформации по формуле

$$\frac{h_0 - h_1}{h_0} \cdot 100 \text{ \%}, \quad (5.3)$$

где h_0 – толщина образца до деформации, мм;

h_1 – толщина образца после деформации, мм.

8. Определить твердость HRB деформированного образца.

9. Сделать вывод, какая обработка давлением для выше указанных металлов была при комнатной температуре.
10. Произвести рекристаллизационный отжиг медного образца.
11. Определить твердость HRB после отжига.
12. Данные испытаний и расчетов занести в табл. 12.
13. Составить отчет, содержащий основные определения, рисунки, расчетные формулы и выводы.

Таблица 12

Результаты испытаний

Металл	$t_{пл}$, °C	$t_{рек}$, °C	Вид обработки при комнатной температуре	Твердость, HRB		
				до деформации	после деформации	после отжига

Лабораторная работа № 6

РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА

Цель работы

Изучить сущность способа ручной сварки плавящимся электродом, применяемое оборудование, типы сварных соединений и формы разделки кромок деталей. Произвести расчет и выбор основных параметров ручной дуговой сварки.

Содержание

Источником теплоты при дуговой сварке является электрическая дуга, которая горит между двумя электродами. При применении постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярностях. В первом случае электрод подключается к отрицательному полюсу и служит катодом, во втором – к положительному и служит анодом.

Дуга – мощный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металла. Ионизация дугового промежутка происходит во время зажигания дуги и непрерывно поддерживается в процессе ее горения.

Электрическая дуга – концентрированный источник теплоты с очень высокой температурой. Температура столба дуги достигает 6000...7000° С. Полная тепловая мощность дуги

$$Q = K \cdot I_{св} \cdot U_d, \quad (\text{Дж/с}) \quad (6.1)$$

где K – коэффициент несинусоидальности напряжения и тока (для постоянного тока равен единице, для переменного тока 0,7...0,97);

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

U_d – напряжение дуги, В.

Часть мощности дуги теряется в результате теплоотдачи в окружающую среду, а часть ее мощности, расходуемая на нагрев заготовки, называется эффективной тепловой мощностью сварочной дуги

$$q = \eta \cdot Q, \quad (\text{Дж/с}) \quad (6.2)$$

где η – кпд дуги, зависящий от способа сварки, вида и состава сварочных материалов (для сварной сварки покрытием электродом $\eta = 0,8$).

Электрические свойства дуги описываются статической вольтамперной характеристикой, представляющей зависимость между напряжением и током дуги в состоянии устойчивого горения (рис. 11).

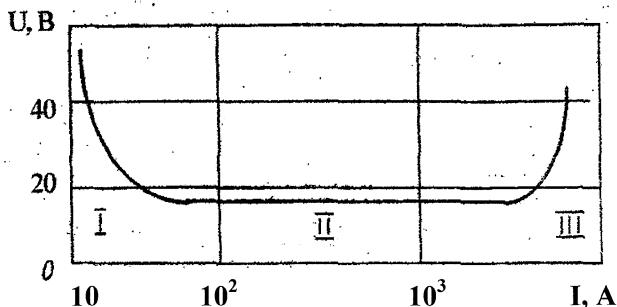


Рис. 11. Статическая вольтамперная характеристика дуги

Характеристика состоит из трех участков: I – падающая, II – жесткая, III – возрастающая. При ручной дуговой сварке применяется дуга с жесткой характеристикой, когда напряжение практически не зависит от тока.

У дуги с жесткой характеристикой напряжение $U_d (B)$ пропорционально ее длине L_d

$$U_d = \alpha + \beta \cdot L_d, \quad (6.3)$$

где α и β – опытные коэффициенты, зависящие от рода металла, покрытия и других факторов (для стальных электродов $\alpha = 10 \dots 12$ В; $\beta = 2 \dots 3$ В/мм).

Из приведенной зависимости следует, что для сохранения напряжения дуги необходимо поддерживать постоянную длину дуги. Длина дуги 2...4 мм – короткая, 4...6 мм – нормальная, свыше 6 мм – длинная. Обычно для устойчивого горения длина дуги должна быть 0,6...0,8 от диаметра электрода, то есть сварка должна производиться короткой дугой.

В зависимости от толщины металла выбирают формы разделки кромок (с отбортовкой,стыковая, V-образная, U-образная, X-образная) и диаметр электрода.

Таблица 13

Выбор диаметра электрода

Толщина свариваемой детали, мм	1...5	6...8	Свыше 10
Диаметр электрода, мм	1...3	4...5	6...8

Сварочный ток можно определить по формуле

$$I_{\text{св}} = \kappa \cdot d_{\text{зп}}, \quad (\text{A}) \quad (6.4)$$

где $d_{\text{зп}}$ – диаметр электрода, мм;

κ – коэффициент, зависящий от рода металла и способа сварки (для малоуглеродистых сталей $\kappa = 60 \text{ A/mm}$ при нижней сварке, $\kappa = 30 \text{ A/mm}$ при верхней сварке; для легированных сталей $\kappa = 35 \dots 65 \text{ A/mm}$).

При толщине свариваемого металла менее $1,5 d_{\text{зп}}$ силу тока следует уменьшить на 10...15 %, при толщине более $3d_{\text{зп}}$ увеличить на 10...15 %.

Ручная сварка производится сварочными электродами, подача которых в дугу и перемещение вдоль заготовки выполняется рукой сварщика. Для удержания электрода и подвода к нему тока сварщик пользуется электрододержателем. Для защиты от светового и ультрафиолетового излучения дуги лицо сварщика закрывается предохранительным щитком, а тело и руки – брезентовой спецодеждой и рукавицами. Рабочее место сварщика помещается в специальной сварочной кабине. Схема процесса сварки покрытым металлическим электродом показана на рис. 12.

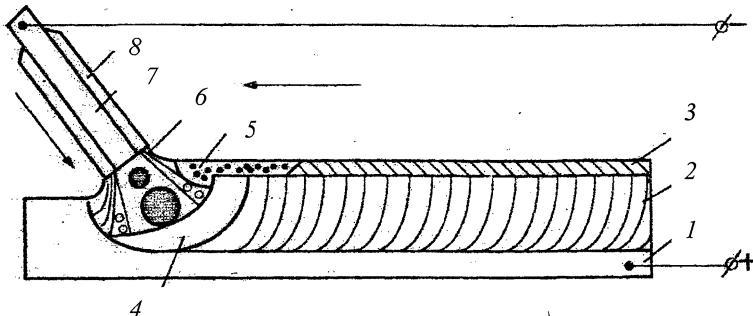


Рис. 12. Схема процесса сварки покрытым металлическим электродом:

- 1 – основной металл; 2 – сварочный шов; 3 – шлаковая корка;
- 4 – сварочная ванна; 5 – жидкий шлак; 6 – защитная атмосфера;
- 7 – стержень электрода; 8 – покрытие электрода.

Дуга горит между стержнем электрода 7 и основным металлом 1. Стержень электрода плавится и расплавленный металл каплями стекает в сварочную ванну 4. Вместе со стержнем плавится и покрытие электрода 8, образуя газовую защитную атмосферу 6 вокруг дуги и жидкую шлаковую ванну 5 на поверхности расплавленного металла. По мере движения дуги происходит затвердевание свароч-

ной ванны и образование сварочного шва 2. Жидкий шлак, по мере остывания, образует на поверхности шва твердую шлаковую корку 3.

В перегретой сварочной ванне происходит ряд металлургических процессов: испарение или окисление (выгорание) легирующих элементов (C, Si, Mn, Cr и др.) и насыщение расплавленного металла кислородом, азотом и водородом из окружающего воздуха. В результате изменяется состав сварочного шва по сравнению с электродным и основным металлом, а также понижаются его основные механические свойства, особенно вследствие загрязнения шва кислородом. Для обеспечения заданных состава и свойств шва в покрытие вводят дополнительные легирующие элементы и элементы-раскислители.

Для питания дуги с жесткой характеристикой применяют источники с падающей 1 и пологопадающей 2 внешней характеристикой (рис. 13).

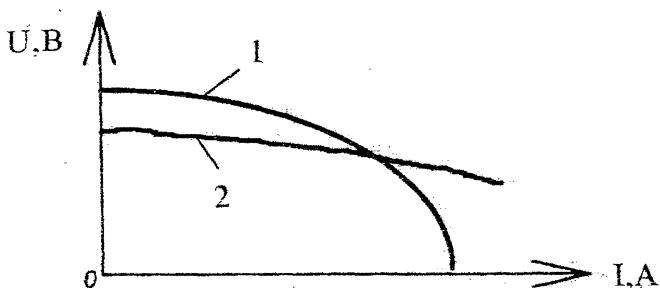


Рис. 13. Внешняя характеристика источников сварочного тока:
1 – падающая; 2 – пологопадающая

Источники сварочного тока с падающей характеристикой необходимы для облегчения зажигания дуги за счет повышенного напряжения холостого хода, обеспечения устойчивого горения дуги и практически постоянной проплавляющей способности дуги, так как колебания ее длины и напряжения (особенно значительные при ручной сварке) не приводят к значительным изменениям сварочного тока, а также для ограничения тока короткого замыкания, чтобы не допустить перегрева токоподводящих проводов и источников тока.

Для питания сварочной дуги применяют источники переменного тока (сварочные трансформаторы) и источники постоянного тока (сварочные генераторы, селеновые и кремневые выпрямители). Источники переменного тока более распространены, чем источники постоянного тока, так как проще в эксплуатации, долго-

вечнее и обладают более высоким кпд. Однако при питании переменным током дуга горит неустойчиво из-за временной деионизации дугового промежутка. Постоянный ток предпочтителен в технологическом отношении: при его применении повышается устойчивость горения дуги, улучшаются условия сварки в различных пространственных положениях, появляется возможность вести сварку на прямой и обратной полярностях и т. д.

Наиболее простую схему имеют сварочные трансформаторы с отдельным дросселем (рис. 14), состоящие из двух отдельных частей: понижающего трансформатора 1 и дросселя 2 (переменного индуктивного сопротивления), включенного последовательно в сварочную цепь (тип СТЭ).

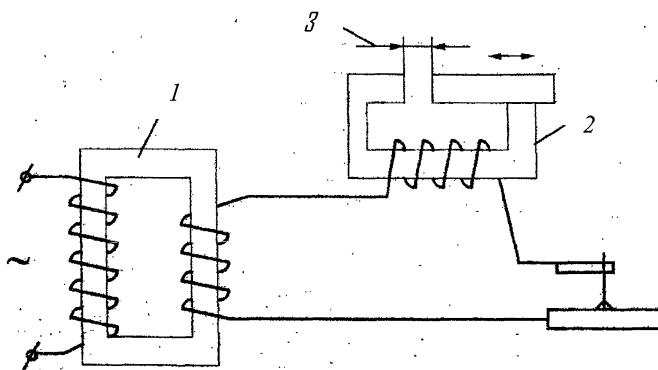


Рис. 14. Схема сварочного трансформатора типа СТЭ:
1 – понижающий трансформатор; 2 – дроссель; 3 – воздушный зазор

Трансформатор понижает напряжение сети до напряжения холостого хода (60...80 В), а дроссель, обладающий повышенным индуктивным сопротивлением, служит для получения падающей внешней характеристики. При прохождении переменного тока через обмотку дросселя в ней возникают электродвижущие силы самоиндукции, направленные противоположно основному напряжению. В результате падения напряжения на дросселе источник сварочного тока получает падающую внешнюю характеристику. Дроссель также служит для плавного регулирования сварочного тока путем изменения воздушного зазора 3 в его сердечнике. С увеличением зазора индуктивное сопротивление дросселя уменьшается, а сварочный ток увеличивается.

На рис. 15 приведена схема сварочного генератора, где обмотки включены таким образом, что создаваемые ими магнитные потоки направлены навстречу друг другу. При этом намагничивающий поток Φ_n не зависит от нагрузки, а размагничивающий поток Φ_p возрастает по мере увеличения сварочного тока. В результате взаимодействия магнитных потоков генератор имеет падающую внешнюю характеристику. Сварочный ток изменяется путем ступенчатого регулирования омотки 6 и плавного регулирования в пределах одной ступени за счет введения реостата в цепь параллельной намагничивающей обмотки 2.

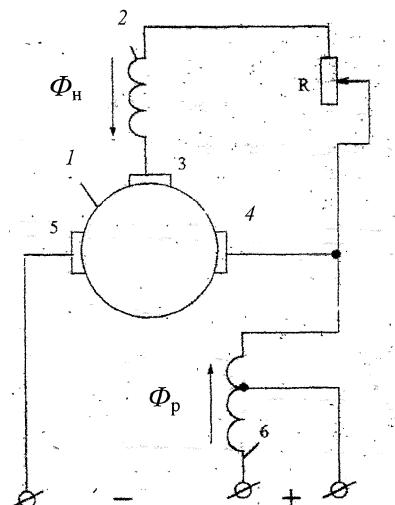


Рис. 15. Схема сварочного генератора с самовозбуждением, с параллельно намагничивающей и последовательно с размагничивающей обмотками возбуждения:

1 – якорь; 2 – параллельно намагничивающая обмотка; 3 – дополнительная щетка; 4 и 5 – основные щетки; 6 – последовательно размагничивающая обмотка

Сварочные генераторы являются электрическими машинами постоянного тока. Падающая внешняя характеристика генераторов обеспечивается специальной схемой включения обмоток возбуждения, либо особой конструкцией полюсов статора и якоря.

Тип сварочного соединения определяют взаимным расположением свариваемых элементов и формой подготовки (разделки) их кромок под сварку. Различают четыре основных типа сварочных соединений:стыковые, тавровые, нахлесточные

и угловые. Кромки разделяют с целью полного провара заготовок по сечению, что является одним из условий равнопрочности сварочного соединения с основным металлом (рис. 16).

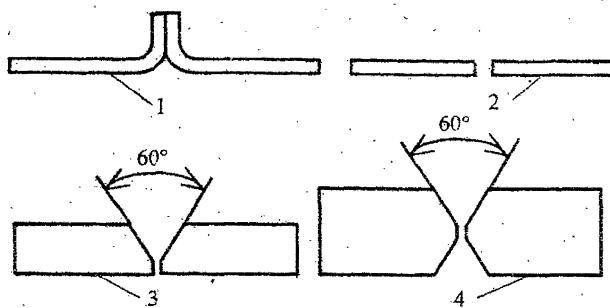


Рис. 16. Форма подготовки кромок свариваемых элементов при стыковой сварке в зависимости от толщины детали δ :

1 – δ менее 2 мм; 2 – δ = 2...6 мм; 3 – δ = 3...25 мм; 4 – δ = 20...60 мм

Оборудование и принадлежности

Штангенциркуль, качественные электроды, сварные соединения.

Порядок проведения работы

1. Изучить сущность процесса и область применения ручной дуговой сварки.
2. Выбрать источник питания электрической дуги, зарисовать электрическую схему.
3. Выбрать форму разделки кромок и диаметр электрода в зависимости от толщины металла.
4. Рассчитать сварочный ток по формуле (6.4).
5. Рассчитать напряжение дуги по формуле (6.3).
6. Определить полную тепловую мощность сварочной дуги по формуле (6.1).
7. Определить эффективную тепловую мощность сварочной дуги по формуле (6.2).
8. Определить и зарисовать типы сварочных соединений
9. Составить отчет, содержащий основные определения, расчетные формулы, схемы, рисунки и выводы.

Лабораторная работа № 7

ЗАКОН ПОСТОЯНСТВА ОБЪЕМА И КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЕФОРМАЦИИ

Цель работы

Целью работы является определение величин, характеризующих пластическую деформацию тела, а также проверка соблюдения закона постоянства объема деформируемого тела при пластической деформации.

Содержание

При обработке металлов давлением принимают, что объем тела в процессе пластической деформации остается постоянным. Это дает возможность связать размеры тела для деформации с размерами тела после деформации.

Деформация тела при обработке металлов давлением характеризуется абсолютными показателями деформации.

Обозначим стороны прямоугольного параллелепипеда:

h_0, b_0, l_0 – размеры параллелепипеда до деформации, мм;

h_1, b_1, l_1 – размеры после деформации, мм. (7.1)

Абсолютная деформация определяется по разности конечного и исходного размеров:

$\Delta h = h_1 - h_0$ – абсолютное обжатие, мм,

$\Delta b = b_1 - b_0$ – абсолютное уширение, мм, (7.2)

$\Delta l = l_1 - l_0$ – удлинение, мм. (7.3)

Относительная деформация может быть определена по отношению к первоначальному размеру тела, к конечному размеру тела, к размеру тела в текущий момент деформации.

Относительная деформация по начальным размерам:

$$\frac{\Delta h}{h_0} \text{ – относительное обжатие; } (7.4)$$

$$\frac{\Delta b}{b_0} \text{ – относительное уширение; } (7.5)$$

$$\frac{\Delta l}{l_0} \text{ – относительное удлинение. } (7.6)$$

Относительная деформация по конечным размерам:

$$\frac{\Delta h}{h_1} \text{ – относительное обжатие; } (7.7)$$

$$\frac{\Delta b}{b_1} \text{ – относительное уширение; } (7.8)$$

$$\frac{\Delta l}{l_1} \text{ – относительное удлинение. } (7.9)$$

Истинная относительная деформация:

$$\delta_1 = \ln \frac{h_1}{h_0} - \text{относительная деформация по высоте}; \quad (7.10)$$

$$\delta_2 = \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_0} - \text{относительная поперечная деформация}; \quad (7.11)$$

$$\delta_3 = \ln \frac{l_1}{l_0} - \text{относительная продольная деформация}. \quad (7.12)$$

В соответствии с законом о постоянстве объема истинные деформации связаны условием

$$\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = 0. \quad (7.13)$$

Коэффициенты деформации определяют так:

$$\eta = \frac{h_1}{h_0} - \text{коэффициент высотной деформации}; \quad (7.14)$$

$$\beta = \frac{\sigma_1}{\sigma_0} - \text{коэффициент поперечной деформации}; \quad (7.15)$$

$$\lambda = \frac{l_1}{l_0} - \text{коэффициент продольной деформации}. \quad (7.16)$$

Из закона о постоянстве объема следует, что коэффициенты деформации связаны между собой выражением

$$\eta \cdot \beta \cdot \lambda = 1. \quad (7.17)$$

Смещенный при деформации объем определяется как произведение объема на истинную деформацию

$$V \ln \frac{h_0}{h_1} - \text{объем, смещенный по высоте}; \quad (7.18)$$

$$V \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_0} - \text{объем, смещенный в поперечном направлении}; \quad (7.19)$$

$$V \ln \frac{l_1}{l_0} - \text{объем, смещенный на развитие удлинения}. \quad (7.20)$$

$$\text{Здесь } V = h_0 \sigma_0 l_0. \quad (7.21)$$

Смещенные объемы связаны между собой соотношением

$$V \ln \frac{h_1}{h_0} = V \ln \frac{\epsilon_1}{\epsilon_0} + V \ln \frac{l_1}{l_0}. \quad (7.22)$$

Оборудование и принадлежности

Работа проводится на прокатном стане или на прессе. Необходимы штангенциркуль и чертилка.

Порядок проведения работы

Для проведения работы на прокатном стане необходим один прямоугольный образец.

1. Образец перед прокаткой разметить для замера его размеров, как показано на рис. 17. Измерение размеров производить штангенциркулем с точностью 0,1 мм. Высота и ширина образца измеряются по середине в двух–трех местах, результат усредняется.

Длина образца, для исключения влияния неравномерности деформации по концам, измеряется по рискам, нанесенным на боковой грани образца на расстоянии 10...15 мм от его концов.

2. Данные замеров заносятся в табл. 14.

Деформирование образца проводится на лабораторном прокатном стане дуо 180.

3. Перед началом работы необходимо протереть валки тряпкой.

4. Затем установить валки в рабочее положение и прокатать образец в четыре пропуска с обжатием за каждый пропуск $\Delta h = 2\dots 4$ мм.

5. После каждого пропуска измерить все размеры образца и данные внести в табл. 14.

6. Определить по нарастающему итогу все величины, характеризующие степень деформации.

7. Данные расчетов внести в табл. 14 и 15.

8. По результатам расчетов построить графики (рис. 18).

9. Сделать выводы по изменению объема металла в процессе пластической деформации.

Таблица 14

Размеры образцов и характеристики деформации

№ образца	Исходные размеры, мм			Конечные размеры, м			Абсолютная деформация мм			Относительная деформация						
	h_0	ϵ_0	l_0	h_1	ϵ_1	l_1	Δh	$\Delta \epsilon$	Δl	$\frac{\Delta h}{h_0}$	$\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_0}$	$\frac{\Delta l}{l_0}$	$\frac{\Delta h}{h_1}$	$\frac{\Delta \epsilon}{\epsilon_1}$	$\frac{\Delta l}{l_1}$	

Таблица 15

Характеристики деформации

№ образца	Истинная деформация			Коэффициенты деформации			Смещенный объем			$\eta \cdot \beta \cdot \lambda$
	δ_1	δ_2	δ_3	η	β	λ	$V\delta_1$	$V\delta_2$	$V\delta_3$	

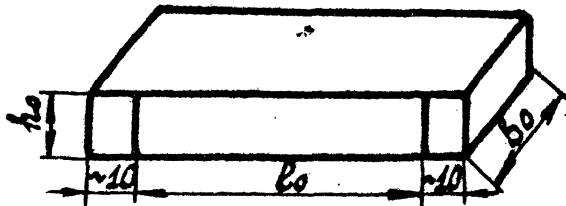


Рис. 17. Разметка образца для измерения размеров

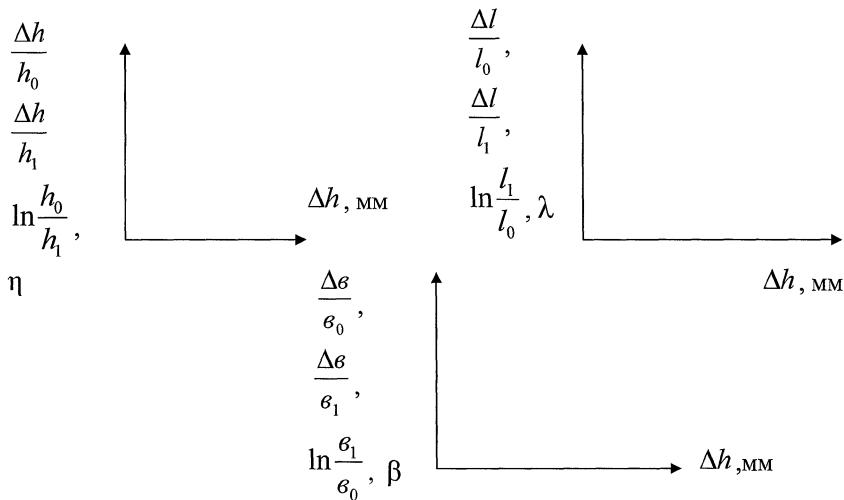


Рис. 18. Графики

Лабораторная работа № 8
ПРОЦЕСС ЗАХВАТА МЕТАЛЛА ВАЛКАМИ
И ПУТИ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Цель работы

Изучение влияния различных геометрических факторов и коэффициента трения на процесс захвата полосы валками.

Содержание

При подходе к валкам полоса давит на них с силой Q и затормаживает с силой T_0 .

Прокатные валки оказывают противодействие и давят на металл с силой R , а также возникает сила трения T , действующая со стороны валков на полосу, которая направлена в сторону движения полосы и способствует ее захвату (рис. 19).

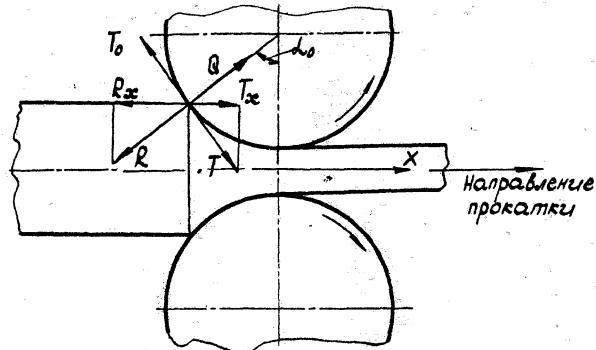


Рис. 19. Схема сил при захвате полосы валками

Чтобы определить захватывающую способность валков необходимо сопоставить действия сил R и T в направлении, совпадающем с направлением прокатки, т. е. рассмотреть их горизонтальные проекции T_x и R_x .

Процесс захвата возможен только тогда, когда выполняется условие

$$2T_x \geq 2R_x. \quad (8.1)$$

Причем равенство $T_x = R_x$ является крайним (предельным) условием захвата, когда при незначительном переносе T_x или R_x захват может произойти или будет наблюдаться проскальзывание валков по переднему концу полосы.

Так как $R_x = R \sin \alpha_0$, а $T_x = T \cos \alpha_0$, (8.2)

то условие (8.1) принимает вид

$$2T \cos \alpha_0 \geq 2R \sin \alpha_0 \quad (8.3)$$

или

$$\frac{T}{R} \geq \operatorname{tg} \alpha_0. \quad (8.4)$$

Отношение сил трения к нормальному давлению в начальный момент встречи полосы с валками представляет собой коэффициент трения при захвате

$$f \geq \operatorname{tg} \alpha_0. \quad (8.5)$$

Максимальное значение угла захвата определится из равенства

$$\operatorname{tg} \alpha_{0\max} = f. \quad (8.6)$$

Улучшение захвата достигается следующими путями:

- 1) увеличением диаметра валков;
- 2) уменьшением обжатия;
- 3) увеличением коэффициента трения.

Инструменты и материалы

Прокатный стан, свинцовые образцы прямоугольного сечения, микрометр, линейка, штангенциркуль, мел.

Порядок проведения работы

Работа проводится на клети дуо 180. Валки с гладкой бочкой.

В качестве образцов используются свинцовые полосы прямоугольного сечения (размеры полос задаются преподавателем).

1. Предварительно установить зазор между валками так, чтобы захват образца не произошел. Удерживая образец так, чтобы он с небольшим усилием прикасался торцом к поверхности обоих вращающихся валков, вращением штурвала напрямного устройства увеличивать зазор между валками. В момент захвата вращение штурвала прекратить и прокатать образец.

2. Измерить размеры образца до и после прокатки. Определить максимальное обжатие образца

$$\Delta h_{\max} = h_0 - h_1. \quad (8.7)$$

3. Рассчитать максимальный угол захвата по формуле

$$\alpha_0 = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h_{\max}}{D} \right). \quad (8.8)$$

4. Определить коэффициент трения при захвате по формуле

$$f = \operatorname{tg} \alpha_0. \quad (8.9)$$

Результаты измерений и расчетов свести в табл. 16.

5. Уменьшить зазор между валками (по сравнению с зазором, полученным в п. 1.) так, чтобы исключить возможность естественного захвата образца валками.

Улучшить условия захвата путем увеличения коэффициента трения между передним концом образца с валками. С этой целью посыпать передний конец песком или натереть мелом. Если захват образца не произойдет, немножко увеличить зазор между валками.

6. После этого прокатать образец.

7. Вновь измерить образец до и после прокатки.

По приведенным выше формулам (8.7), (8.8) и (8.9) – определить Δh_{\max} , α_0 и f . Полученные данные свести в табл. 16.

Таблица 16

Результаты измерений и расчетов

Условия захвата	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh_{\max} , мм	a_0 , мм	f	Примечание
Естественный захват						
С подготовкой переднего конца образца						Замелен. с песком

Лабораторная работа № 9**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ПРОКАТКЕ****Цель работы**

Изучение влияния величины обжатия и условий трения на опережение.

Содержание

При прокатке на выходе из очага деформации скорость полосы больше окружной скорости валков. Относительная величина, характеризующая, на сколько скорость полосы на выходе из очага деформации больше окружной скорости валков, называется опережением. Опережение определяется следующим образом

$$i = \frac{v_1 - v_e}{v_e}, \quad (9.1)$$

где v_1 – скорость полосы на выходе из очага деформации;

v_e – окружающая скорость валков.

Опережение выражается либо в относительных единицах, либо в процентах.

Скорость полосы на выходе в очаг деформации v_0 всегда меньше окружной скорости валков.

Таким образом, имеет место неравенство

$$v_0 < v_e < v_1. \quad (9.2)$$

Если известно опережение, то скорость полосы на выходе из очага деформации согласно (9.1) определится так:

$$v_1 = v_e (1 + i). \quad (9.3)$$

Опережение металла необходимо учитывать при согласовании скоростей вращения валков, что особенно важно при непрерывной прокатке.

Анализ неравенства (9.2) показывает, что в пределах очага деформации имеется поперечное сечение, скорости всех точек которого равны скорости валка. Это сечение называют критическим, а координату его – критическим углом γ .

Критическое сечение делит поверхность контакта металла с валком на две зоны: зону отставания и зону опережения.

Величину опережения можно найти по формуле Финка

$$i = \frac{h_1 + D(1 - \cos \gamma)}{h_1} \cos \gamma - 1 \quad (9.4)$$

или по формуле Головина–Дрездена

$$i = \frac{R}{h_1} \gamma^2. \quad (9.5)$$

Критический угол γ может быть определен по зависимости

$$\gamma = \frac{\alpha_0}{2} \left(1 - \frac{\alpha_0}{2f} \right), \quad (9.6)$$

где $\alpha_0 = \sqrt{\frac{\Delta h}{R}}$ – угол захвата, рад.;

f – коэффициент трения.

Как видно из формулы (9.4), чем больше радиус валков и чем меньше конечная толщина полосы, тем большее опережение.

Особенно сильно зависит опережение от величины критического угла γ . Все факторы, влияющие на угол γ (угол захвата, трение, натяжение, сопротивление деформации и др.), оказывают влияние и на опережение.

Наиболее простым практическим методом для определения опережения является метод керновых отпечатков, который состоит в следующем. На поверхности одного из валков или на обоих валках в плоскости, перпендикулярной продольной оси валка, нанесены керном углубления на расстоянии l_6 одно от другого. После прокатки на полосе останутся отпечатки этих углублений, расстояние между которыми равно l_1 (рис. 20).

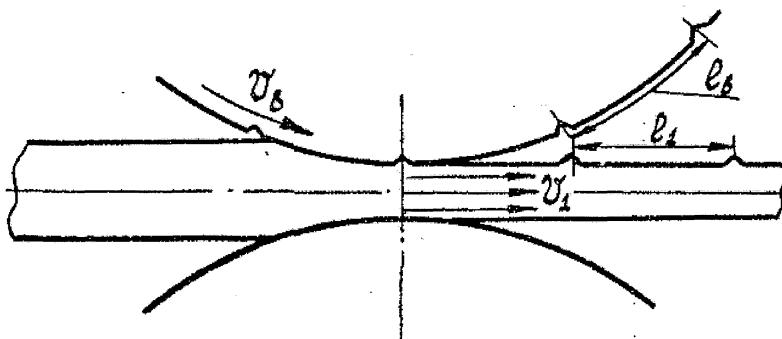


Рис. 20. Керновый метод определения опережения

Окружную скорость валка можно выразить через длину l_e

$$v_e = \frac{l_e}{t}, \quad (9.8)$$

где t – время поворота валков на угол, соответствующий дуге длиной l_e .

Скорость полосы на выходе из очага деформации можно выразить через расстояние между отпечатками на полосе

$$v_1 = \frac{l_1}{t}. \quad (9.9)$$

Решая совместно (9.1), (9.8), (9.9), получим выражение для определения опережения

$$i = \frac{v_1 - v_e}{v_e} = \frac{\frac{l_1}{t} - \frac{l_e}{t}}{\frac{l_e}{t}} = \frac{l_1 - l_e}{l_e}. \quad (9.10)$$

Инструмент и материалы

Штангенциркуль и гибкая линейка. Обтирочные концы, мел.

Работа проводится на прокатной клети дуо 180, валки с гладкой бочкой.

Порядок проведения работы

Для исследования опережения используем два свинцовых образца одинаковых размеров (размеры образцов задаются преподавателем). Перед прокаткой образцы измерить.

1. С помощью гибкой линейки определить расстояние между керновыми отмечками на валках (l_e). С помощью кронциркуля или гибкой нити определить диаметр валков.

2. Первый образец прокатать за три прохода с разными абсолютными обжатиями (например, 4,3 и 2 мм). Валки перед каждым проходом необходимо протирать сухой чистой тряпкой. После каждого прохода измерить образец и расстояние между отпечатками кернов на полосе.

3. Второй образец прокатать при тех же режимах, что и первый, но перед каждым проходом валки натереть мелом.

Так же, как описано выше, измерить второй образец.

4. По формуле (9.10) определить опережение для каждого прохода.

Результаты измерений и расчетов свести в табл. 17.

4. По полученным данным построить графики зависимости $i=f(\Delta h)$ и $I=\varphi(\Delta h/h)$ для случая прокатки в чистых и намеленных валках.

Таблица 17

Результаты измерений и расчетов

№ опыта	h_0 , мм	h_1 , мм	$\Delta h = h_0 - h_1$, мм	l_e , мм	l_1 , мм	i , %	α_0	$\frac{h_1}{R}$	f
I. Прокатка в чистых валках									
1									
2									
3									
II. Прокатка в намеленных валках									
1									
2									
3									

В каждом проходе по известной экспериментально полученной величине опережения из выражений (9.5) и (9.6) определить коэффициент трения для различных условий прокатки.

Полученные результаты свести в табл. 17.

Лабораторная работа № 10

УШИРЕНИЕ МЕТАЛЛА ПРИ ПРОКАТКЕ

Цель работы

Изучение различных факторов на величину уширения при продольной прокатке полосы прямоугольного сечения на гладкой бочке

Содержание

При прокатке полоса изменяет свои размеры – уменьшается толщина, увеличивается длина и обычно увеличивается ширина.

Разность между конечной и начальной шириной полосы называют уширением:

$$\Delta \epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_0. \quad (10.1)$$

Величина уширения при прокатке зависит от многих факторов, таких, как сопротивление прокатываемого металла деформации, температура, скорость деформации, коэффициент трения, степень обжатия, форма очага деформации. Если принять первые пять факторов постоянными для двух различных по размерам образцов, то величина уширения будет зависеть от формы очага деформации, т. е. от отношения длины очага деформации к его средней ширине. При узком и длинном очаге деформации, когда отношение длины очага деформации l к его средней ширине ϵ_c , например, при $\frac{l}{\epsilon_c} = 1,0$, уширение велико.

При увеличении ширины полосы сопротивление поперечному течению металла будет возрастать и уширение уменьшаться. При прокатке широких полос уширение очень мало.

При прокатке в калибрах величина уширения иная, чем при прокатке на гладкой бочке, так как стенки калибра оказывают дополнительное сопротивление по перечному течению металла.

Инструмент и материалы

Работа проводится на стане дуо 180. Валки с гладкой бочкой. Инструменты – штангенциркуль, линейка, чертилка, масло, мел, обтирочные концы.

Порядок проведения работы

1. Зависимость уширения от коэффициента трения между валками и полосой

1.1. Взять два свинцовых образца прямоугольной формы. Образцы прокатать с одинаковым относительным обжатием 30...40 %. Первый образец прокатать в валках с шероховатой поверхностью. Для увеличения коэффициента трения поверхность валка или образца перед прокаткой натереть мелом.

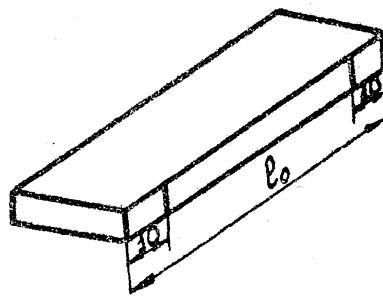


Рис. 21. Разметка прямоугольного образца

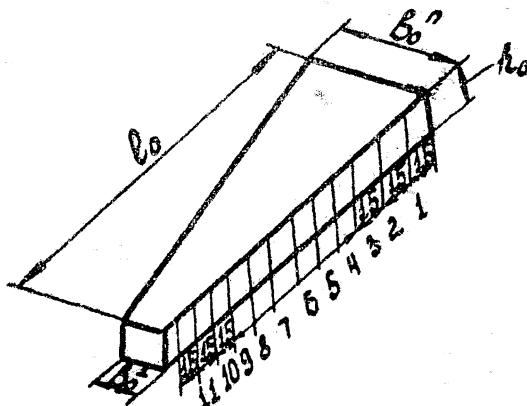


Рис. 22. Разметка клинового образца

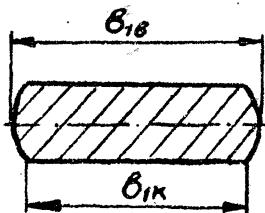


Рис. 23. Поперечное сечение полосы после прокатки

Второй образец прокатать на тех же валах после удаления с них мела. Образец перед прокаткой смазать машинным маслом.

1.2. Ширину образца замерить штангенциркулем до и после прокатки в двух местах. Перед прокаткой в местах измерения ширины следует нанести риски (рис. 21).

1.3. Результаты измерений занести в табл. 18.

Таблица 18

Данные по изучению влияния состояния поверхности полосы и валков на уширение

№ образца	Условия прокатки	Размеры образца, мм						$\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma_0, \text{мм}$
		h_0	l_0	σ_0	h_1	l_1	σ_1	
1	С мелом							
2	С маслом							

1.4. Выводы. В выводах по работе следует объяснить, почему с изменением состояния поверхности валков и полосы изменяется уширение.

2. Зависимость уширения от ширины полосы

Образец – клиновидная полоса (рис. 22).

2.1. На боковых поверхностях клиновидной полосы с двух сторон провести вертикальные риски через 15 мм согласно рис. 22.

2.2. Исходные размеры образца указываются преподавателем. Измерить высоту образца h_0 и ширину в каждом поперечном сечении и результаты занести в табл. 19.

Прокатать полосу с относительным обжатием 20...30 %. После прокатки измерить ширину полосы в тех же сечениях по поверхности σ_{ik} и по оси поперечного сечения σ_{1e} (рис. 23) и занести в табл. 19.

2.3. Определить среднюю ширину полосы по формуле

$$\sigma_i = \sigma_{ik} + 0,65(\sigma_{1e} - \sigma_{ik}). \quad (10.2)$$

2.4. Измерить высоту полосы после первого прохода. Результаты измерений свести в табл. 19.

2.5. Определить на каждом участке уширение полосы и коэффициент уширения β ($\beta = \Delta\sigma / \sigma_0$). Построить графики $\Delta\sigma = \Phi(\sigma_0)$ и $\beta = f(\sigma_0)$.

Таблица 19

Данные опыта по зависимости уширения от ширины полосы

Величины	Номер риски											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ϵ_0 , мм												
ϵ_{IK} , мм												
ϵ_{IE} , мм												
ϵ_1 , мм												
$\Delta\epsilon = \epsilon_1 - \epsilon_0$, мм												
β												

Таблица 20

Опытные данные по зависимости уширения от обжатия

Размеры поломы, мм	I проход	II проход	III проход
h_0			
h_1			
Δh			
ϵ_0			
ϵ_1			
$\Delta\epsilon$			

2.6. Прокатать тот же образец еще за два прохода соответственно с относительным обжатием $\sim (30 \div 40)$ и $(40 \div 50)\%$.

После каждого из этих проходов замерить высоту и ширину по одному из центральных сечений (измерять нужно в одном и том же месте). Данные измерений свести в табл. 20.

2.7. Построить графики зависимости $\Delta\epsilon = \varphi(\Delta h)$ и $\Delta\epsilon = f(\Delta h/h_0)$.

2.8. Объяснить характер зависимости уширения и коэффициента уширения от ширины и высоты исходной полосы.

Лабораторная работа № 11

ОБРАБОТКА НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Цель работы

Изучить устройство токарно-винторезного станка, ознакомиться с основными методами токарной обработки и классификацией резцов.

Содержание

Изготовление деталей машин основано на использовании различных технологических способов воздействия на обрабатываемую заготовку в целях придания ей заданной формы, размеров с определенной точностью и поверхностей с определенной шероховатостью. Одним из способов воздействия на заготовку является процесс резания, т. е. снятие слоя материала с помощью режущих инструментов на металлорежущих станках.

Процесс резания возможен при наличии главных (основных) движений: резания и подачи. При токарной обработке такими движениями являются: движение резания – вращение заготовки, закрепленной в шпинделе станка D_r (рис. 24, *a*); движение подачи – перемещение режущего инструмента в продольном $D_{S\text{пр}}$ или поперечном $D_{S\text{п}}$ направлении. При сверлении, зенкеровании, развертывании и нарезании резьбы метчиками и плашками движение подачи – это осевое перемещение инструмента, закрепленного в пиноли задней бабки (рис. 24, *m*).

Наружные цилиндрические поверхности обтачивают прямыми (рис. 24, *b*) или отогнутыми проходными резцами с продольным движением подач. Наружные (рис. 24, *c*) и внутренние резьбы нарезают резьбовыми резцами, форма режущих кромок которых определяет профиль нарезаемой резьбы. Точение длинных пологих конусов ($2\alpha=8\dots10^\circ$) производят при смещении в поперечном направлении корпуса задней бабки относительно ее основания (рис. 24, *г*) или с использованием специального приспособления – конусной линейки. Сквозные отверстия на токарно-винторезных станках растачивают проходными расточными резцами (рис. 24, *д*), глухие – упорными расточными (рис. 24, *е*). С поперечным движением подачи обтачивают кольцевые канавки (рис. 24, *з*) прорезными резцами, фасонные поверхности (рис. 24, *и*) – фасонными стержневыми резцами, короткие конические поверхности, фаски (рис. 24, *к*) – широкими резцами с углом, в плане равным половине угла при вершине конической поверхности. Для отрезки деталей от заготовки (рис. 24, *л*) используют отрезные резцы. Для подрезания торцов (рис. 24, *н*) применяют подрезные резцы. На токарно-винторезных станках обработку отверстий выполняют сверлами (рис. 24, *м*), зенкерами и развертками; резьбу в отверстии нарезают метчиками. В этом случае инструмент закрепляется в пиноль задней бабки. Наружную резьбу можно обработать плашкой. Обтачивание наружных и растачивание внутренних конических поверхностей средней длины (рис. 24, *ж*, *о*) с любым углом конуса при вершине на токарно-винторезных станках производят с наклонным движением подачи резцов при повороте верхнего суппорта.

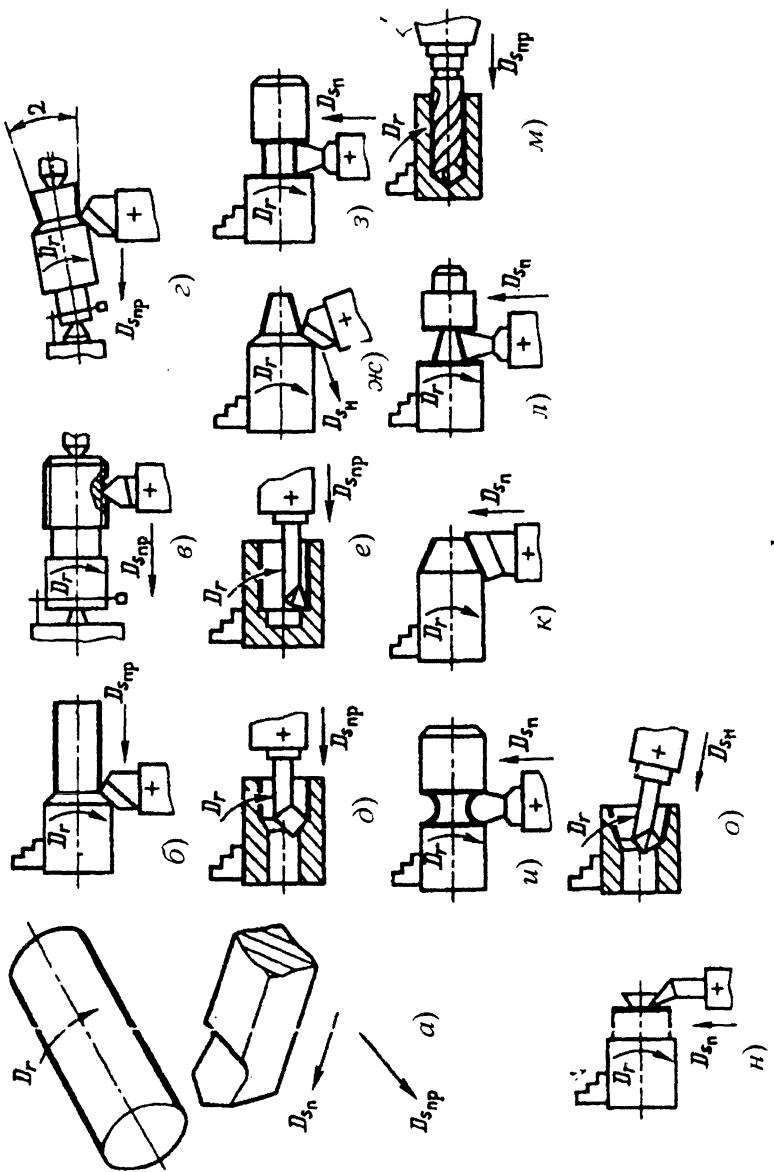


Рис. 24. Типовые схемы обработки поверхностей заготовок на станках токарной группы

Токарные станки делятся на универсальные и специализированные. Первые предназначены для выполнения разнообразных операций: обработки резцами наружных и внутренних цилиндрических поверхностей, конических и фасонных поверхностей, торцевых плоскостей, нарезания наружных и внутренних резьб, отрезки, сверления, зенкерования и развертывания отверстий.

Специализированные станки используются для обработки определенных деталей, например, гладких и ступенчатых валов, различного вида труб, муфт и т. п.

Из универсальных станков наиболее широкое распространение получили токарно-винторезные станки.

Основным параметром универсального токарно-винторезного станка является высота центров над станиной. Этот размер определяет наибольший диаметр заготовки, которую можно установить и обработать на станке данной модели.

Другим основным параметром станка является наибольшее расстояние между его центрами, которое определяет наибольшую длину обрабатываемой заготовки, причем это расстояние может быть разным у станка одной и той же модели. Так, у станков с диаметром обрабатываемой заготовки 500 мм расстояние между центрами может быть 700; 1000; 1400 и 2000 мм.

Токарно-винторезные станки характеризуются также наибольшей частотой вращения шпинделя, наибольшим диаметром прутка, проходящего через отверстие шпинделя, и размером центра шпинделя.

Важными характеристиками являются также мощность привода главного движения, жесткость и прочность звеньев кинематической цепи, виброустойчивость станка, диапазон скоростей и подач.

Техническая характеристика токарно-винторезного станка мод. 16К20

Расстояние между центрами, мм.....	700; 1000, 1400, 2000
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной, мм.....	400
Наибольший диаметр обрабатываемого прутка, мм.....	50
Наибольшая длина обтачивания (соответственно расстоянию между центрами), мм.....	640, 930

В состав токарно-винторезных станков входят следующие основные узлы и механизмы: передняя (шпиндельная) бабка, задняя бабка, суппортная группа, фартук, коробка подач, станина с направляющими, система охлаждения и смазывания (рис. 25).

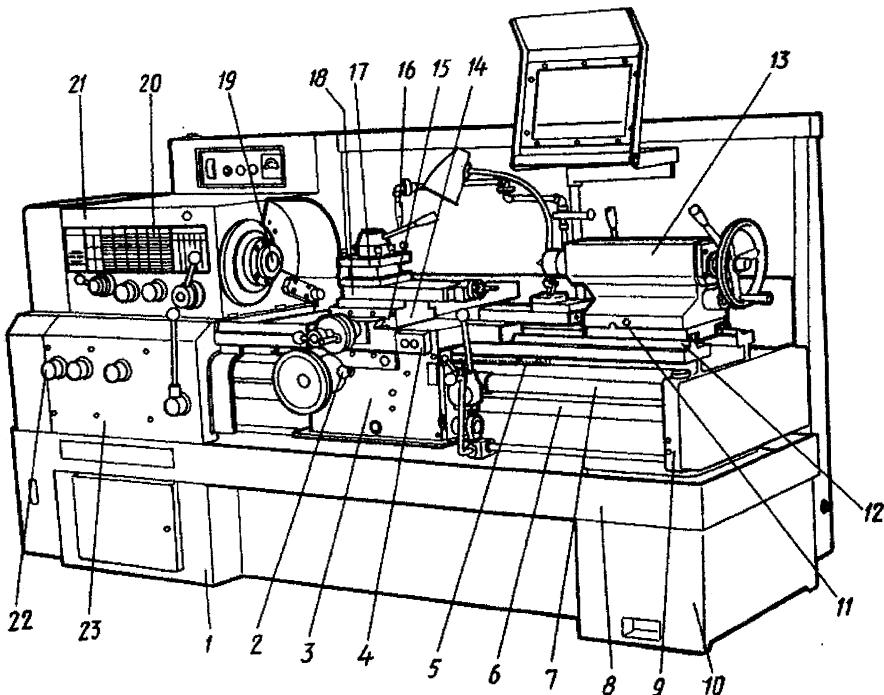


Рис. 25. Основные сборочные единицы токарно-винторезного станка мод. 16К20:

- 1 – передняя тумба станины, 2 – рукоятка поперечной подачи, 3 – фартук,
- 4 – салазки продольного суппорта (каретка), 5 – рейка, 6 – ходовой вал,
- 7 – ходовой винт, 8 – корыто станка, 9 – задний кронштейн, 10 – задняя тумба станины, 11 – плита задней бабки, 12 – направляющие станины, 13 – задняя бабка,
- 14 – поперечный суппорт, 15 – направляющие поперечного суппорта, 16 – кран охлаждения, 17 – резцодержатель, 18 – верхний суппорт, 19 – шпиндель, 20 – нониус,
- 21 – передняя бабка (коробка скоростей), 22 – гитара, 23 – коробка подач

Базой станины являются ее направляющие, на которые устанавливают как подвижные (каретка, задняя бабка), так и неподвижные (передняя бабка) узлы. Станина должна отвечать необходимым требованиям по прочности, жесткости, виброустойчивости, а также обеспечивать удобство для отвода стружки и СОЖ.

Направляющие обеспечивают заданную траекторию движения рабочих органов, несущих инструмент, относительно других узлов станка.

Передняя или шпиндельная бабка служит для ступенчатого изменения частоты вращения шпинделя (с обрабатываемой заготовкой) при постоянной частоте вращения привода главного движения (электродвигателя). Частоту вращения изменяют с помощью различных зубчатых пар или электромагнитных муфт, соединяющих валы.

Шпинделы являются разновидностью валов и служат для закрепления и вращения приспособления, несущего заготовку.

Задняя бабка токарного станка предназначена для поддержания обрабатываемых на станке заготовок малой жесткости, а также для крепления режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток, метчиков).

Ходовой вал токарного станка служит для осуществления продольных и поперечных автоматических подач режущего инструмента (резца), закрепленного в резцедержателе верхнего суппорта. Ходовой винт используют при нарезании резцом внутренней и наружной резьбы.

Ходовой винт и ходовой вал получают движение от шпиндельной бабки через сменные колеса коробки подач и механизм коробки подач, состоящий из скользящих блоков колес.

Фартук токарного станка мод. 16К20 включает в себя четыре пары кулачковых муфт, позволяющих производить прямой и обратный ход каретки и суппорта. Направление перемещения каретки и суппорта совпадает с направлением включения рукоятки, расположенной на фартуке.

Суппортная группа станка крестовой конструкции может осуществлять перемещение резцедержателя с инструментом в продольном направлении по направляющим станины и в поперечном направлении по направляющим каретки.

Верхняя часть суппорта, несущая на себе поворотный четырехгранный резцедержатель, имеет независимое ручное перемещение по направляющим поворотной части суппорта и может быть повернута на угол $\pm 90^\circ$. Режим резцедержателя, поворот его в нужное положение и фиксация осуществляются рукояткой. Конструкция резцедержателя обеспечивает точность фиксации 0,005 мм. Нажатием кнопки, встроенной в рукоятку управления ходом каретки и суппорта, включается электродвигатель быстрых перемещений суппорта, который расположен в нише правой части станины. Для определения величины перемещения верхних и поперечных салазок в суппорте предусмотрены масштабные линейки с визирами.

Для закрепления на токарных станках деталей небольшой длины используются универсальные трехкулачковые самоцентрирующие патроны (рис. 26).

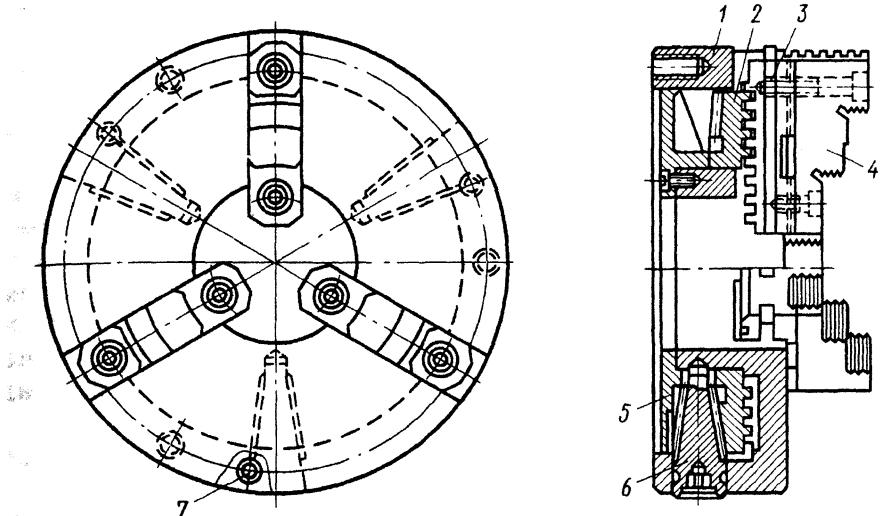


Рис. 26. Универсальный трехкулачковый самоцентрирующий патрон:
1 – корпус, 2 – коническая шестерня со спиралью, 3 – рейка,
4 – кулачок, 5 – зубчатое колесо, 6 – крышка, 7 – шпилька

Обрабатываемая заготовка зажимается кулачками 4, сцепленными с рейкой 3, входящей в зацепление со спиралью, нарезанной на переднем торце конической шестерни 2. Вращением (ключом) одного из трех зубчатых колес 5 перемещают кулачки в Т-образных пазах корпуса 1. Зубчатые колеса 5 расположены равномерно по окружности патрона в отверстиях корпуса. Зажимные поверхности кулачков расположены уступом по трем различным радиусам, что увеличивает диапазон размеров зажимаемых заготовок и облегчает переналадку патрона с одного размера на другой.

При обработке валов и некоторых других заготовок, имеющих базовые поверхности в виде центровых отверстий, в качестве установочных элементов используют центры, устанавливаемые в конические отверстия шпинделя и пиноли передней и задней бабок.

Существуют различные виды центров (рис. 27). Для обычных работ конус переднего центра изготавливают с углом $\alpha=60^\circ$, для тяжелых работ $\alpha=90^\circ$. Для получения цилиндрической поверхности оси центров передней и задней бабок токарного станка должны совпадать. Конструкция обыкновенного центра показана на рис. 27, а. При обработке пустотелых деталей на проход используют рифленые центры (рис. 27, б), для подрезки торца – центры с выточкой (рис. 27, в).

Для точной фиксации заготовок по торцу, в частности на станках с ЧПУ, используются «плавающие» (подпружиненные) центры.

При больших усилиях резания, высоких скоростях необходимо жесткое крепление заготовок. При этом обычные центры быстро изнашиваются из-за больших сил трения между поверхностью вращающейся заготовки и неподвижной поверхностью центра. Во избежание износа применяют вращающиеся центры (рис. 27, г).

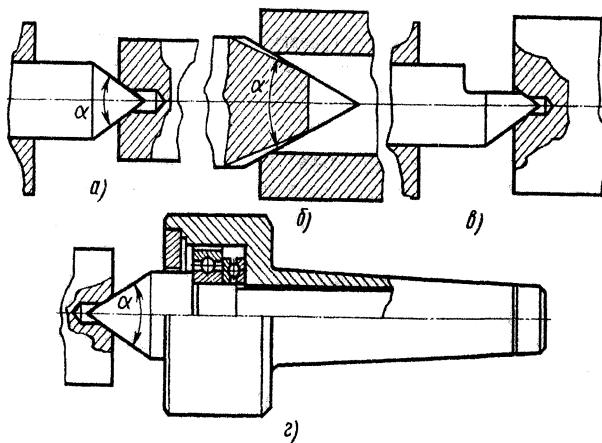


Рис. 27. Конструкция центров:
а – обычновенный, б – рифленый, в – с выточкой, г – вращающийся

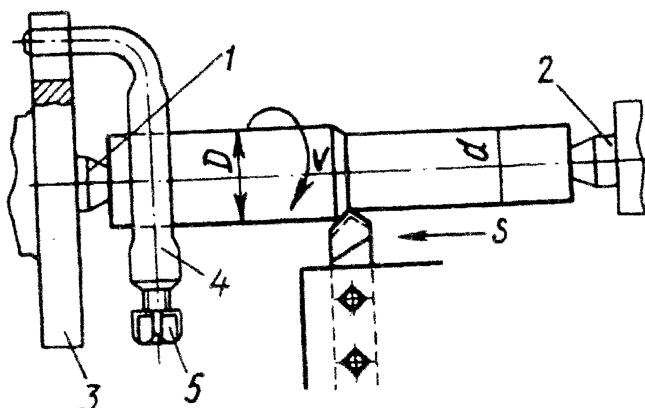


Рис. 28. Установка заготовки в центрах:
1, 2 – передний и задний центры, 3 – поводковый патрон, 4 – хомутик

Наиболее часто детали типа валов обрабатывают в центрах (рис. 28), при этом на торцовых поверхностях заготовки делают центровые отверстия. При установке заготовки на станок в центровые отверстия вводят передний 1 и задний 2 центры. Для передачи заготовки вращения служат поводковый патрон 3 и хомутик 4, за-крепляемый винтом 5 на конце заготовки. Свободный конец хомутика входит в контакт с вращающимся пальцем поводкового патрона и вращает деталь.

По виду обработки токарные резцы делятся на проходные, подрезные, расточные, отрезные, прорезные, галтельные, резьбовые и фасонные (рис. 29).

Проходные резцы (рис. 29, а и б) применяют для продольной обработки заготовки. Подрезные резцы (рис. 29, в) применяют для обработки поверхностей заготовки в направлении, перпендикулярном или наклонном к оси вращения. Для подрезания торца с поперечной подачей может быть использован проходной отогнутый резец. Расточный резец применяют для растачивания предварительно просверленных осевых отверстий, как сквозных (рис. 29, г), так и глухих. Отрезные и прорезные резцы (рис. 29, д) используют для прорезки канавок, а также для отрезания заготовок от прутка. Для протачивания закругленных канавок и переходных поверхностей используют галтельные резцы.

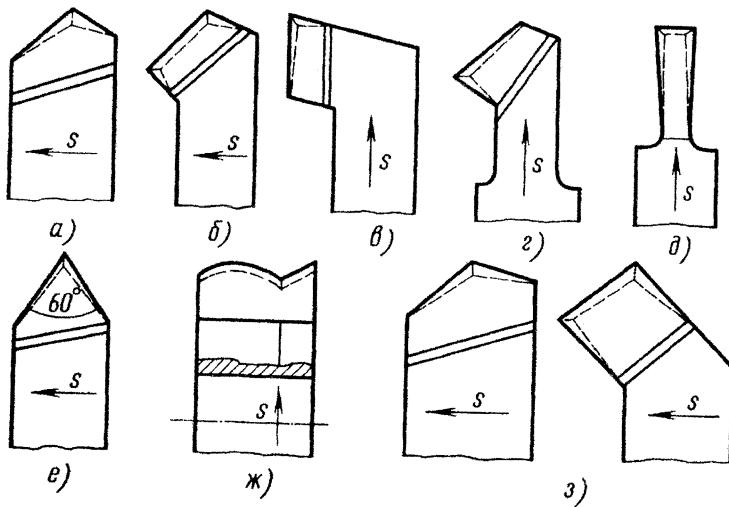


Рис. 29. Классификация токарных резцов
(стрелками показано направление подачи S)

Резьбовыми резцами (рис. 15, е) нарезают наружную и внутреннюю резьбу. Фасонные резцы (рис. 29, ж) используют для получения фасонных поверхностей при поперечном точении.

По направлению подачи резцы подразделяются на правые и левые. Правые резцы (при наложении на них сверху ладони правой руки главная режущая кромка оказывается расположенной на стороне большого пальца) при обработке заготовки перемещаются справа налево, а левые – слева направо. По форме и расположению режущей части относительно державки резцы подразделяются на прямые и отогнутые (рис. 29, з).

Токарный резец состоит из режущей части, которой он непосредственно снимает стружку с обрабатываемой заготовки, и державки, с помощью которой он крепится в резцодержателе токарного станка. Режущая часть резца имеет ряд поверхностей и кромок, а также углов, необходимых для создания условий резания (рис. 30).

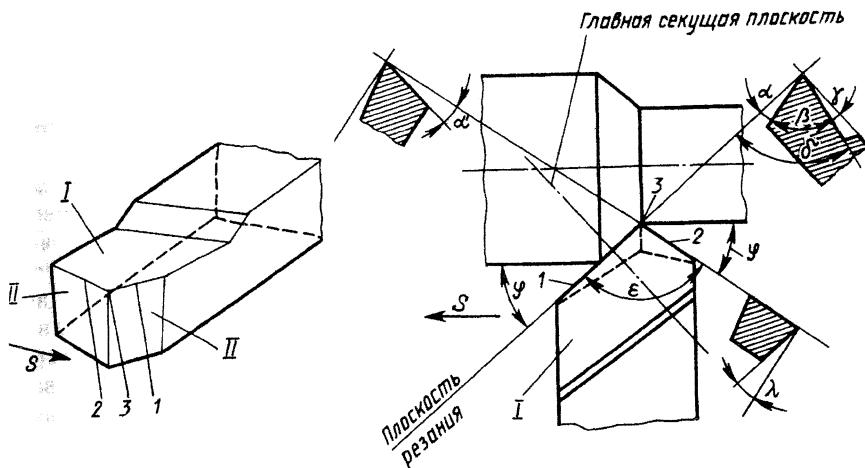


Рис. 30. Геометрические элементы токарных резцов

Поверхности токарного резца: передняя I – поверхность, по которой сходит стружка; главная задняя II – поверхность, которая обращена к обрабатываемой поверхности заготовки; вспомогательная задняя III – поверхность, которая обращена к обработанной поверхности заготовки.

При пересечении передней поверхности с главной и вспомогательной задними поверхностями образуются кромки токарного резца.

Главная режущая кромка 1 , образованная пересечением передней поверхности и главной задней поверхности, выполняет основную работу при резании и состоит из активной и пассивной частей.

Вспомогательная режущая кромка 2 образована пересечением передней поверхности с вспомогательной задней поверхностью (у прорезных и отрезных резцов вспомогательных режущих кромок две).

Точка пересечения передней поверхности, главной задней и вспомогательной задней поверхностей образует вершину 3 резца (у прорезных и отрезных резцов две вершины).

Оборудование и технологическая оснастка

1. Токарно-винторезный станок 16К20.
2. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон, передний и задний центры, поводковый патрон, хомутик.
3. Токарные резцы: проходной прямой, проходной отогнутый, подрезной, расточной проходной, расточной упорный, отрезной, прорезной, резьбовой, фасонный.

Порядок проведения работы

1. Изучить назначение основных узлов токарно-винторезного станка 16К20.
2. Изучить классификацию токарных резцов. Ознакомиться с основными методами токарной обработки. Для заданных преподавателем поверхностей детали выбрать типы токарных резцов, описать характер и направление движений резания.
3. Составить отчет, содержащий эскиз токарного станка с обозначением основных узлов, схемы механической обработки.

Контрольные вопросы

1. Виды поверхностей обрабатываемых на токарных станках.
2. Основные узлы токарно-винторезного станка, их назначение.
3. Классификация токарных резцов.
4. Основные виды приспособлений, применяемых на токарных станках.
5. Кинематика процесса резания на токарных станках.

Лабораторная работа № 12

ОБРАБОТКА НА ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

Цель работы

Изучить устройство универсального горизонтально-фрезерного станка, ознакомиться с основными методами фрезерной обработки и классификацией фрез.

Содержание

Фрезерование – процесс механической обработки, при котором режущий инструмент – фреза – совершает вращательное движение (со скоростью резания v), а обрабатываемая заготовка – поступательное (со скоростью подачи S). При фрезе-

ровании образуется прерывистая стружка переменного сечения. Режущие зубья могут располагаться на цилиндрической и на торцовой поверхности фрезы. Каждый зуб фрезы является простейшим инструментом – резцом. Фрезы, как правило, – многозубый инструмент.

Поверхности и режущие кромки зубьев цилиндрических фрез (рис. 31, а): 1 – передняя поверхность; 2 – главная режущая кромка; 3 – главная задняя поверхность; 4 – вспомогательная задняя поверхность; 5 – спинка зуба; 6 – канавка.

Главная режущая кромка цилиндрической фрезы (вспомогательная режущая кромка у таких фрез отсутствует) может быть прямолинейной (по образующей цилиндра), наклонной к образующей цилиндра и винтовой. У зубьев торцовых фрез различают (рис. 31, б): главную режущую кромку 1, расположенную под углом ϕ к направлению подачи; вспомогательную режущую кромку 5, расположенную под углом ϕ_1 к направлению подачи; переходную режущую кромку 4, соединяющую кромки 1 и 5.

На фрезеруемой заготовке различают обрабатываемую поверхность 2, поверхность резания 3 и обработанную поверхность 6 (рис. 31, б).

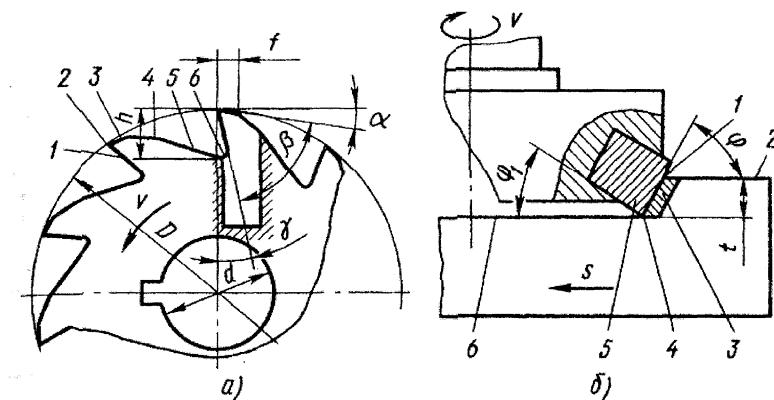


Рис. 31. Зуб фрезы:
а – цилиндрический, б – торцовый

Различают две основные группы фрезерных станков: 1) общего назначения или универсальные (вертикально-фрезерные, горизонтально-фрезерные, продольно-фрезерные); 2) специализированные (шлифовальные, шпоночно-фрезерные, карусельно-фрезерные, копировально-фрезерные, резьбофрезерные и др.). По конструктивным особенностям эти станки подразделяются на консольные (стол расположен на подъемном кронштейне – консоли), бесконсольные (стол переме-

щается на неподвижной станине в продольном и поперечном направлениях) и непрерывного действия (карусельные и барабанные).

В единичном, мелко- и среднесерийном производстве наиболее распространены консольные фрезерные станки. Универсальный консольный горизонтально-фрезерный станок (рис. 32, а) имеет горизонтальный шпиндель 2 и выдвижной хобот 1, на который устанавливают серьгу 3, поддерживающую оправку с фрезой. Консоль 4 перемещается по направляющей стойки 5. На консоли расположены салазки 6 и стол 7. Широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный станок (рис. 32, б) помимо горизонтального шпинделя имеет шпиндельную головку 1, которая может поворачиваться на хоботе в двух взаимно перпендикулярных направлениях, благодаря чему шпиндель с фрезой можно устанавливать под любым углом к плоскости стола и к обрабатываемой заготовке. На головке 1 монтируют накладную головку 2 для сверления, рассверливания, зенкерования, растачивания и фрезерования.

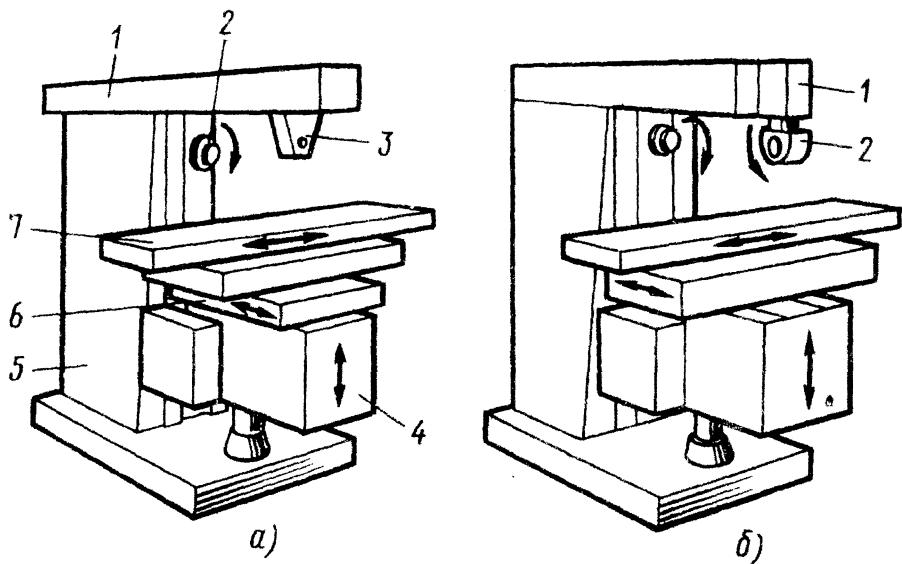


Рис. 32. Фрезерные станки:

- а – универсальный консольный горизонтально-фрезерный,
б – широкоуниверсальный консольный горизонтально-фрезерный

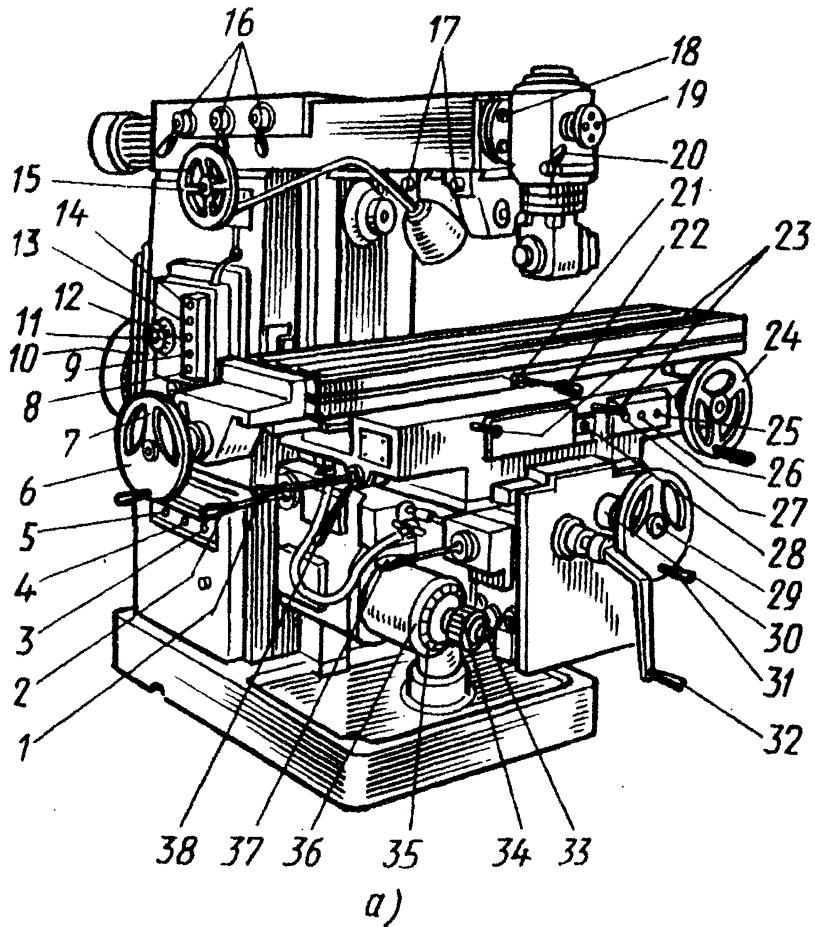
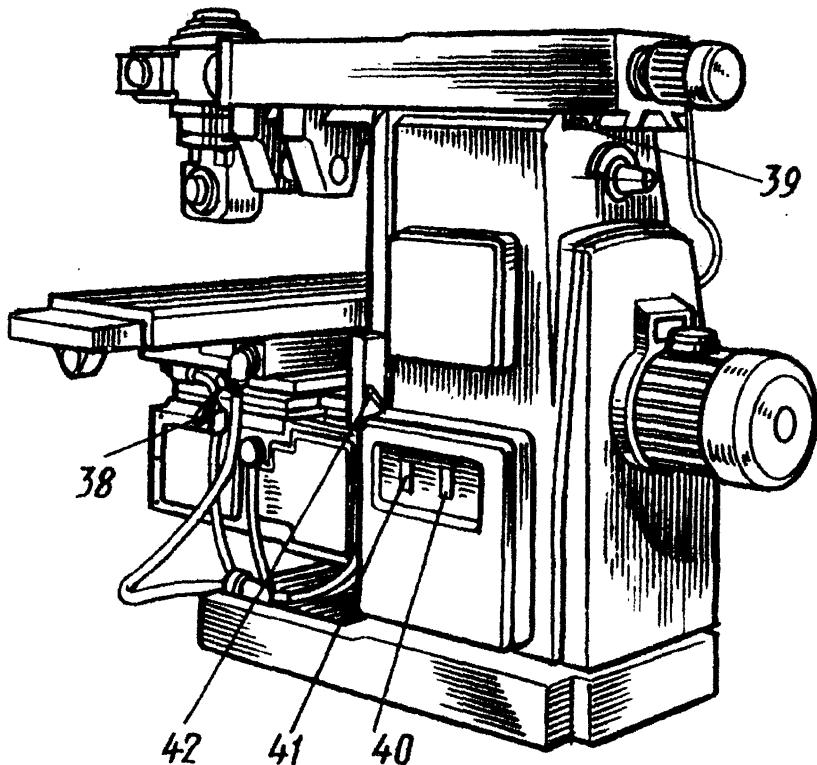


Рис. 33. Общий вид станка
 1, 22 – рукоятки включения, 2, 37 – рукоятки включения поперечной и вертикальной
 5 – переключатель вращения горизонтального шпинделя «Влево–вправо», 6, 24 –
 скоростей горизонтального шпинделя, 8, 27 – кнопка «Стоп», 9, 26 – кнопка «Пуск
 частоты вращения шпинделя, 12, 25 – кнопка «Быстро стоп», 13 – кнопка «Импульс
 хобота, 16 – рукоятки переключения скоростей шпинделя поворотной головки,
 19 – маховицок выдвижения гильзы шпинделя, 20 – рукоятка зажима гильзы и шпинделя,
 подачи стола, 23 – механизм зажима стола, 28 – переключатель ручного
 перемещений стола, 30 – лимб механизма поперечных перемещений стола,
 33 – кнопка фиксации грибка переключения подачи, 34 – грибок переключения подачи,
 зажима салазок на направляющих консоли, 39 – винт зажима хобота,
 41 – переключатель управления «Автоматический цикл–ручное управление–



б)

модели 6М82Ш:

подач стола, 4 – переключатель насоса охлаждения «Включено–выключено», маховики ручного продольного перемещения стола, 7 – рукоятка переключения шпинделя, 10 – стрелка указателя частоты вращения шпинделя, 11 – указатель шпинделя, 14 – переключатель освещения, 15 – маховик ручного перемещения зажима серги, 18 – механизм зажима поворотной головки, 21 – звездочка механизма автоматического цикла, 22 – рукоятка включения продольной или автоматического управления стола, 29 – маховик ручных поперечных 31 – кольцо нониуса, 32 – рукоятка ручных вертикальных перемещений стола, 35 – указатель подачи стола, 36 – стрелка указателя подачи стола, 38 – рукоятка 40 – реверсивный переключатель направления вращения шпинделя накладной головки, работа с круглым столом, 42 – рукоятка зажима консоли

По технологическому признаку различают фрезы для обработки плоскостей, пазов, шлицев, фасонных поверхностей, тел вращения, зубчатых и резьбовых поверхностей, разрезания материала и др.

По конструктивным признакам фрезы подразделяют следующим образом: 1) по расположению зубьев на исходном цилиндре (торцовые, цилиндрические, дисковые, двухсторонние, угловые, фасонные, концевые и др.); 2) по конструкции зуба (с острозаточенными и затылованными зубьями); 3) по направлению зуба (с прямыми, наклонными, винтовыми, разнонаправленными зубьями); 4) по конструкции фрезы (цельные, составные, со вставными зубьями, сборные); 5) по способу крепления (насадные, концевые с коническим или цилиндрическим хвостовиком); 6) по виду инструментального материала режущей части (из быстрорежущей стали, твердых сплавов, режущей керамики, сверхтвердых материалов). Основные типы фрез показаны на рис. 34.

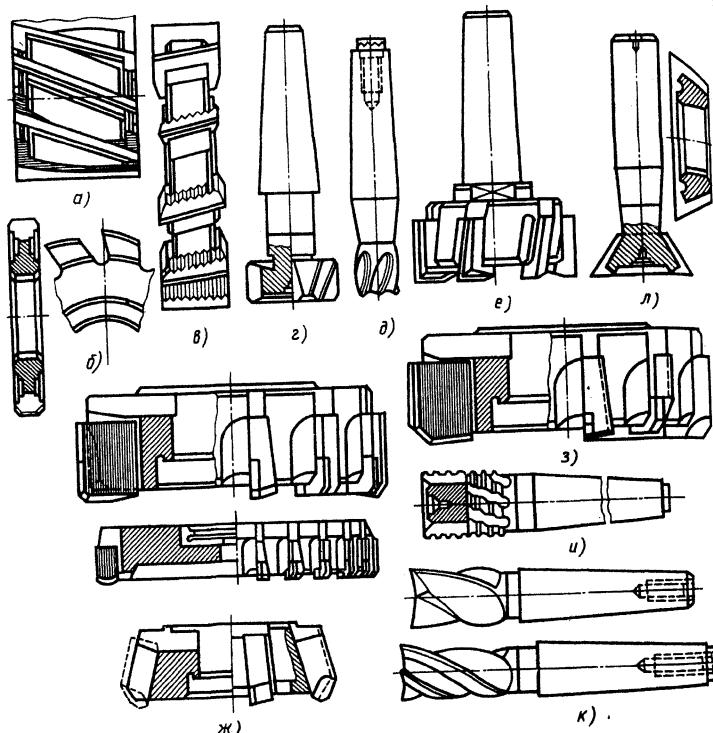


Рис. 34. Основные типы фрез:

а – цилиндрическая, б – дисковая, в – Т-образная, г – концевая,
е – торцовая с хвостовиком, ж – торцовая насадная, з – торцовая ступенчатая,
и – концевая обдирочная, к – шпоночная, л – угловая

Цилиндрические и торцовые фрезы предназначены для обработки плоскостей. Дисковые фрезы (пазовые, двухсторонние, трехсторонние) применяют для фрезерования пазов, уступов и боковых плоскостей. Прорезные и отрезные фрезы используют для прорезания узких пазов и разрезания материалов. Концевые фрезы применяют для обработки пазов, уступов и плоскостей шириной $B \leq 0,8 D$, где D – диаметр концевой фрезы. Угловые фрезы применяют в основном для фрезерования стружечных канавок режущих инструментов и скосов. Фасонные фрезы предназначены для фрезерования фасонных поверхностей.

Фрезы изготавливают цельными и сборными (корпус из конструкционной стали, а режущие зубья из быстрорежущей стали или твердого сплава). Цилиндрические фрезы диаметром до 90 мм, торцовые насадные фрезы диаметром до 110 мм, дисковые трехсторонние фрезы с мелким зубом, дисковые пазовые, угловые, фасонные, отрезные, прорезные, концевые и шпоночные фрезы изготавливают цельными. Цилиндрические, торцовые и дисковые фрезы диаметром более 75 мм и торцовые фрезерные головки изготавливают со вставными зубьями.

Широкое распространение получили сборные фрезы со вставными ножами из быстрорежущей стали или твердого сплава (рис. 34, е, ж, з) и с механическим креплением режущих пластин.

Для одновременного фрезерования нескольких поверхностей применяют набор фрез, состыкованных с помощью цилиндрических выточек на торцах фрез. Широко применяют сборные конструкции фрез с неперетачиваемыми твердосплавными пластинами. Механическое крепление пластин дает возможность их поворота для обновления режущей кромки и позволяет использовать фрезы без перетачивания. После полного износа пластина быстро заменяется новой. Торцовые фрезы общего назначения оснащаются круглыми, шестигранными, пятигранными, четырехгранными, трехгранными твердосплавными пластинами.

Для фрезерования заготовку устанавливают и закрепляют на столе станка. В единичном и мелкосерийном производстве для этого применяют универсальные приспособления (машинные тиски, прижимные планки и т. д.), а в серийном и массовом – специальные приспособления. На рис. 35 показаны схемы фрезерования поверхностей на универсальных фрезерных станках.

При фрезеровании на горизонтально-фрезерных станках, как правило, используют продольную $S_{\text{пр}}$ и реже поперечную $S_{\text{п}}$ и вертикальную $S_{\text{в}}$ подачи. На вертикально-фрезерных станках используют продольную и поперечную подачи в зависимости от пространственного расположения обрабатываемой поверхности, а вертикальную подачу практически не используют. Вертикальные поверхности на горизонтально-фрезерных станках (рис. 35, а) обрабатывают торцовыми насадными фрезами или фрезерными головками, а на вертикально-фрезерных (рис. 35, г) – концевыми фрезами.

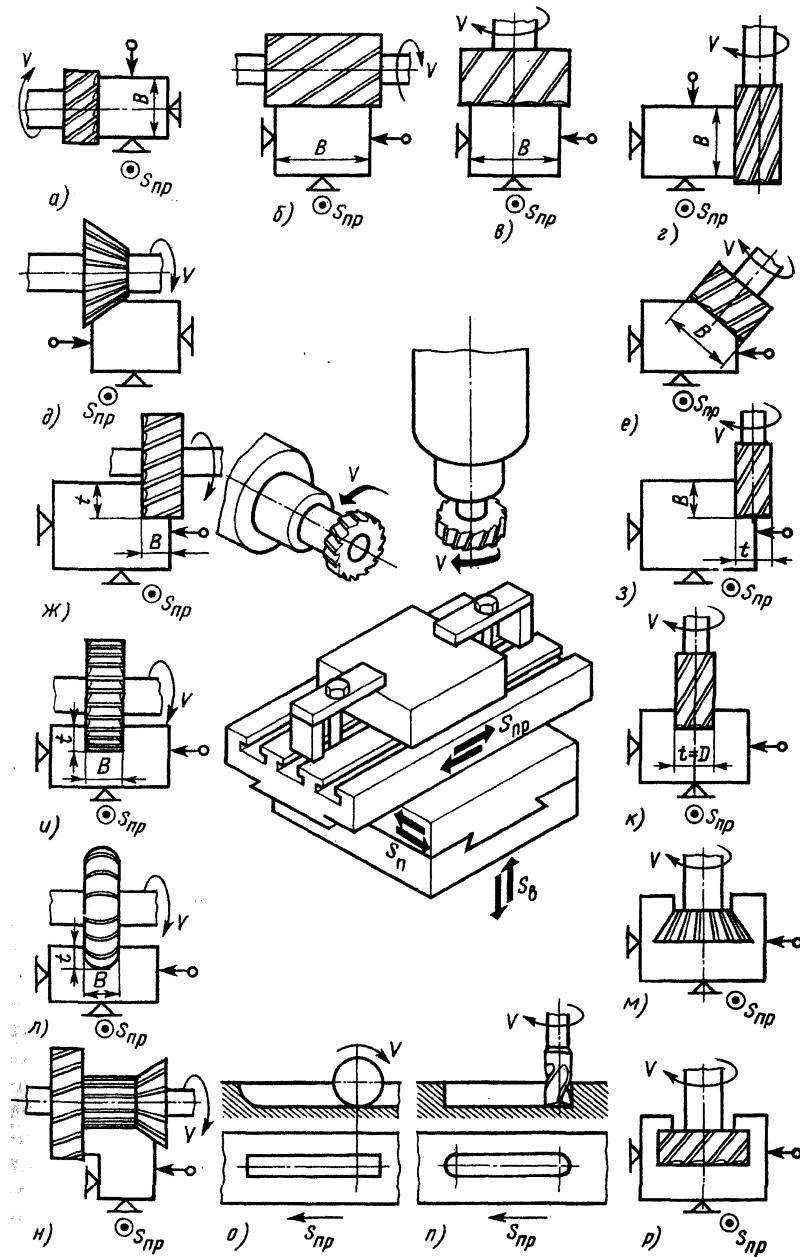


Рис. 35. Схемы фрезерования поверхностей

Горизонтальные поверхности обрабатывают цилиндрическими фрезами на горизонтально-фрезерных станках (рис. 35, б) и торцовыми насадными фрезами на вертикально-фрезерных станках (рис. 35, в).

Узкие наклонные поверхности на горизонтально-фрезерных станках получают угловой фрезой (рис. 35, д). Широкие наклонные поверхности удобнее обрабатывать на вертикально-фрезерных станках с поворотной шпиндельной головкой (рис. 35, е), торцовой насадкой или концевой фрезами. Уступы и прямоугольные пазы на горизонтально-фрезерных станках обрабатывают соответственно дисковыми двухсторонними (рис. 35, ж) и трехсторонними (рис. 35, е), а на вертикально-фрезерных станках – концевыми (рис. 35, з, к) фрезами. Фасонные поверхности обрабатывают фасонными фрезами (рис. 35, л). Пазы типа «ласточкин хвост» и Т-образные обрабатывают на вертикально-фрезерных станках: сначала фрезеруют прямоугольный паз концевой фрезой, а затем концевой угловой (рис. 35, м) или Т-образной фрезой (рис. 35, п).

На горизонтально-фрезерных станках шпоночные пазы обрабатывают дисковыми фрезами (рис. 35, о), а на вертикально-фрезерных – концевыми или шпоночными фрезами (рис. 35, п). Одновременную обработку нескольких поверхностей выполняют набором фрез (рис. 35, у).

Оборудование и технологическая оснастка

1. Широкоуниверсальный горизонтально-фрезерный станок 6М82Ш.
2. Машинные тиски, прижимные планки.
3. Фрезы: цилиндрическая, дисковая, торцоввая, концевая, шпоночная, фасонная.

Порядок проведения работы

1. Изучить назначение основных узлов широкоуниверсального горизонтально-фрезерного станка 6М82Ш.
2. Изучить классификацию фрез.
3. Ознакомиться с основными методами фрезерной обработки. Для заданных преподавателем поверхностей детали назначить метод обработки и выбрать фрезу, описать характер и направление движений резания.
4. Составить отчет, содержащий эскиз фрезерного станка с обозначением основных узлов, схемы механической обработки.

Контрольные вопросы

1. Виды поверхностей обрабатываемых на фрезерных станках.
2. Основные узлы широкоуниверсального горизонтально-фрезерного станка 6М82Ш, их назначение.
3. Классификация фрез.
4. Кинематика процесса резания на фрезерных станках.

Лабораторная работа № 13

ОБРАБОТКА НА СВЕРЛИЛЬНЫХ СТАНКАХ

Цель работы

Изучить устройство вертикально-сверлильного станка, ознакомиться с основными методами обработки отверстий и классификацией осевого инструмента.

Содержание

Сверлильные станки предназначены для сверления, рассверливания, зенкерования, снятия фасок, развертывания, растачивания, нарезания резьбы. По степени специализации станки подразделяются на универсальные и специальные; по степени автоматизации – на автоматические, полуавтоматические, с программным управлением, с механической и ручной подачей.

На рис. 36 показан общий вид вертикально-сверлильного станка мод 2Н135, предназначенного для использования в единичном, мелко- и среднесерийном производстве.

Техническая характеристика

Наибольший диаметр сверления, мм.....	35
Частота вращения шпинделя (число ступеней 12), об./мин	31,5...1400
Подача (число ступеней 9), мм/об.	0,1...1,6

Колонна 6 (рис. 36) станка – чугунная отливка, имеющая направляющие типа «ласточкин хвост», по которым перемещаются сверлильная головка 16 (со шпинделем 9) и стол 13. Стол станка имеет три Т-образных паза. Колонна крепится к фундаментной плите 14, на которой установлен электронасос 15. Коробка скоростей 2 посредством блоков зубчатых колес сообщает шпинделю 9 вращение от электродвигателя 1 через муфту и зубчатую передачу. Последний вал коробки – гильза – имеет шлицевое отверстие, через которое вращение передается шпинделю. Через зубчатую пару вращение передается на коробку подач. Смазывание коробки осуществляется от плунжерного насоса 3. Блоки зубчатых колес коробки скоростей переключаются рукояткой 7, имеющей четыре положения по окружности и три вдоль оси.

Коробка подач 5 смонтирована в отдельном корпусе и установлена в сверлильной головке. Переключение подач производится рукояткой, расположенной на лицевой стороне сверлильной головки, через рычажную систему, которая перемещает вилки, связанные с блоками колес.

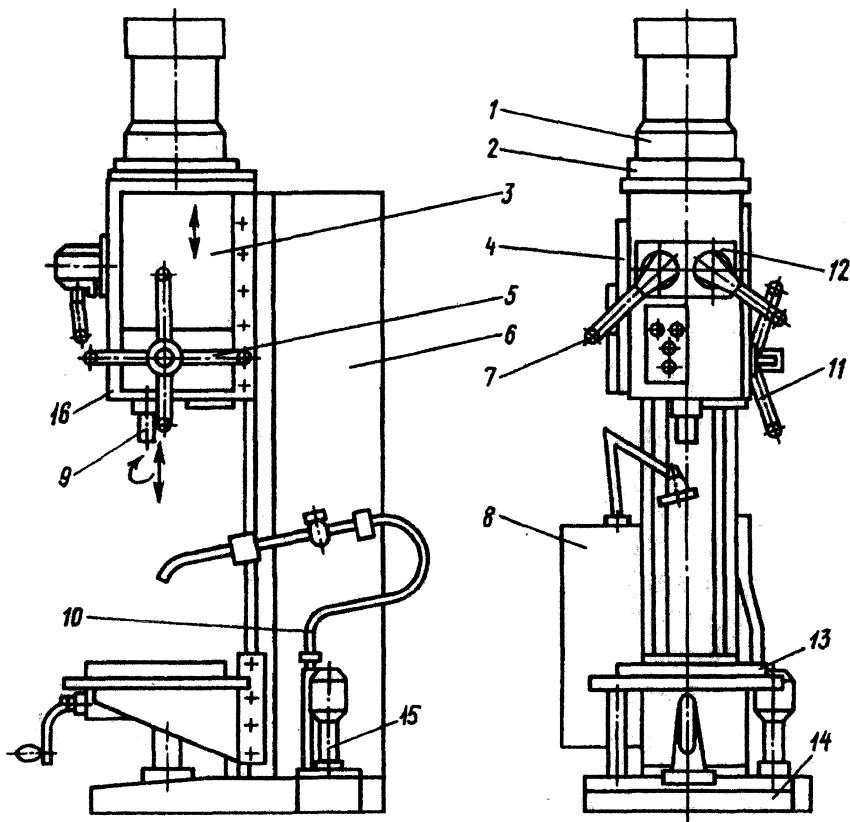


Рис. 36. Общий вид вертикально-сверлильного станка мод. 2Н135:
 1 – привод, 2 – коробка скоростей, 3, 4 – плунжерный насос, 5 – коробка подач,
 6 – колонна, 7 – механизм управления скоростями, 8 – электрооборудование,
 9 – сверлильная головка, 10 – трубопровод охлаждения, 11 – штурвал механизма
 подач, 12 – механизм управления подачами, 13 – стол, 14 – основание,
 15 – насос системы охлаждения, 16 – сверлильная головка

Для обработки заготовок применяют сверла, зенкеры, развертки, метчики, комбинированные инструменты, расточный инструмент (рис. 37). Для сверления и растачивания используют спиральные сверла (рис. 37, а).

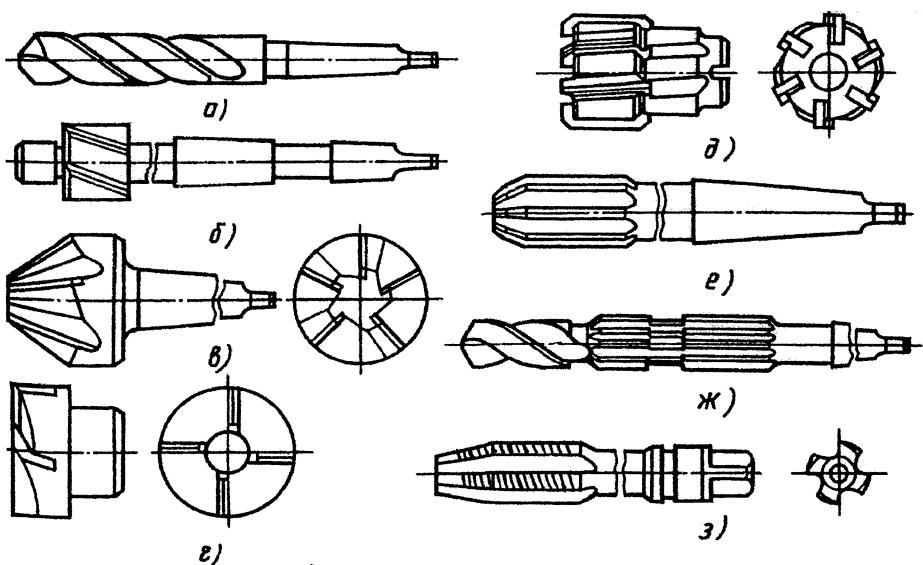


Рис. 37. Режущие инструменты для обработки отверстий на сверлильных станках

Для сверления глубоких отверстий большого диаметра используют первовые сверла. Отверстия большого диаметра сверлят полыми головками для кольцевого сверления.

Зенкеры используют для обработки отверстий, предварительно полученных литьем, ковкой или сверлением. Применяют цилиндрические (рис. 37, б), конические (рис. 37, в) и торцовые (рис. 37, г) зенкеры.

Развертки используют для окончательной обработки отверстий. Применяют цилиндрические (рис. 37, д, е) и конические развертки – цельные (рис. 37, е) и со вставными ножами (рис. 37, д).

В крупносерийном и массовом производстве применяют комбинированный инструмент (рис. 37жс), позволяющие объединять несколько видов обработки.

Для нарезания внутренней резьбы используют метчики (рис. 37, з), которые закрепляют в специальном патроне.

Сверлением (рис. 38, а) получают сквозные и глухие цилиндрические отверстия (квалитет 12–13; $Ra=6,3\ldots12,5$). Отверстия диаметром больше 30 мм в сплошном материале обычно сверлят двумя сверлами (первое меньшего и второе большего диаметра) в целях уменьшения осевой силы и предотвращения значительного увода сверла.

Рассверливание (рис. 38, б) спиральным сверлом выполняют для увеличения диаметра отверстия. Диаметр отверстия под рассверливание выбирают так, чтобы в работе не участвовала поперечная режущая кромка.

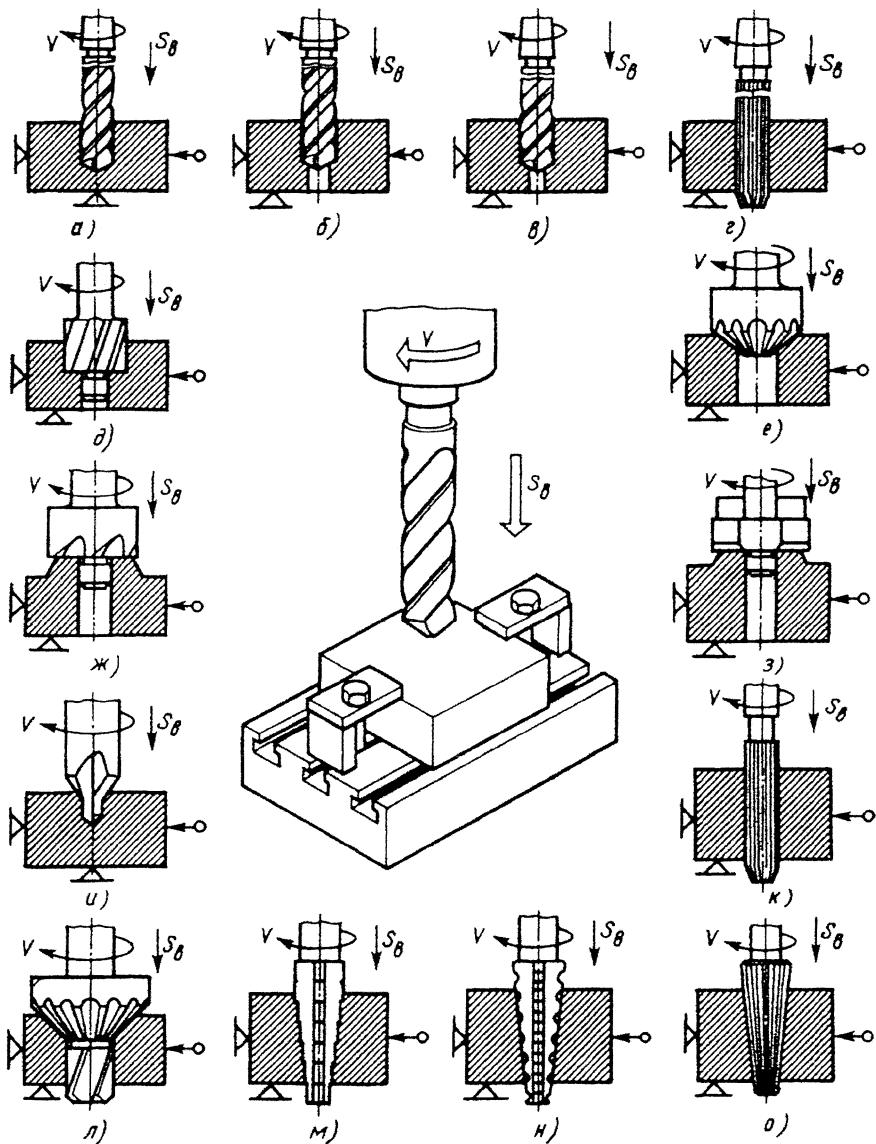


Рис. 38. Основные схемы обработки на сверлильных станках

Зенкерование – (рис. 38, *ε*) применяют как предварительную обработку литьих, штампованных или просверленных отверстий под последующее развертывание.

ние, растачивание или протягивание. Точность зенкерования 8–11-го квалитета (при шероховатости $Ra = 3,2 \dots 6,4$ мкм). Зенкерование может быть и окончательной операцией. В отличие от рассверливания зенкерование обеспечивает большую производительность и точность обработки.

Развертывание – чистовая обработка цилиндрических и конических отверстий с точностью 5–7-го квалитета и шероховатостью $Ra = 1,25 \dots 2,5$ мкм. Развертывание конических отверстий проводят в следующей последовательности: сначала отверстия в заготовке обрабатывают коническим ступенчатым зенкером (рис. 38, *м*), далее – конической разверткой (рис. 38, *н*) со стружкоразделительными канавками и затем конической разверткой (рис. 38, *о*) с гладкими режущими кромками.

Зенкованием обрабатывают цилиндрические (рис. 38, *д*) и конические (рис. 38, *е*) углубления под головки болтов и винтов. Обработку ведут зенковками спиральной конструкции. Некоторые зенковки (рис. 38, *д*) имеют направляющую часть, обеспечивающую соосность углубления и основного отверстия.

Цекованием (рис. 38, *ж*, *з*) обрабатывают торцевые поверхности, являющиеся опорными плоскостями головок гаек, винтов, болтов. Перпендикулярность торца к основному отверстию обеспечивается наличием направляющейся части у цековки (рис. 38, *ж*) и у пластинчатого резца (рис. 38, *з*).

Нарезание резьбы (рис. 38, *к*) выполняют метчиком.

Комбинированным инструментом получают ступенчатые отверстия, цилиндрические отверстия с конической фаской (рис. 38, *и*, *л*).

Оборудование и технологическая оснастка

1. Вертикально-сверлильный станок 2Н135.
2. Машинные тиски.
3. Осевой инструмент: сверло, зенкер, развертка, метчик.

Порядок проведения работы

1. Изучить назначение основных узлов вертикально-сверлильного станка 2Н135.
2. Изучить классификацию осевого инструмента.
3. Ознакомиться с основными методами обработки отверстий на сверлильном станке. Для заданных преподавателем поверхностей детали назначить метод обработки, выбрать режущий инструмент.
4. Составить отчет, содержащий эскиз вертикально-сверлильного станка с обозначением основных узлов, схемы механической обработки.

Контрольные вопросы

1. Методы обработки отверстий на сверлильных станках.
2. Основные узлы вертикально-сверлильного станка 2Н135, их назначение.
3. Классификация осевого инструмента.
4. Кинематика процесса резания на сверлильных станках.

Лабораторная работа № 14

ОБРАБОТКА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

Цель работы

Изучить устройство шлифовальных станков и классификацию шлифовальных кругов, ознакомиться с основными схемами шлифования.

Содержание

Шлифование – высокопроизводительный метод обработки, широко используемый в машиностроении главным образом для чистовой отделочной обработки деталей, в том числе после закалки. Шлифование обеспечивает изготовление точных деталей с малыми отклонениями формы, размеров, малым параметром шероховатости поверхности.

Режущим инструментом при шлифовании является шлифовальный круг 1 (рис. 39), состоящий из зерен абразива 3, скрепленных между собой связкой 5. Между связкой и зернами имеются поры 4. Абразивные зерна представляют собой измельченный абразивный материал, имеющий повышенную твердость и теплостойкость. В зависимости от используемого абразивного материала различают шлифовальные круги алмазные, эльборовые, электрокорундовые, карбидкремневые и др. На рабочих поверхностях круга зерна расположены беспорядочно и выступают на различную высоту, поэтому все зерна работают неодинаково: одни срезают стружку, другие скользят по обрабатываемой поверхности, трети деформируют поверхностный слой. При вращательном движении круга 1 и перемещении заготовки 2 вершинами выступающих абразивных зерен срезается материал в виде очень большого числа тонких стружек. Процесс резания каждым зерном осуществляется практически мгновенно. Обработанная поверхность представляет собой совокупность микроследов абразивных зерен и имеет малую шероховатость.

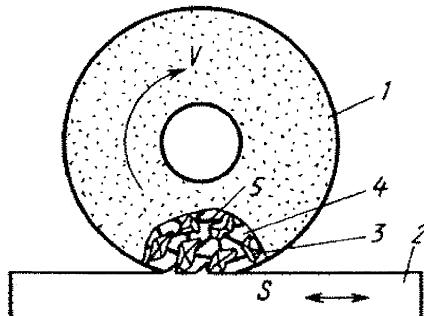


Рис. 39. Схема плоского шлифования

Вследствие огромного количества работающих зерен и высокой скорости вращения круга, количество контактов зерен с поверхностью заготовки в единицу времени очень велико (до 100 000 000 в минуту), что дает возможность снимать при шлифовании значительные объемы металла и обеспечивать высокую производительность обработки. Скорость резания при шлифовании высокая – свыше 35 м/с. Процесс шлифования сопровождается значительным выделением тепла в зоне резания, температура достигает 1000...1500 °C. Возникающие в зоне резания значительные кратковременные перегревы часто приводят к появлению прижогов. Для уменьшения теплового воздействия процесс шлифования выполняют при обильной подаче смазочно-охлаждающей жидкости.

Для осуществления шлифования необходимо, чтобы заготовка и шлифовальный круг имели определенные относительные движения. При шлифовании главным движением резания является вращение шлифовального круга V_k , а движения подачи в зависимости от схемы шлифования сообщаются заготовке или инструменту. Характер движения подачи – поступательное или вращательное также зависит от схемы шлифования. Схемы основных видов шлифования отображены на рис. 40.

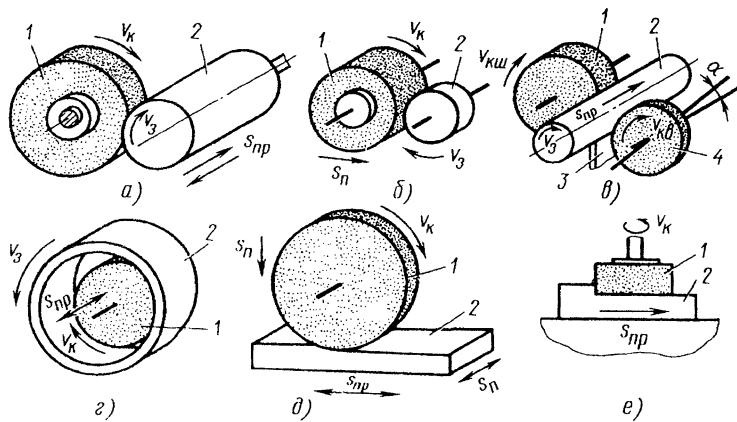


Рис. 40. Основные схемы шлифования:
 1 – шлифовальный круг; 2 – заготовка

Различают шлифование периферией круга и торцом круга. В первом случае режущей частью является наружная цилиндрическая поверхность круга (рис. 40, а, б, в, г), а во втором – торец круга (рис. 40, е). В зависимости от расположения и формы обрабатываемой поверхности шлифование подразделяют на следующие виды: наружное (рис. 40, а, б, в, д, е); внутреннее (рис. 40, г); круглое (рис. 40, а, б, в, г); плоское (рис. 40, д, е).

Абразивные инструменты классифицируют по геометрической форме и размерам, виду абразивного материала, зернистости или размерам абразивных зерен, типу связки, твердости, структуре.

Типы и основные размеры шлифовальных кругов стандартизованы. На рис. 41 представлены формы сечений шлифовальных кругов и их основные размеры.

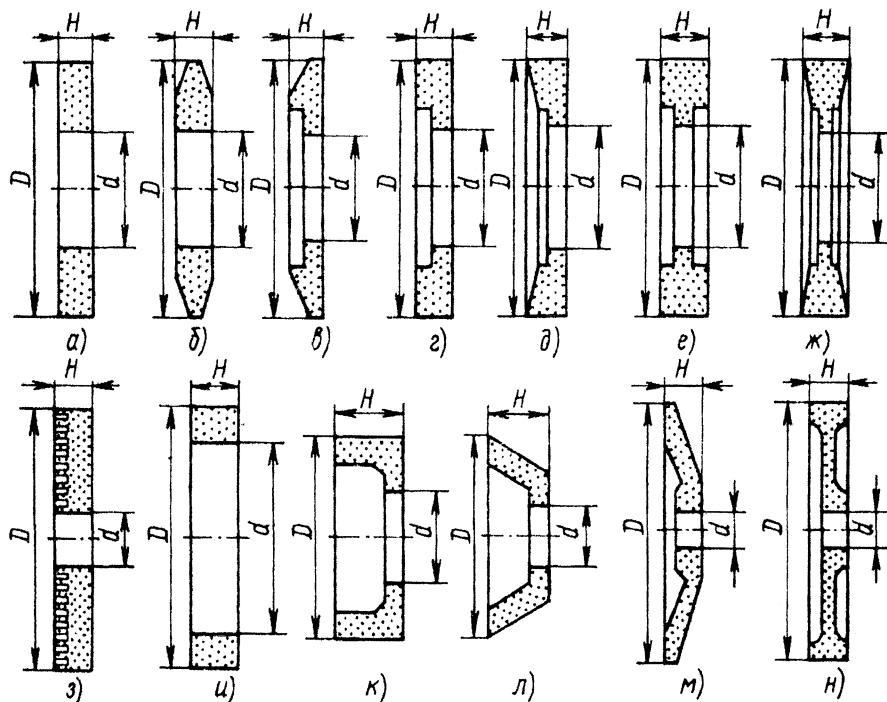


Рис. 41. Формы сечений шлифовальных кругов:
 а – прямого профиля (ПП), б – с двусторонним коническим профилем (2П),
 в – с коническим профилем (3П), г – с выточкой (ПВ),
 д – с конической выточкой (ПВК), е – с двусторонней выточкой (ПВД),
 жс – с двусторонней конической выточкой (ПВДК), з – специальный,
 и – кольцевой (К), к – чашечный цилиндрический (ЧЦ),
 л – чашечный конический (ЧК), м – тарельчатый (Т),
 н – с двусторонней выточкой и ступицей (ПВДС), D – наружный диаметр,
 H – высота, d – диаметр посадочного отверстия

Шлифовальные круги изготавливают из естественных (алмаз, кварц, корунд, наждак, кремень, гранит) и искусственных (электрокорунд, карбид кремния, карбид бора, синтетический алмаз, эльбор) абразивных материалов. В современных шлифовальных кругах в основном используют искусственные абразивные материалы, которые отличаются большей однородностью и низким содержанием примесей. Абразивные материалы характеризуются высокими твердостью, прочностью, теплостойкостью и износостойкостью.

Электрокорунды получают из бокситов и глинозема. Основная составляющая электрокорунда – оксид алюминия Al_2O_3 . В зависимости от процентного содержания оксида алюминия и примесей электрокорунд имеет различный цвет, структуру и свойства. Существует несколько разновидностей электрокорундов: нормальный электрокорунд марок 12A...16A (91...96 % Al_2O_3), белый электрокорунд марок 22A...25A (96...99 % Al_2O_3), хромистый электрокорунд марок 33A, 34A, титанистый электрокорунд марки 37A – легированные электрокорунды с добавлением хрома и титана, монокорунд марок 43A...45A (98 % Al_2O_3).

Карбид кремния – химическое соединение кремния с углеродом, получается при плавке в электропечах кварцевого песка и кокса. Применяют две разновидности карбида кремния: черный марок 53C...55C (89...95 % SiC); зеленый марок 63C...64C (98...99 % SiC).

Карбид бора (КБ) – химическое соединение содержит 84...93% кристаллического карбида бора B_4C .

Алмаз синтетический (АС) получают из углеродосодержащих веществ (например, графит) с добавлением металлических катализаторов (хром, никель, железо, кобальт и др.) под действием высокой температуры и давления.

Эльбор – композит на основе кубического нитрида бора, содержит 44% бора и 56% азота, превосходит по износостойкости все другие абразивные материалы. Эльбор бывает обычной (ЛО) и повышенной (ЛП) прочности. Его получают в результате синтеза гексагонального нитрида бора при высоких температурах и давлениях. В решетке кубического нитрида бора (КНБ) каждый атом бора соединен с четырьмя атомами азота, расположенными в пространстве по вершинам тетраэдра.

Зернистость абразивных материалов характеризует размеры абразивных зерен основной фракции. Основная фракция – совокупность абразивных зерен, преобладающая по массе, объему и числу зерен. В зависимости от размера зерен шлифовальные материалы делят на 4 группы:

- 1) шлифзерно имеют размеры зерен 2500...160 мкм (номера 200 – 16);
- 2) шлифпорошки – размеры зерен 160...40 мкм (номера 12 – 4);
- 3) микропорошки – размеры зерен 63...10 мкм (номера М63 – М14);
- 4) тонкие микропорошки – размеры зерен 10...3мкм (номера М10 – М5).

Номер зернистости абразивного круга выбирают в зависимости от вида шлифования, требуемой шероховатости и точности обработки, материала заготовки, размера припуска. Чаще всего применяют абразивные круги средней зернистости номера 40...16, которые обеспечивают высокую производительность при требуемой шероховатости и точности обработки. Номер зернистости круга увеличивают

при увеличении припуска на обработку, для увеличения производительности процесса шлифования, при увеличении скорости круга, при увеличении вязкости материала заготовки, для уменьшения опасности «засаливания» круга и появления прижогов на заготовке.

Связка абразивных инструментов служит для сцепления абразивных зерен. Она оказывает большое влияние на работоспособность абразивных кругов. От количества, вида, качества и равномерности распределения связки в круге зависят его твердость, прочность, структура, неуравновешенность круга и допустимая скорость шлифования. Для изготовления шлифовальных кругов применяют неорганические (керамические, силикатные), органические (бакелитовые, вулканитовые) и металлические связки. Керамическая связка состоит из огнеупорной глины, полевого шпата, кварца и других веществ. Бакелитовая связка состоит в основном из искусственной смолы – бакелита. Вулканитовая связка представляет собой синтетический каучук, подвергнутый вулканизации для превращения его в прочный, твердый эbonит. Металлическая связка изготавливается из сплавов на основе меди, олова, железа, алюминия, цинка и других металлов. Металлическая связка отличается высокой прочностью и износостойкостью, ее используют в основном для алмазных кругов. Круги на этой связке длительно сохраняют рабочий профиль.

Структура абразивного инструмента характеризует количественное соотношение между абразивными зернами, связкой и порами в единице объема и обозначается номерами от 0 до 20. С увеличением номера структуры число зерен уменьшается, а объем связки – увеличивается.

Твердость абразивных инструментов – это способность связки удерживать абразивное зерно в инструменте при воздействии на него внешних сил. Чем меньше твердость инструмента, тем легче и быстрее из него удаляются затупившиеся зерна, и наоборот. Установлена следующая шкала степеней твердости абразивных инструментов: M1, M2, M3 – мягкие; CM1, CM2 – среднемягкие; C1 и C2 – средние, CT1, CT2, CT3 – среднетвердые; T1, T2 – твердые; BT1, BT2 – весьма твердые; ЧT1 и ЧT2 – чрезвычайно твердые. Цифры 1,2,3 характеризуют твердость в порядке ее возрастания. В большинстве случаев применяют абразивные круги средней твердости, обеспечивающие высокую производительность и большую стойкость. Общее правило выбора твердости абразивных кругов гласит: чем мягче обрабатываемый материал, тем выше должна быть твердость круга, и наоборот. Применение мягких кругов снижает опасность появления прижогов и трещин.

Рассмотрим обработку на круглошлифовальных станках. На рис. 42 показаны основные узлы универсального круглошлифовального станка. Шлифовальный круг 1 устанавливают и закрепляют на шпинделе шлифовальной бабки 3. При шлифовании наружных цилиндрических и конических поверхностей обрабатываемая заготовка может быть установлена в центрах станка, цанге, патроне или специальном приспособлении. На данном рисунке показано закрепление заготовки 2 в центрах 10 передней бабки 8 и задней бабки 4. Передняя и задняя бабки закрепляются на столе станка 5, который имеет возвратно-поступательное движение

ние подачи. Управление станком осуществляется от панели управления 7. Узлы станка монтируются на станине 6.

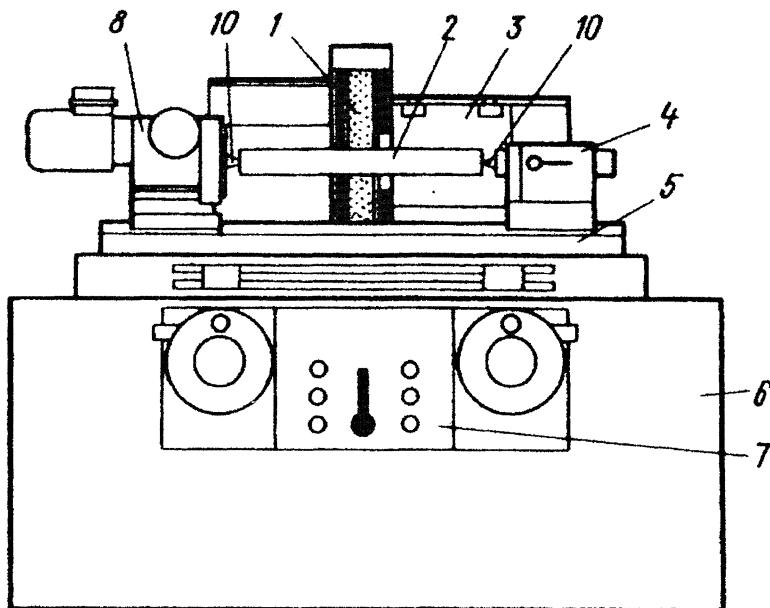


Рис. 42. Основные узлы круглошлифовального станка

Наибольшее распространение получили методы шлифования на центрах. *Наружное круглое шлифование цилиндрических поверхностей* может быть выполнено по схемам, приведенным на рис. 43. Для всех схем шлифования главным движением резания D_r является вращение шлифовального круга. Вращательное движение заготовки – круговая подача D_{Skp} также присутствует во всех схемах круглого шлифования. При шлифовании с продольной подачей (рис.43, а) заготовка совершает движения подачи: вращательное движение – круговая подача D_{Skp} и возвратно-поступательное движение – продольная подача D_{Spp} . В конце каждого хода заготовки шлифовальный круг перемещается на величину поперечной подачи D_{Sh} , поэтому при следующем рабочем ходе срезается новый слой металла, пока не будет достигнут необходимый размер. Для того чтобы свести к минимуму погрешности формы в конце обработки выполняют выхаживание, т.е. несколько продольных рабочих ходов без поперечной подачи. *Врезное шлифование* (рис.43, б) применяют при обработке жестких заготовок в тех случаях, когда ширина шлифуемого участка может быть перекрыта шириной шлифовального круга.

Круг наряду с вращательным движением совершают постоянное движение поперечной подачи $D_{S\pi}$ до достижения необходимого размера детали. Заготовке задается движение круговой подачи D_{Skp} . По сравнению со схемой продольного шлифования данная схема обеспечивает для названного случая повышение производительности. Этот же метод используется при шлифовании фасонных поверхностей и кольцевых канавок. Шлифовальный круг в этом случае направляют в соответствии с формой поверхности или канавки.

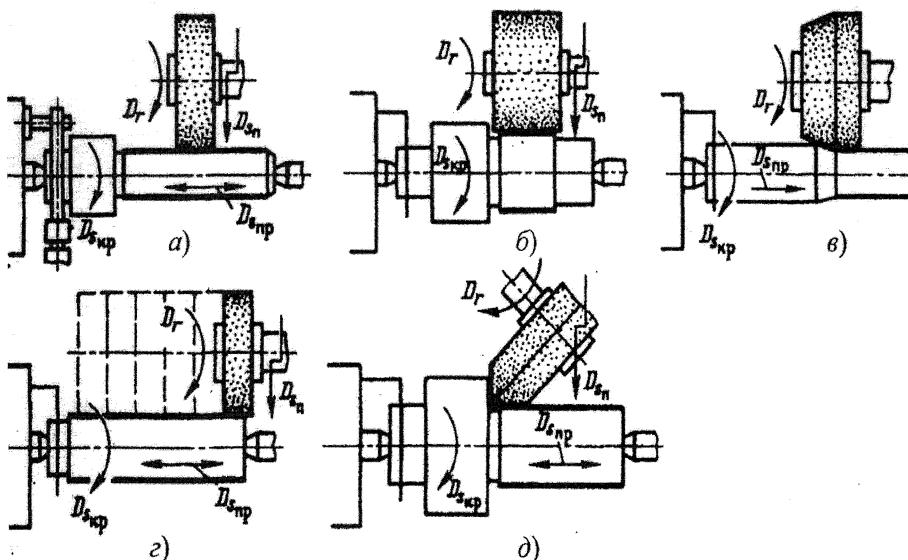


Рис. 43. Схемы обработки на круглошлифовальных станках

Глубинным шлифованием (рис.43, *в*) за один проход снимают слой материала на всю необходимую глубину. На шлифовальном круге формируют конический участок длиной 8...12 мм. В ходе шлифования заготовка осуществляет движения круговой подачи D_{Skp} и продольной подачи D_{Snp} , в результате конический участок шлифовального круга удаляет основную часть срезаемого слоя, а цилиндрический участок зачищает обработанную поверхность. Движение поперечной подачи отсутствует. Шлифование *уступами* (рис.43, *г*) представляет собой сочетание методов, представленных на рис. 43, *а*, *б*. Процесс шлифования уступами состоит из двух этапов. На первом этапе шлифуют врезанием с движением поперечной подачи $D_{S\pi}$, передвигая периодически стол на 0,8...0,9 ширины круга (на рис. отражено штриховой линией). На втором этапе делают несколько ходов с

движением продольной подачи $D_{S_{\text{пр}}}$ для зачистки поверхности при выключенном движении поперечной подачи $D_{S_{\text{п}}}$. Во многих случаях на деталях необходимо обеспечить правильное взаимное расположение цилиндрических и плоских торцевых поверхностей. Для выполнения этого условия шлифовальный круг заправляют по схеме на рис. 43, д и поворачивают на определенный угол. Шлифуют коническими участками круга.

При обработке наружных конических поверхностей необходимо ось заготовки повернуть на угол равный половине угла конуса, тогда положение образующей конуса совпадает с направлением движения продольной подачи. При обработке заготовок в центрах верхнюю часть стола поворачивают вместе с центрами, при закреплении заготовки в патроне поворачивают переднюю бабку. Далее шлифуют по аналогии с обработкой цилиндрической поверхности.

Внутреннее шлифование применяют для получения высокой точности отверстий на заготовках, как правило, прошедших термическую обработку. Шлифованием возможна обработка сквозных и глухих отверстий, цилиндрических, конических и фасонных по форме. Диаметр шлифовального круга должен составлять 0,7...0,9 диаметра шлифуемого отверстия. Обработку выполняют на внутришлифовальных станках. Общий вид и основные узлы внутришлифовального станка отображены на рис. 44.

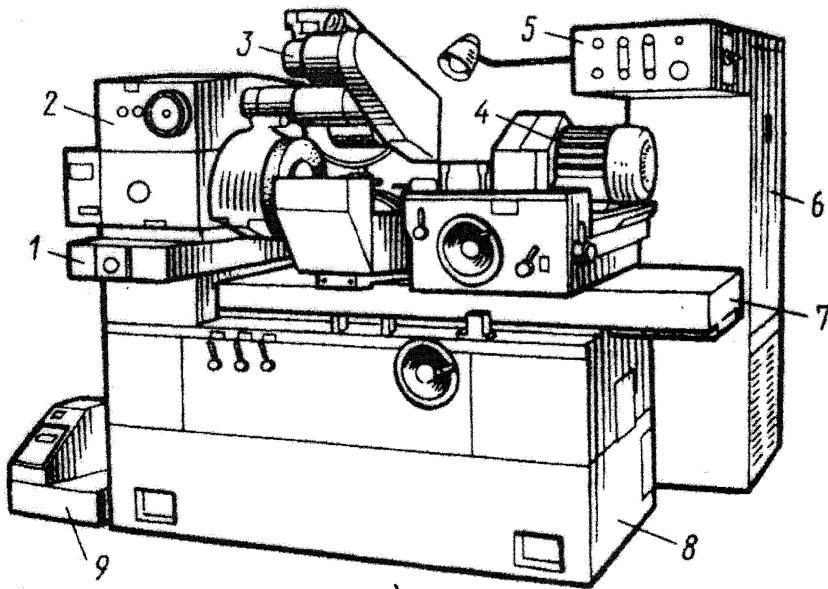


Рис. 44. Общий вид и основные узлы внутришлифовального станка 3К227В

Мост 1 (см. рис. 44) с бабкой детали 2 расположен на верхней плоскости станины 8. При наладке станка салазки, несущие бабку детали, перемещаются по направляющим моста. Торцешлифовальное приспособление 3 установлено на бабке 2. Стол 7 со шлифовальной бабкой 4 совершает возвратно-поступательное движение по направляющим станины. В баке 9 расположен насос и магнитный сепаратор для очистки СОЖ. С тыльной стороны станка расположена насосная станция, электрошкаф 6 с электроаппаратурой и пультом управления 5.

Внутреннее круглое шлифование имеет две разновидности: в патроне (рис. 45, а) и планетарное (рис. 45, б).

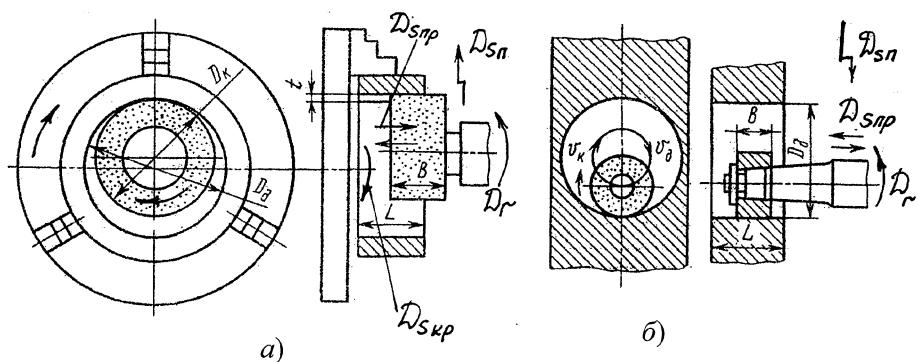


Рис. 45. Схемы внутреннего круглого шлифования

При обработке небольших заготовок, их закрепляют в патроне и задают им вращение – движение круговой подачи $D_{S_{kp}}$. Шлифовальный круг осуществляет главное движение резания D_r , возвратно-поступательное движение – продольную подачу $D_{S_{kp}}$, в конце каждого продольного хода шлифовальный круг перемещается на величину поперечной подачи $D_{S_{pl}}$. На внутреншилифовальных станках также обрабатывают и внутренние торцевые поверхности, внутренние фасонные поверхности шлифуют специально заправленным кругом методом врезания. Внутренние конические поверхности шлифуют с поворотом передней бабки так, чтобы образующая конуса расположилась вдоль направления продольной подачи. Заготовки больших размеров и массы обрабатывают методом планетарного шлифования. Заготовку закрепляют на столе станка неподвижно. Шлифовальный круг вращается вокруг своей оси, а также вокруг оси отверстия, что аналогично движению круговой подачи.

Процесс шлифования на бесцентрово-шлифовальных станках характеризуется высокой производительностью. Заготовки обрабатывают в незакрепленном состоянии, для них не требуется центральных отверстий. На рис. 46 отображены основные узлы бесцентрово-шлифовального станка.

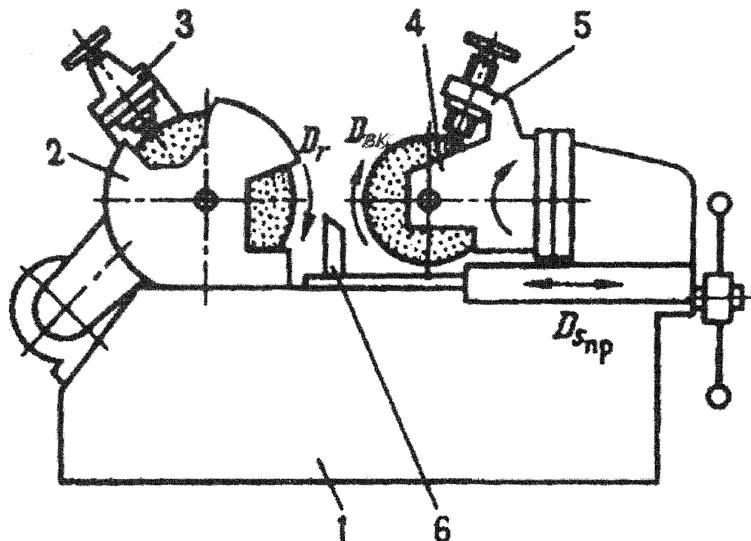


Рис. 46. Основные узлы бесцентрово-шлифовального станка

На станине 1 бесцентрово-шлифовального станка (см. рис. 46) установлены два круга: шлифующий на бабке 2 и ведущий на бабке 4. Каждый из кругов подвергается периодической правке с помощью механизмов 3 и 5. Заготовка расположается между шлифующим и ведущим кругом, а снизу поддерживается упором (ножом) 6. Рассмотрим схемы бесцентрового наружного шлифования (рис. 47). Заготовку 3 устанавливают на нож 2 между двумя кругами – шлифующим 1 и ведущим 4. Эти круги врачаются в одном направлении, но с разными скоростями. Трение между ведущим кругом и заготовкой больше, чем между ней и рабочим кругом. Вследствие этого заготовка получает вращение со скоростью, близкой к окружной скорости ведущего круга. Для обеспечения движения продольной подачи ось ведущего круга устанавливается под углом θ ($1\dots7^\circ$) к оси шлифовального круга (рис. 47, а). Чем больше угол, тем большее подача. Наличие продольной подачи позволяет прошлифовать заготовку на всю длину.

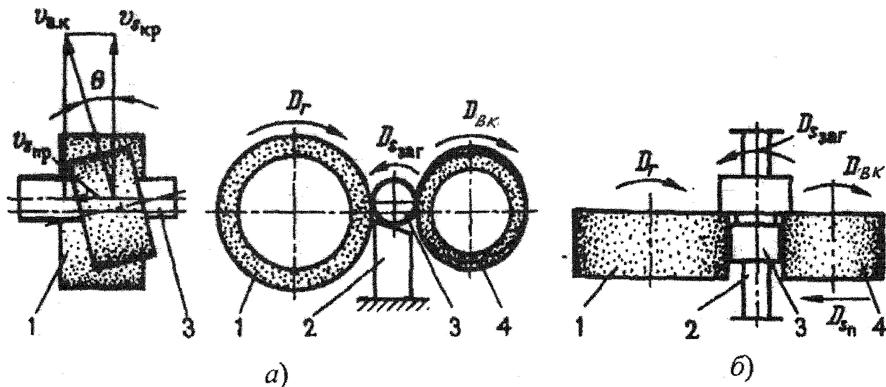


Рис. 47. Схемы бесцентрового наружного шлифования:
а) схема бесцентрового шлифования с продольной подачей;
б) схема бесцентрового шлифования методом врезания

Заготовки ступенчатой формы или с фасонными поверхностями шлифуют методом врезания (рис. 47, б). Для шлифования поверхностей методом врезания шлифовальный круг заправляют в соответствии с профилем детали. Перед шлифованием ведущий круг отводят в сторону, заготовку устанавливают на нож и поджимают ведущим кругом. Обрабатывают с движением поперечной подачи $D_{\text{спр}}$ до получения необходимого размера детали.

Плоское шлифование выполняют периферией круга (рис. 48, а) или торцом круга (рис. 48, б). Заготовки 2 закрепляют на столах станков 1 с помощью магнитных плит, а также в зажимных приспособлениях. Часто выполняют закрепление нескольких заготовок одновременно. Более удобно использовать для закрепления заготовок магнитные столы. Заготовки размещают на столах, затем включают электрический ток и они притягиваются к магнитной плите. При шлифовании периферией круга заготовка совершает возвратно-поступательное движение, которое является движением продольной подачи $D_{\text{спр}}$. Движение подачи на глубину резания $D_{\text{сп}}$ дается в конце продольного хода в крайних положениях стола. Движение поперечной подачи $D_{\text{спр}}$ необходимо в тех случаях, когда ширина круга меньше ширины заготовки. Более производительно шлифование торцом круга, так как в этом случае одновременно в работе участвует большее число абразивных зерен. Шлифование периферией круга позволяет выполнять не только шлифование плоскости, но также шлифование паза, профильное шлифование, предварительно заправив по соответствующей форме шлифовальный круг.

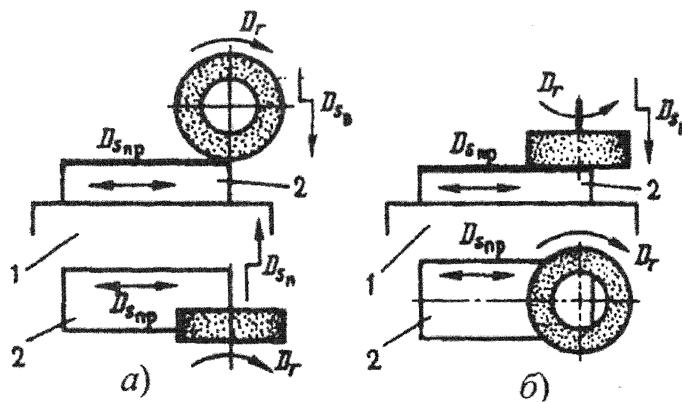


Рис. 48. Схемы обработки на плоскошлифовальных станках:

- а)* схема плоского шлифования периферией круга;
- б)* схема плоского шлифования торцом круга

Плоское шлифование выполняют на плоскошлифовальных станках, общий вид и основные узлы которого отображены на рис. 49.

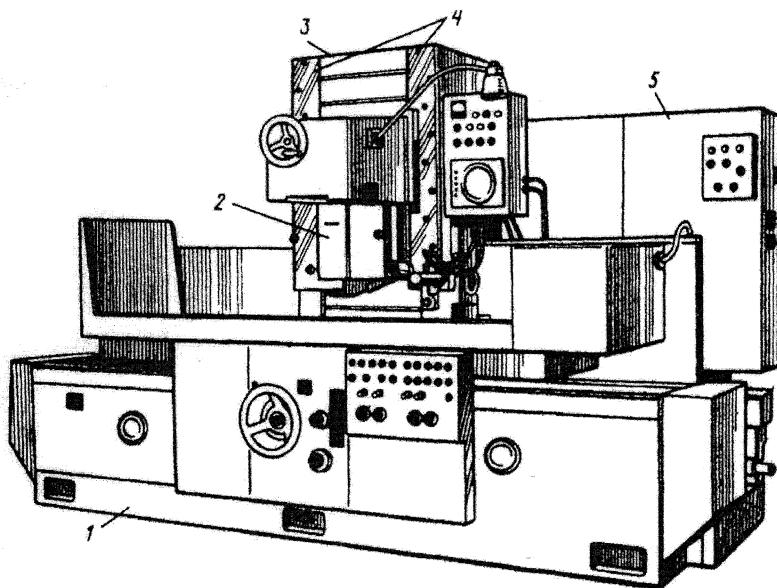


Рис. 49. Общий вид плоскошлифовального полуавтомата мод. ЗП722

Плоскошлифовального полуавтомата мод. ЗП722 с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем имеет следующую компоновку. На тумбе, отлитой совместно со станиной 1, установлена колонна 3 с направляющими 4, по которым перемещается каретка со шлифовальной бабкой 2. Вертикально перемещение каретки со шлифовальной бабкой может быть ручное или автоматическое. Возвратно-поступательное перемещение стола осуществляется по направляющим станины. За станком расположены электрошкаф 5, гидростанция, установка для смазывания шпинделя и агрегат охлаждения.

Оборудование и технологическая оснастка

1. Круглошлифовальный станок мод. ЗУ143МВ.
2. Внутришлифовальный станок мод. ЗМ227ВФ2.
3. Плоскошлифовальный станок мод. ЗГ714.
4. Комплект шлифовальных кругов различных типоразмеров и характеристик.

Порядок проведения работы

1. Изучить назначение основных узлов шлифовальных станков.
2. Изучить классификацию шлифовальных кругов.
3. Ознакомиться с основными методами шлифования. Для заданных преподавателем поверхностей детали назначить схему шлифования, выбрать шлифовальный круг, шлифовальный станок.
4. Составить отчет, содержащий эскиз шлифовального станка (в соответствии с заданием преподавателя) с обозначением основных узлов, схемы механической обработки.

Контрольные вопросы

1. Схемы обработки на круглошлифовальных станках.
2. Схемы обработки на внутришлифовальных станках.
3. Схемы обработки на плоскошлифовальных станках.
4. Классификация шлифовальных кругов.
5. Основные узлы шлифовальных станков, их назначение.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ФОРМЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Лабораторные работы позволяют учащимся приобрести навыки практического обращения с оборудованием, опыт обработки и оформления результатов эксперимента, представления результатов работы в форме отчета.

К отчётом по лабораторным работам предъявляется ряд требований, основным из которых является полное, исчерпывающее описание всей проделанной ра-

боты, позволяющее судить о полученных результатах, степени выполнения заданий и профессиональной подготовке студентов.

Отчет по лабораторной работе должен содержать основные определения, расчетные формулы, результаты и включать следующие разделы:

- титульный лист;
- цель работы;
- краткие теоретические сведения;
- описание экспериментальной установки и методики эксперимента;
- экспериментальные результаты;
- анализ результатов работы;
- выводы.

Объем отчета по лабораторной работе от 4 до 6 машинописных страниц формата А4 (шрифт Times New Roman – 12, не курсив и не жирный).

Цель работы должна отражать тему лабораторной работы, а также конкретные задачи, поставленные студенту на период выполнения работы. По объему цель работы в зависимости от её сложности составляет до 0,5 страницы.

По тексту отчёта по лабораторной работе обязательны ссылки на использованные литературные источники (предпочтительна система ссылок в квадратных скобках). Обязательно использование литературных источников рекомендованных в лекционном курсе. Количество литературных источников – не менее пяти.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для студентов высших учебных заведений / под ред. В.Б. Арзамасова, А.А. Черепахина. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
2. Лахтин, Ю. М Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2009. – 528 с.
3. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. М. Дальский, Т. М. Барсукова, Л. Н. Букаркин и др.; Под общей редакцией А. М. Дальского. – 5-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2003. – 512 с.
4. Полухин, П.И. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов: справочник / П.И. Полухин, Г.Я. Гун, А.М. Галкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1983. – 352 с.
5. Суворов, Н. К. Обработка металлов давлением: учебник для вузов / Н.К. Суворов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1980. – 364 с.
6. Схиртладзе, А. Г Станочник широкого профиля: учебник для профессиональных учебных заведений / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 2001. – 464 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. Свойства металлов и сплавов.....	3
Лабораторная работа № 2. Измерение твердости металлов и сплавов.....	8
Лабораторная работа № 3. Испытание свойств формовочных и стержневых смесей.....	14
Лабораторная работа № 4. Формовка в опоках и заливка форм расплавленным металлом	23
Лабораторная работа № 5. Изучение процесса пластической деформации.....	25
Лабораторная работа № 6. Ручная дуговая сварка	28
Лабораторная работа № 7. Закон постоянства объема и коэффициенты деформации	34
Лабораторная работа № 8. Процесс захвата металла валками и пути его улучшения	38
Лабораторная работа № 9. Определение опережения при прокатке.....	41
Лабораторная работа № 10. Уширение металла при прокатке	44
Лабораторная работа № 11. Обработка на токарных станках	48
Лабораторная работа № 12. Обработка на фрезерных станках	57
Лабораторная работа № 13. Обработка на сверлильных станках.....	66
Лабораторная работа № 14 Обработка на шлифовальных станках.....	71
Требования к содержанию и форме отчета по лабораторной работе	83
Библиографический список	85

Учебное издание

**Дерябин Владимир Дмитриевич,
Кучина Ольга Борисовна,
Мельниченко Валерий Георгиевич**

**ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Учебное пособие к лабораторным работам

Техн. редактор *A.B. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 14.11.2013. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 5,11. Тираж 50 экз. Заказ 485/298.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.