МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Нововоронежский политехнический колледж –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НВПК НИЯУ МИФИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

по дисциплине

ОП.05 Материаловедение

для специальности

14.02.01 Атомные электрические станции и установки

Преподаватель:

Рыжкова Т.А.

Нововоронеж 2019 г.

Пояснительная записка

Настоящие методические указания предназначены для проведения практических работ по дисциплине ОП.05 Материаловедение специальности 14.02.01 «Атомные электрические станции и установки» для закрепления на практике теоретических знаний по дисциплине и приобретения навыков по исследованию и испытаниям материалов, согласно которым оценивается надежность конструкционных материалов, и определяются их области применения.

В сборник входят методические указания по выполнению практических работ по следующим темам дисциплины ОП.05 Материаловедение:

– строение, свойства и способы испытания металлов;

– сплавы железа с углеродом;

– основы термической и химико-термической обработки металлов и сплавов;

– легированные стали;

– литейное производство;

– обработка металлов давлением;

– сварка и пайка;

– обработка металлов резанием.

Сборник содержит указания по следующим практическим занятиям:

1. Расчеты предела текучести, предела прочности, относительного удлинения и относительного сужения при испытании на растяжение.
2. Расчеты твердости материалов по методам Бринелля и Виккерса.
3. Анализ сплава определенной концентрации углерода по диаграмме состояния системы «железо-цементит».
4. Анализ видов термической и химико-термической обработок сплавов.
5. Определение механических, химических, термических характеристик сталей по их маркировке.
6. Технологические процессы различных видов литья.
7. Способы и режимы обработки металлов давлением.
8. Технологические процессы различных видов сварки.

9. Способы и режимы обработки металлов резанием.

После выполнения указанных практических работ студенты должны уметь

- определять свойства и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы, применяемые в производстве, по маркировке, внешнему виду, происхождению, свойствам, составу, назначению и способу приготовления;

- определять твердость материалов;

- проводить исследования и испытания материалов;

- определять режимы отжига, закалки и отпуска стали;

- подбирать конструкционные материалы по их назначению и условиям эксплуатации;

- подбирать способы и режимы обработки металлов (литьем, давлением, сваркой, резанием) для изготовления различных деталей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- виды механической, химической и термической обработки металлов и сплавов;

- виды прокладочных и уплотнительных материалов;

- закономерности процессов кристаллизации и структурообразования металлов и сплавов, защиты от коррозии;

- классификацию, основные виды, маркировку, область применения и виды обработки конструкционных материалов, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве;

- методы измерения параметров и определения свойств материалов;

- основные сведения о назначении и свойствах металлов и сплавов, о технологии их производства;

- особенности строения металлов и сплавов;

- сущность технологических процессов литья, сварки, обработки металлов давлением и резанием;

- классификацию, основные виды, область материалов, применяемых в теплоэнергоустановках и атомных установках на АЭС, основные сведения об их назначении и свойствах, принципы их выбора для применения в производстве.

Практическая работа №1

Расчеты предела текучести, предела прочности, относительного удлинения и относительного сужения при испытании на растяжение

Цель работы: получить представление о методах испытаний на растяжение

1 Теоретическая часть

Среди статических испытаний очень часто применяют испытания на растяжение, позволяющие по результатам одного опыта определить не только свойства, характеризующие прочность (сопротивление металла деформации), но и свойства определяющие пластичность (способность к остаточной деформации без разрушения).

Испытания проводят на специальных разрывных машинах, где образец растягивается двумя равными противоположено направленными силами, приложенными вдоль его оси.

Для испытаний используются стандартные образцы круглого или прямоугольного сечения. Образцы прямоугольного сечения используются для испытания листовых материалов.

Перед испытанием на образцы наносят расчетную длину l_0. С помощью записывающих устройств получают диаграммы растяжения в координатах нагрузка P – деформация (удлинение) Δl (рисунок.1).

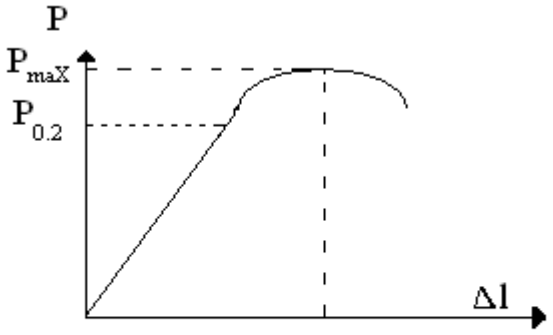

Рисунок 1. Диаграмма растяжения

К основным прочностным характеристикам, определяемым при растяжении образца, относится условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ и предел прочности $\sigma_{â}$/

Напряжение, вызывающее остаточную деформацию, равную 0,2% от расчетной длины образца, называют условным пределом текучести $\sigma_{0,2}$

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}, \qquad (1)$$

где $P_{0,2}$ - нагрузка, вызывающая остаточную деформацию равную 0,2% от начальной длины образца; F_0 - первоначальное сечение образца (до растяжения).

Напряжение соответствующее наиболее нагрузке, предшествующей разрушению образца называется временным сопротивлением или пределом точности $\sigma_{\text{â}}$

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{P_{max}}{F_0}, \qquad (2)$$

где P_{max} - максимальная нагрузка предшествующая разрушению образца.

К пластическим характеристикам, определяемым при растяжении, относится относительно удлинение δ и относительное сужение ψ

$$\delta = \frac{(1_k - 1_0)}{l_0 \cdot 100\%}; \qquad (3)$$

$$\psi = \frac{(F_0 - F_k)}{F_0 \cdot 100\%}, \qquad (4)$$

где l_0 - расчетная длина до растяжения;

l_k - расчетная длина после разрушения;

F_0 - сечение образца до растяжения;

F_k - сечение образца после разрушения в месте разрыва.

2 Условие и варианты задания

Диаграмма растяжения (рисунок 1.2) представляет собой график зависимости нагрузки P, прикладываемой к образцу при растяжении, от деформации (абсолютного удлинения L), образца.

В пределах упругой деформации (от точки 0 до точки 1) зависимость имеет линейный характер. В дальнейшем, при пластической деформации, график изменяется по криволинейной зависимости, имеет максимум в точке 4 и заканчивается точкой разрушения образца (точка 6). Точка 2 соответствует напряжению, которое вызывает остаточную деформацию, равную 0,2% от расчетной длины образца.

В задании необходимо по шести точкам построить диаграмму растяжения прямоугольного образца с размерами **а х в**. Расчетную длину для всех вариантов взять равной Lo = 20 мм. По диаграмме растяжения и исходным данным необходимо определить условный предел текучести, предел прочности и относительное удлинение/

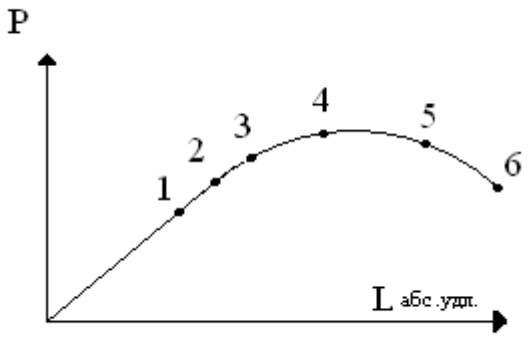

Рисунок 1.2 – Диаграмма растяжения

Данные для построения диаграммы и расчета характеристик приведены в таблицах 1.1, 1.2, 1.3

Таблица 1.1

Величины и единицы измерения		P_1, кГс	P_2, кГс	P_3,кГс	P_4,кГс	P_5, кГс	P_6, кГс
Вариант	1	3250	3600	4200	4800	4600	4000
	2	3000	4000	4750	6000	5800	5000
	3	1450	1700	2100	2250	2050	1700
	4	650	720	840	960	920	800
	5	5000	6500	8075	10200	9850	8500
	6	145	185	210	225	205	170
	7	4250	5250	5500	8400	8120	7000
	8	1700	1980	2690	3400	3200	2830
	9	1300	1500	1680	1920	1840	1600
	10	1000	1250	1500	2000	1930	1670

Таблица 1.2

Величины и единицы измерения		L, кГс	L_2, кГс	L_3,кГс	L_4,кГс	L_5, кГс	L_6, кГс
Вариант	1	6,6	7	10	14	17	20
	2	4	5,5	7	13	16	19
	3	5,5	6,8	9,4	12	14,6	17
	4	9,9	10,5	15	21	25,5	30
	5	6	8	10,5	19,5	24	28,5
	6	1,1	1,5	1,9	2,4	2,9	3,4
	7	8	10	11	26	32	38
	8	3	4,3	5,3	10	12	14
	9	19	25	30	42	51	60
	10	3	4	5,3	8,7	12	14,3

Таблица 1.3

Величины и единицы измерения		а,мм	в,мм
Вариант	1	2	50
	2	4	30
	3	2	60
	4	3	40
	5	5	20
	6	2	10
	7	10	40
	8	1	40
	9	1	30
	10	2,5	40

Критерии оценки

5 (отлично) - диаграмма растяжения начерчена полностью со всеми обозначениями, все вычисления проведены в полном объеме;

4 (хорошо) - диаграмма растяжения начерчена полностью со всеми обозначениями, вычисления проведены в не полном объеме;

3 (удовлетв) - диаграмма растяжения начерчена полностью со всеми обозначениями, вычисления не проведены.

2 (неудовл) – диаграмма растяжения начерчена не полностью, вычисления не проведены.

Практическая работа №2

Расчеты твердости материалов по методам Бринелля и Виккерса

Цель работы: получить представление о методах определения твердости.

Теоретическая часть:

При определении твердости по Бринеллю, в образец вдавливают стальной шарик определенного диаметра, под действием стандартной нагрузки в течение определенного времени. При этом поверхность образца должна быть плоской, горизонтальной и незагрязненной или покрытой окалиной. После снятия нагрузки на поверхности материала остается шаровидный отпечаток.

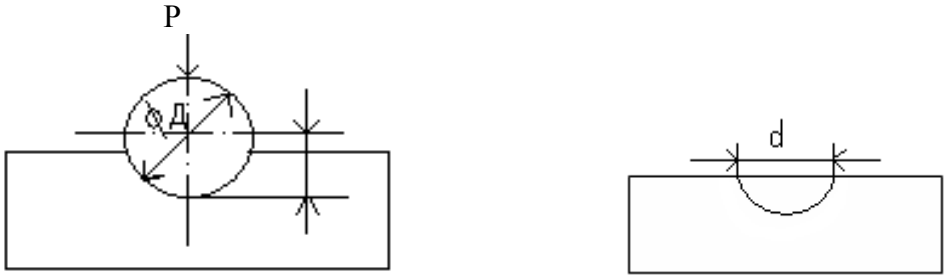

Рисунок 2.1– Метод определения твердости

Твердость по методу Бринелля определяется по формуле:

$$HB=\frac{2P}{\pi Д\cdot\left(Д-\sqrt{Д^2-d^2}\right)}\ , \qquad (1)$$

где P - нагрузка на шарик, кГс

Д - диаметр вдавливаемого шарика, мм

d - диаметр отпечатка, мм.

Определение твердости по методу Виккерса осуществляется вдавливанием в поверхность образца четырехгранной пирамиды с квадратным основанием и углом при вершине 136^0. Твердость по методу Виккерса можно определить по формуле:

$$HV=\frac{2P\cdot\sin\alpha/2}{d^2}, \qquad (2)$$

где P- величина нагрузки;

d – среднее арифметическое значение диагонали отпечатка ($d=(d_1+d_2)/2$);

α - угол при вершине пирамиды (136^0).

2 Условие и варианты задания

Определите твердость материала

2.1 По методу Бринелля, если известны: диаметр шарика D, который внедряется в испытываемый материал, диаметр отпечатка d и величина нагрузки P. Значения диаметров и нагрузок приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Вариант	Величины и единицы измерения		
	D, мм	d,мм	P, кГс
1	5	2,2	700
2	2,5	1,2	200
3	10	2,0	1200
4	5,0	1,2	300
5	2,5	0,8	70
6	10	0,8	280
7	5	0,8	80
8	2,5	0,6	120
9	10	3,0	2500
10	10	2,8	2000

2.2 По методу Виккерса, если известны значения диагоналей отпечатка d_1 и d_2 и нагрузка P на пирамиду. Значения диагоналей отпечатка и величины нагрузок приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Вариант	Величины и единицы измерения		
	d_1 мм	d_2 мм	P, кГс
1	0,246	0,247	10
2	0,48	0,49	120
3	0,303	0,302	20
4	0,399	0,401	50
5	0,33	0,32	30
6	0,5	0,51	100
7	0,42	0,41	50
8	0,27	0,26	10
9	0,401	0,39	100
10	0,214	0,215	5

Критерии оценки

5 (отлично) – расчеты твердости проведены правильно и в полном объеме для двух методов;

4 (хорошо) – расчеты твердости проведены в неполном объеме для двух методов;

3 (удовл.) – расчет твердости проведен правильно для одного метода.

2 (неудовл) – расчеты твердости проведены неправильно.

Практическая работа № 3

Анализ сплава определенной концентрации углерода по диаграмме состояния системы «железо-цементит»

Цель работы: получить представление о фазах и компонентах железоуглеродистых сплавов, научиться работать с диаграммой железо - углерод, изучить превращения, протекающие в сплаве при изменении температуры и концентрации.

1 Условие и варианты задания

Начертите диаграмму «железо - цементит». Укажите структуру во всех

областях. Опишите превращения, протекающие в сплаве, содержащем X % углерода при медленном охлаждении от 1600 до 20 °С. Содержание углерода в % сплаве задано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Исходные данные

Величина	Вариант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С, %	0,2	1,0	5,5	0,8	3,0	0,5	1,2	4,5	0,7	2,9	2,0	1,5

2 Методические указания к выполнению работы

Диаграмма состояния железо - цементит (в упрощенном виде) приведена на рис.3.1. На этой диаграмме точка А соответствует температуре плавления железа (1539°С), точка D - температуре плавления цементита (1250). Линия ACD - линия ликвидус (выше существует жидкий раствор). Она показывает начало первичной кристаллизации: по линии АС из жидкого раствора начинает кристаллизоваться аустенит, по CD - цементит, называемый цементитом первичным (Ц1). Поэтому к области ACE существует жидкий раствор и кристаллы аустенита, в области CDF жидкий раствор и кристаллы цементита. Точка Е показывает максимальную растворимость углерода в аустените 2,14 % при температуре 1147 °С. Она принята в качестве границы деления на стали и чугуны. В точке С с концентрацией 4,3 % углерода и температурой 1147 °С образуется эвтектика ледебурит (Л).

Линия AECF - линия солидус. Она характеризует окончание первичной кристаллизации и является линией начала вторичной кристаллизации (перекристаллизации) характерной для твердой фазы.

Процесс кристаллизации для аустенита заканчивается по линии АЕ. После затвердевания ниже этой линии в области AESG будет находиться однофазная структура — аустенит (А).

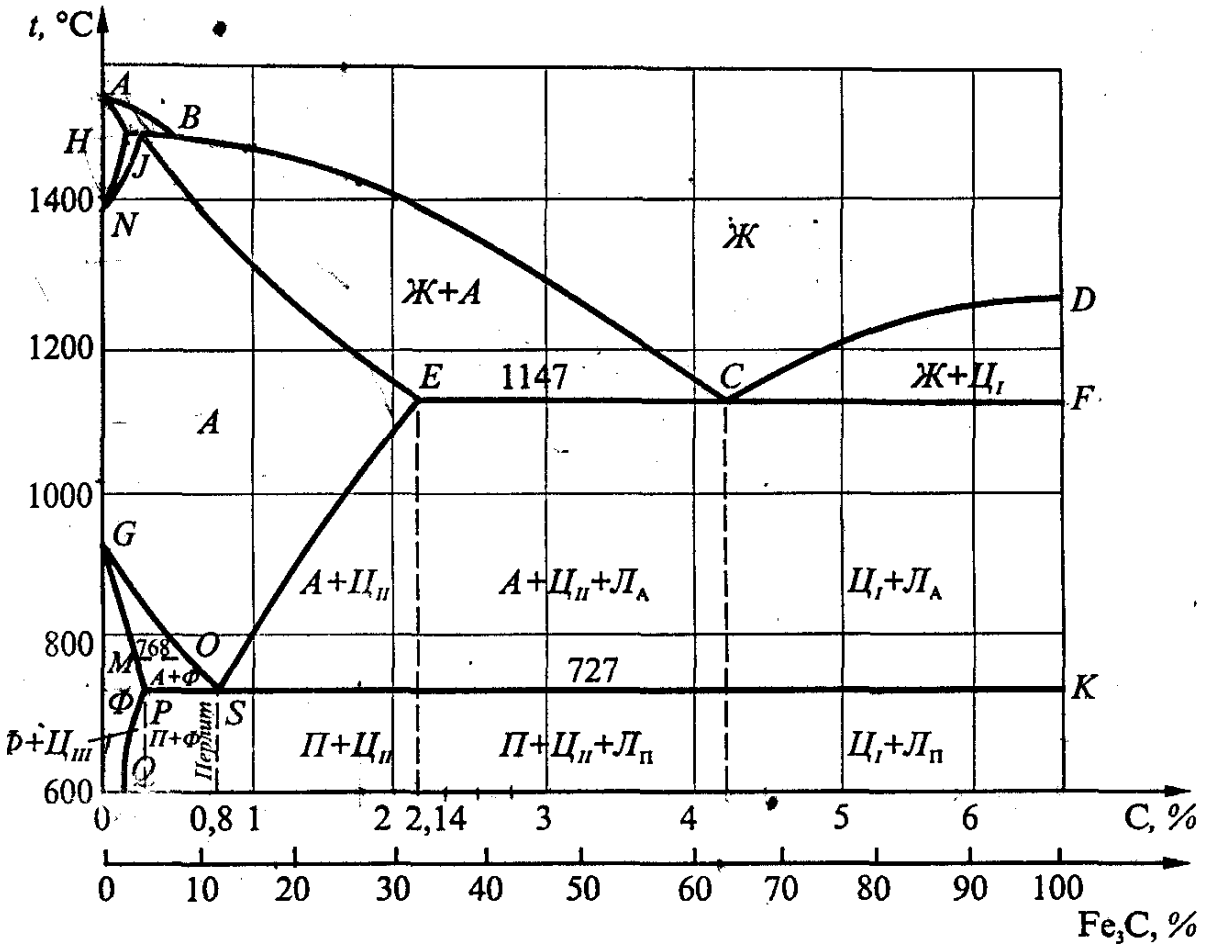

Рисунок 3.1 – Диаграмма состояний соединения «железо-цементит»

Точка G соответствует температуре начала полиморфного превращения *у* - железа в *а* - железо (911 °С). С увеличением содержания углерода до 0,8 % температура превращения аустенита в феррит снижаясь достигает 727 °С (точка 8).

Линия GS - линия начала, линия GP - линия конца превращения аустенита в феррит. Поэтому область GPQ содержит только феррит (Ф). В точке S (концентрация 0,8 % углерода и температура 727 °С) в результате распада аустенита образуется эвтектоидная механическая смесь перлит (механическая смесь феррита и цементита вторичного (Ф+Ц1)). Линия PSK называется линией эвтектоидных превращений.

Линия SE является линией, ограниченной растворимостью углерода в аустените: при снижении температуры содержание углерода в аустените падает с 2,14 до 0,8 %. В связи с этим при охлаждении избыточный углерод выделяется из аустенита в виде вторичного цементита (ЦII).

В зависимости от содержания углерода стали делят на доэвтектоидные (C < 0,8 %), которые можно назвать конструкционными, эвтектоидными (C = 0,8 %) и заэвтектоидными (C > 0,8 %). Последние две группы можно назвать инструментальными сталями.

При температуре 1147 °С аустенит достигает предельной концентрации углерода соответствующей точке Е (2,14 %С), а оставшаяся жидкость - эвтектического состава точки С (4,3 % С). При температуре эвтектики (линия ECF) из жидкого раствора образуется эвтектика - ледебурит, состоящая в момент образования из аустенита состава точки Е и первичного цементита состава точки F (А+ЦII).

Линия ЕС является началом вторичной кристаллизации. При охлаждении ниже температуры 1147 °С из аустенита выделяется углерод в виде вторичного цементита (ЦII). По линии PSK аустенит претерпевает перлитное превращение. В области ЕС-СЕ присутствует аустенит, ледебурит и цементит вторичный (А+Л+ЦII).

Линия GPSK является концом вторичной кристаллизации.

Данная диаграмма применима только для обычных углеродистых сплавов.

Рассмотренные превращения, протекающие в процессе охлаждения железоуглеродистых сплавов, являются обратимыми, т.е. при нагревании сплава наблюдаются обратные явления.

Критерии оценки

5 (отлично) – диаграмма состояния соединения «железо-цементит» начерчена полностью со всеми обозначениями, описание процесса проведено в полном объеме;

4 (хорошо) – диаграмма состояния соединения «железо-цементит» начерчена полностью со всеми обозначениями, описание процесса проведено в не полном объеме;

3 (удовл.) – диаграмма состояния соединения «железо-цементит» начерчена и описание процесса проведено в не полном объеме;

2 (неудовл) – диаграмма состояния соединения «железо-цементит» начерчена не полностью и не проведено описание процесса.

Практическая работа № 4

Анализ видов термической и химико-термической обработок сплава

Цель работы: научиться разрабатывать технологические процессы термической обработки деталей.

Теоретическая часть

Окончательная термическая обработка деталей состоит из закалки и отпуска. В результате закалки получают структуру мартенсит, а отпуском достигают необходимую структуру и свойства, требуемые при эксплуатации детали:

– высокие износостойкость и твердость HRC 58-65 (инструмент, поверхность шестерен, кулачков вала и др.);

– высокую упругость при средней твердости HRC 40-45 (пружины, рессоры);

– высокую вязкость при невысокой твердости HRC 20-30 (валы, оси, шатуны, болты шатунов и др.).

Термической обработкой называют процессы теплового воздействия на металлы с целью изменения их структуры и свойств. Термическая обработка является одним из распространенных и эффективных способов изменения структуры и свойств сталей и сплавов.

Термическая обработка может быть как промежуточной операцией (для облегчения ковки, прокатки, обработки резанием), так и окончательной – для получения в материале или изделии необходимого комплекса свойств. Способы ее реализации подразделяются на собственно термическую, термомеханическую (ТМО) и химико - термическую (ХТО).

Основными видами термической обработкой являются:

- отжиг;

- нормализация;

- закалка и отпуск.

Отжиг и нормализация относятся к смягчающей термической обработке и проводятся как на материале, так и на готовой детали. Закалка и отпуск проводятся всегда в комплексе и только на готовой детали.

Основными параметрами любого вида термической обработки являются:

- температура нагрева;
- время выдержки;
- скорость охлаждения.

Закалка

Закалкой называется термическая обработка, состоящая в нагреве металла выше температур фазовых превращений (A_1 или A_3), выдержке при заданных температурах и последующем охлаждении со скоростью выше критической (***минимальная скорость*** охлаждения, при которой возможно получить структуры мартенсит). В большинстве случаев при закалке необходимо получить наивысшую твердость (**мартенсит НВ 500…700**). Закалку на мартенсит принято считать ***истинной*** закалкой.

В зависимости от температуры нагрева закалку называют полной и неполной. При ***полной закалке*** сталь нагревают выше критической точки A_3, ***при неполной закалке*** нагревают выше критической точки A_1.

Доэвтектоидные стали подвергают полной закалке, поэтому температуру закалки выбирают по формуле:

$$\mathbf{t_{закалки} = A_3 + (30…50)^o\,C.}$$

Заэвтектоидные стали подвергают неполной закалке, поэтому температуру закалки выбирают по формуле:

$$\mathbf{t_{закалки} = A_1 + (30…50)^o\,C.}$$

Низкоуглеродистые стали (содержащие углерода менее 0,30 %) закалке не подвергаются.

Продолжительность нагрева стали зависит от теплопроводности стали, ее химического состава, характера нагревающей среды (электропечь, пламенная печь, соляная ванна или др.), формы изделия (круг, квадрат), расположения деталей (единичное или навалом).

Приближенно время выдержки при нагреве в электропечах можно выбрать по формуле:

$$\boldsymbol{\tau_{выдержки} = \tau_{с.п.} + \tau_{и.в},}$$

где $\boldsymbol{\tau_{с.п.}}$ – время сквозного прогрева, ориентировочно для углеродистых сталей бе-

рется (1,0 …1,5) минуты на 1 мм минимального сечения детали;

$\tau_{и.в.}$ – время изотермической выдержки – составляет 25…30 % от времени сквозного прогрева.

Для легированных сталей время выдержки увеличивается на 25..30 %

Охлаждение при **закалке** проводят со скоростью выше критической, чтобы получить структуру мартенсит. Охлаждающую среду для конкретной стали можно выбрать по таблицам. Практически углеродистые стали охлаждают **в воде**, а легированные стали охлаждают **в масле.**

Отпуск

Отпуск – нагрев закаленных сталей ниже критической точки A_1, выдержки с последующим медленным охлаждением.

Цель отпуска: 1) снять термические напряжения, возникшие после закалки;

2) получить структуру и свойства согласно техническим требованиям или условиям эксплуатации детали.

Отпуск, как правило, является окончательной термической обработкой. Часто технические требования на деталь (изделие) представлены в виде значений твердости. Например, **HB 285…327** или **HRC 42…44**. В зависимости от температурного интервала разработано три вида отпуска: низкотемпературный, среднетемпературный и высокотемпературный.

При низком отпуске только снимаются термические напряжения, возникшие при закалке. Твердость сохраняется высокая

(HB 500…700).

При среднем отпуске: 1) снимаются термические напряжения;

2) понижается твердость (HB 370…470); 3) повышается упругость.

При высоком отпуске: 1) снимаются термические напряжения; 2) значительно понижается твердость (HB 260…360); 3) повышается вязкость.

В таблице 4.1 показаны превращения, происходящие при отпуске.

Таблица 4.1 Превращения при отпуске

Температура отпуска, ^{0} С	Вид отпуска	Характер превращения	Значение твердости, НВ
150…300	Низкий	Мартенсит (закалки) → мартенсит (отпуска)	500…700
350…520	Средний	Мартенсит (закалки) → троостит	370…470
520… 650	Высокий	Мартенсит (закалки) → сорбит	260…360

Определение основных параметров при термической обработке

1. Определение параметров при закалке

1.1. Температура закалки

Область оптимальных температур нагрева можно определить по диаграмме Fe - C или по справочной литературе. При определении температуры по диаграмме Fe - C можно использовать следующие соотношения:

$\mathbf{t_{закалки} = A_3 + (30…50)^o C}$ – для доэвтектоидных сталей;

$\mathbf{t_{закалки} = A_1 + (30…50)^o C}$ – для заэвтектдоиднх сталей.

При нагреве доэвтектоидных сталей (ниже A_3) после закалки в структуре кроме мартенсита останется феррит, который снизит твердость.

1.2. Продолжительность нагрева

Продолжительность нагрева зависит от теплопроводности стали, от ее химического состава, характера нагревающей среды (электропечь, пламенная печь, соляная ванна и др.), формы изделия (круг, квадрат), расположения деталей (единичное, навалом).

В таблице 4.2 приведены данные по продолжительности нагрева под закалку и выдержки при температуре закалки в зависимости от сечения деталей из углеродистой стали.

Таблица 4.2 – Продолжительность нагрева и выдержки при закалке углеродистых сталей в зависимости от сечения деталей

Сечение детали, мм	пламенная печь		соляная ванна	
	время нагрева, мм	время выдержки, мм	время нагрева, мм	время выдержки, мм
50	40	10	17	8
100	80	20	33	17
150	120	30	50	25
200	160	40	65	35

В таблице 4.3 приведены данные по продолжительности нагрева в зависимости от температуры и сортамента заготовок.

Таблица 4.3 – Продолжительность нагрева в зависимости от сортамента и температуры нагрева

Температура нагрева, ^{0}С	Продолжительность нагрева мин / мм сечения	
	круг- диаметр, мм	квадрат- сторона, мм
300	1, 3	1, 6
400	1, 1	1, 3
500	1 0	1, 2
600	0, 9	1, 1
700	0, 7	0, 9
800	1, 5	2, 0
900	1, 3	1, 8

В электропечах продолжительность увеличивается в 2-3 раза против времени нагрева в пламенной печи. Для легированных сталей время нагрева возрастает в 1,2-1,5 раза. В случае нагрева изделий навалом указанные нормы увеличиваются в 1,5-2 раза.

С некоторым приближением время выдержки при нагреве в электропечах можно выбрать по формуле:

$$\tau_{выдержки} = \tau_{с.п.} + \tau_{и.в.},$$

где $\tau_{с.п.}$ – время сквозного прогрева, ориентировочно для углеродистых сталей берется (1,0 …1,5) минуты на 1 мм минимального сечения детали;

$\tau_{и.в.}$ – время изотермической выдержки – составляет 25…30 % от времени сквозного прогрева.

Для легированных сталей время выдержки увеличивается на 25..30 %

1. 3.Скорость охлаждения при закалке.

При охлаждении сталей с различной скоростью получаются структуры, обладающие неодинаковой твердостью. При **закалке** охлаждение необходимо вести со скоростью выше критической, чтобы получить структуру мартенсит.

Для каждой стали $\mathbf{V_{кр}}$ – своя величина, которая зависит от химического состава (рис.4.1). Чем больше в стали углерода и легирующих элементов, тем меньше значение $V_{кр}$ и больше прокаливаемость стали.

Углеродистые стали закаливают на мартенсит в резких средах (вода, раствор щелочи), легированные стали в мягких средах (масле, солях).

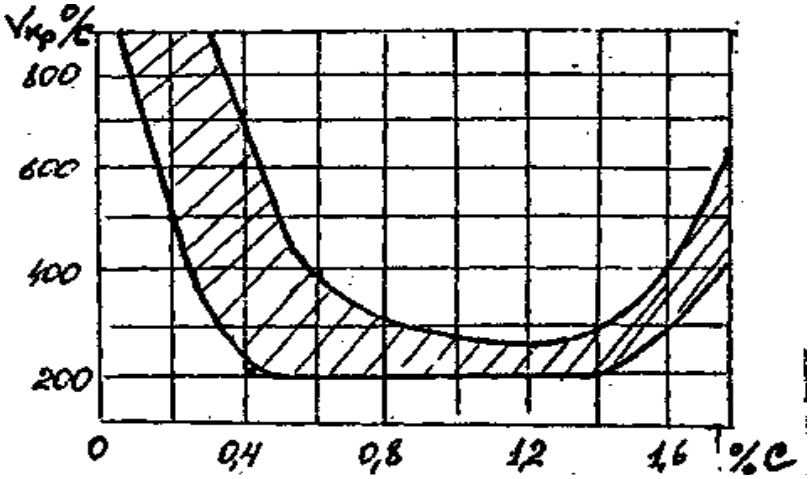

Рисунок 4.1– Зависимость критической скорости закалки от содержания углерода в стали.

Необходимая скорость охлаждения обеспечивается подбором охлаждающей среды, которые приведены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Скорость охлаждения стали в различных средах.

Закалочная среда	Скорость охлаждения °С/с в интервале температур, °С	
	650….550	300…200
Дистиллированная вода	250	200
Вода при температуре, °С:		
18	600	270
28	500	270
55	100	270
74	34	200
Водные растворы 10% при 18 °С		
едкого калия	1200	300
поваренной соли	1100	300
соды	800	270
минеральное масло	150	
Воздух спокойный	3	

2 Определение параметров при отпуске

Отпуск является заключительной операцией термической обработки. Его рекомендуется проводить сразу после закалки. Выбор температуры отпуска определяется окончательной твердостью детали. В соответствии с техническими требованиями применяются следующие виды отпуска:

- низкий отпуск (150...300°С) применяется для изделий, где требуется высокая твердость 56-64HRC и износостойкость (инструмент, цементируемые детали, детали, работающие на износ). Охлаждение после отпуска на воздухе. Структура - отпущенный мартенсит;

- средний отпуск (350...500 °С) обеспечивает высокую твердость 40-50HRC и высокий предел упругости. Применяется для рессор и пружин. Структура – троостит;

- высокий отпуск (500...650 °С) применяется для деталей, в которых требуется сочетание высокой вязкости и прочности с твердостью 20-35 HRC (валы, оси, шатуны, ответственные крепежные детали и др.).

Продолжительность выдержки при отпуске выбирается:

- при температурах отпуска ниже 300° С – 2 часа + 1 мин на 1 мм условной толщины;

- при 300-400 ° С – 20 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины;

- при температуре отпуска свыше 400 ° С – 10 мин + 1 мин на 1 мм условной толщины.

3 Проведение поверхностного упрочнения

Многие детали согласно техническим требованиям, должны иметь высокую твердость на поверхности и вязкую сердцевину (коленчатые валы, распределительные валы, шестерни, поршневые пальцы и ряд других деталей). Закалкой и отпуском получить указанные свойства не представляется возможным. Для таких деталей необходимо проводить поверхностное упрочнение. Наиболее распространенными видами поверхностного упрочнения являются:

- **цементация** – применяется для деталей из низкоуглеродистых сталей;

- поверхностная закалка – применяется для деталей из среднеуглеродистых и высокоуглеродистых сталей.

3. 1 Проведение цементации

Цементация – это процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя детали углеродом. В процессе цементации содержание углерода в поверхностном слое повышается в среднем до **1%**. Глубина слоя изменяется от 0, 5 до 2, 5 мм.

Цементацию рекомендуется проводить при температуре

920 - 950 ^{0}C (оптимальная температура).

Время выдержки при цементации выбирают по таблицам или графику, в зависимости от температуры цементации и глубины цементационного слоя.

После цементации проводят закалку и низкий отпуск при температуре 150 - 300 ° С.

3. 2 Проведение поверхностной закалки токами высокой частоты

Детали, изготовленные из среднеуглеродистых сталей

(0,30 – 0,50 % С) и высокоуглеродистых сталей (свыше 0,50 % С) упрочняют поверхностной закалкой. Нагрев упрочняемой части проводят с помощью токов высокой частоты на глубину 3... 5 мм или с помощью пламени газовой горелки. Температура нагрева выбирается более высокая, чем при объемной закалке:

$\mathbf{t_{закалки} = A_3 + (90…100)^oC}$ – для доэвтектоидных сталей

$\mathbf{t_{закалки} = A_1 + (90…100)^oC}$ – для заэвтектоидных сталей

После закалки проводится низкий отпуск при температуре 180 - 200° С.

Для измельчения структуры перед поверхностной закалкой рекомендуется проводить нормализацию.

4 Заполнение карты технологического процесса термической обработки

4. 1 Графы технологической карты заполняются следующим образом:

4.1.1 В графе наименование и содержание операций в последовательности перечисляются операции технологического процесса.

Например: закалка, отпуск, очистка от окалины, зачистка площадки под замер твердости.

4.1.2 В графе "Оборудование" указывается тип оборудования.

4.1.3 В графе "Среда" указывается среда нагрева и охлаждения. Например: масло, вода и т.д.

Таблица 4.5 – Варианты заданий

Вариант	Наименование детали	Марка стали	Твердость после термообработки
1	Вал	45Г	362 – 429 HB
2	Болт специальный	35	352 – 429 HB
3	Диск	65Г	321 – 415 HB
4	Пружина автомата	65Г	42–48 HRC
5	Пружинная стойка	60Г	388 – 444 HB
6	Метчики, напильники, калибры	У12	59 – 63 HRC
7	Измерительный инструмент	ХВГ	58 – 63 HRC

Критерии оценки

5 (отлично) - карта технологического процесса термической обработки заполнена в полном объеме;

4 (хорошо) - карта технологического процесса термической обработки заполнена в неполном объеме;

3 (удовлетв) - карта технологического процесса термической обработки заполнена в неполном объеме с ошибками.

2 (неудовл) - карта технологического процесса термической обработки не заполнена.

	Технологическая карта на термическую обработку	Листов Лист	Изделие (деталь)
		Группа контроля	

№№ опе-ра-ций	Наименование операций	Наименование оборудования	Кол-во деталей	Тем-ра нагрева	Тепловой режим				
					время нагрева	время выдер	общ. время	Охл. среда	
								вода	масло
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Разработал		
Проверил		
Оценка		
Дата		

Практическая работа №5

Определение механических, химических, термических характеристик сталей по их маркировке

Цель работы: Изучить свойства и обозначения различных видов конструкционных сталей.

Теоретическая часть

Если в сталь для получения заданных свойств специально вводят элементы (Cr, Mo, W, V, Ti, Co и др.), то эти элементы называют легирующими, а саму сталь – легированной. Марганец и кремний, которые применяют в качестве раскислителей, присутствуют в любой стали в небольших количествах (0,3…07% Mn и 0,2…0,5% Si). Если марганец и кремний введены в сталь в повышенных количествах, то они являются легирующими элементами. Стали с повышенным содержанием кремния и марганца относятся к легированным сталям.

Легированные стали после термической обработки имеют более высокие механические свойства, чем углеродистые. Они обладают, при определенном химическом составе, способностью хорошо сопротивляться коррозии при нормальных и повышенных температурах, а также имеют более высокую износостойкость.

Положительное влияние легирующих элементов на свойства стали объясняется тем, что они изменяют положение критических точек, смещают их влево или вправо (точки S и E диаграммы состояния сплавов железо-углерод) и особым образом взаимодействуют с железом и углеродом. Элементы, которые растворяются в феррите или в аустените, упрочняют твердые растворы.

При взаимодействии с углеродом хром, молибден, никель, титан, вольфрам, ванадий, марганец и другие образуют карбиды различного типа. Карбиды легирующих элементов обладают более высокой твердостью и меньшей хрупкостью, чем карбид железа. Легирующие элементы увеличивают прокаливаемость стали. Поэтому легированные стали необходимо применять после термической обработки, в противном случае исчезает эффект от их применения.

1 Влияние основных легирующих элементов

Хром – широко применяется для легирования конструкционных сталей (до 3.0%), нержавеющих и жаропрочных (свыше 13%), быстрорежущей стали, шарикоподшипниковой стали (до 1,5%).

Никель – применяют для легирования конструкционных сталей. Это единственный легирующий элемент, который одновременно повышает прочность и вязкость. В количестве более 9% никель делает сталь нержавеющей и жаропрочной. Для легирования инструментальных сталей никель не применяется.

Вольфрам – повышает твердость и красностойкость стали. Поэтому широко применяется при производстве быстрорежущих и других инструментальных сталей. Карбид вольфрама (WC) является основным компонентом твердых порошковых сплавов.

Ванадий – повышает твердость и красностойкость стали (быстрорежущих, инструментальных), применяется для легирования конструкционной стали с целью увеличения упругости и сопротивления усталости.

Молибден – повышает твердость и прочность стали при повышенных температурах, предотвращает отпускную хрупкость. Входит в состав конструкционных, инструментальных и жаропрочных сталей.

Марганец – до 1,2% является постоянной примесью в стали. При содержании до 2,0 % повышает прочность, предел упругости и прокаливаемость рессорной стали. При содержании около 13% делает сталь аустенитного класса (немагнитной, способной наклепываться и быть износостойкой).

Кремний – как и марганец, неизбежная примесь стали. До 1,0% кремний увеличивает прочность, предел упругости рессорно-пружинной стали. В больших количествах кремний вводится в жаропрочные, электротехнические и кислотоупорные стали.

По степени легирования стали подразделяются на низколегированные (до 5% легирующих элементов), среднелегированные (от 5% до 10% легирующих элементов) и высоколегированные (свыше 10% легирующих элементов).

2 Маркировка легированных сталей

Обозначение состоит из цифр и букв, указывающих примерный состав стали. Каждый легирующий элемент обозначается буквой.

Принято обозначать: Н – никель, Х – хром, К – кобальт, М – молибден, Г – марганец, Д – медь, Р – бор, Б – ниобий, Ц – цирконий, С – кремний, В – вольфрам, Т – титан, Ф – ванадий, Ю – алюминий, Ч – редкоземельные металлы.

Основной признак конструкционной легированной стали - двузначное число перед буквами. Это число показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Цифры, следующие за буквой, показывают среднее содержание легирующего элемента (в целых числах). Если после буквы цифры отсутствуют, то содержание легирующего элемента около 1 %. Буква «**А**» в конце марки показывает, что сталь высококачественная. Особо высококачественные стали имеют в конце марки буквы: «**Ш**» – электрошлаковый переплав; «**ВД**» - вакуумно-дуговой переплав; «**ВИ**» – вакуумно-индукционная выплавка.

Например, сталь **20Х2Н4А** является высококачественной конструкционной сталью, содержащей 0, 20 % углерода, 2% хрома, 4% никеля.

В марках легированных инструментальных сталей содержание углерода обозначается только однозначным числом перед буквами, показывающим среднее содержание углерода в десятых долях процента. Например, **сталь 9ХГС –** инструментальная легированная сталь**,** содержащая 0, 9 % углерода, хрома, кремния и марганца - по одному проценту. Если легированная сталь содержит примерно 1% углерода, то цифра в марке не ставится. Например, стали **Х** и **ХВГ** содержат по одному проценту углерода.

Некоторые стали содержат дополнительную букву после слова «**сталь**», обозначающую ее группу или тип. Например, **сталь ШХ 9** – шарикоподшипниковая сталь, содержащая – 1% С; 0,9% Cr .

3 Классификация легированных сталей

Принята классификация легированных сталей по трем признакам: по назначению, по равновесной структуре, по составу.

По назначению:

– машиностроительные – для деталей машин и конструкций;

– инструментальные – для режущего, мерительного и штамповочного инструмента;

– стали и сплавы с особыми свойствами: нержавеющие, жаропрочные, электротехнические, магнитные, с особым тепловым расширением.

По структуре

По структуре классифицируют стали в отожженном и нормализованном состояниях:

- **в отожженном состоянии** – доэвтектоидные (перлит и избыточный феррит), эвтектоидные (перлит), заэвтектоидные (перлит и избыточные вторичные карбиды); ледебуритые (наличие первичных карбидов);

- **по структуре после охлаждения на воздухе** *(нормализации):* перлитный, мартенситный и аустенитный классы.

По химическому составу:

- хромистые, хромоникелевые и т.д.

По способу выплавки:

- высококачественные (в конце маркировки ставится буква А, содержание серы и фосфора не более 0,03%; особовысококачественные (в конце маркировки ставится буква Ш, содержание серы 0,015%, фосфора 0,075%; получают электрошлаковым переплавом).

Конструкционные легированные стали по технологии термической обработки и назначению подразделяются на:

- **цементуемые стали** – с содержанием углерода до 0,3 – 0,35%. Детали из цементуемых сталей подвергают цементации, закалке и низкому отпуску (например, стали 12ХН3А, 18ХГТ, 30ХГТ). Детали должны иметь высокую твердость поверхности и вязкую сердцевину (зубчатые колеса, валы КПП, поршневые пальцы);

- **улучшаемые** – содержанием углерода от 0,35% до 0,6%, которые подвергают

закалке и высокому отпуску (улучшение). Марки 40Х, 40ХН и др., идущие на изготовление тяжело нагруженных деталей (коленчатые валы, шатуны, ответственные крепежные детали);

- **рессорно-пружинные стали** - с содержанием углерода 0,6 – 0,75%. После закалки и среднетемпературного отпуска стали имеют высокие пределы упругости и текучести (например, стали 65Г2, 60С2, 60С2Х2, 50ХФА и другие). Основными легирующими элементами в них являются кремний (1 - 3 %) и марганец (~ 1 %). В стали ответственного назначения вводят хром (~ 1%), ванадий (~ 0, 15 %) и никель (~ 1,7 %). Легирующие элементы в основном оказывают влияние на прокаливаемость стали, релаксационную стойкость, предел выносливости и мало влияют на предел упругости (за исключением кремния и марганца).

Инструментальные стали и сплавы подразделяют по теплостойкости (способности сохранять твердость и режущие свойства при повышенных температурах) на:

- **углеродистые** инструментальные (У8, У9, У10, У11, У12, У13) имеющие теплостойкость до 250^0С;

- **легированные** инструментальные (7ХФ, ХФГ и др.), имеющие теплостойкость 450^0С;

- **быстрорежущи**е (Р9, Р18, Р6М5 и др.), имеющие теплостойкость 650^0С;

- **твердые порошковые** сплавы (ВК8, Т5К10, ТТК12), имеющие теплостойкость 1000^0С.

Задание

1. Указать основные легирующие элементы заданной стали.
2. Указать механические характеристики (НВ; σ_B, δ) рассмотренных сталей.
3. По маркировке сталей определить химические и термические свойства сталей.
4. Указать применение легированных сталей.

Таблица вариантов

№ варианта	Марка стали
1	18Х2Н4МА
2	30ХГСА

3	03Н18К9М5Т
4	АС40ХГНМ
5	60С2ХФА
6	12Х18Н9
7	40Х13
8	40Х10С2М
9	15Х12ВНМФ
10	09Х14Н19В25Р
11	10Х11Н23Т3МР
12	12ХН3А
13	08Х15Н24В4ТР
14	40Х15Н7Г7Ф2МС
15	08Х18Н10Т
16	16ГНМ
17	01Х18Н40М5
18	Х18Н9
19	Х14Н16Б
20	Х16Н16М3Б
21	Х12М2БФ
22	ХН77ТЮР
23	38Х2МЮА
24	10ХСНД
25	25Х2НМФ
26	10ГН2МФА
27	15Х2НМФА
28	ХН35ВТ
29	15Х13М
30	ОХ18Н9ТЛ
31	10Х2М
32	07Х25Н13
33	15Х1М1Ф
34	40Х10С2М
35	Н12К15М10
36	ХН35ВТЮ

Критерии оценки

5 (отлично) - задание выполнено в полном объеме;

4 (хорошо) - выполнено 3 пункта задания в полном объеме;

3 (удовлетв) – выполнено 2 пункта задания;

2 (неудовл) – выполнено менее 2 пунктов задания.

Практическая работа №6

Технологические процессы различных видов литья

Цель работы: Изучить основные способы литья: технологический процесс, применяемое оборудование и приспособления.

Теоретическая часть

Литейным производством называется процесс получения фасонных заготовок или деталей в процессе заливки расплавленного металла в литейную форму.

Достоинства литейной технологии:

- универсальность;

- экономичность процесса получения изделий сложной формы;

Недостатки процесса литья:

- пониженные пластичность и прочность литой заготовки по сравнению с деталями, полученными обработкой давлением;

- необходимость проведения дорогостоящих мероприятий по защите окружающей среды от газовых выбросов.

Технологический процесс получения отливки:

- изготовление литейной формы;

- плавка металла;

- заливка металла в форму;

- затвердевание металла и охлаждение отливки;

- выбивка отливки из форм, обрубка и отчистка отливки;

- термическая обработка отливки;

- контроль качества отливки по всем показателям, включая точность размеров и чистоту поверхности, благоприятную структуру металла, а также отсутствие наружных и внутренних литейных и металлургических дефектов.

Литейная форма представляет собой устройство, предназначенное для заливки металла и образования отливки. Она должна иметь рабочую полость, где непосредственно формируется тело заготовки, а также литниковую систему, обеспечивающую

подвод металла в рабочую полость и питание отливки в процессе кристаллизации. Конфигурация и размеры рабочей полости должны соответствовать очертаниям и размерам изготовляемой отливки. Размеры рабочей полости литейной формы включают в себя соответствующие размеры деталей, припуски на механическую обработку и на литейную усадку металла.

Основные виды литья

1 Литье в песчано-глинистые формы

Материалами для изготовления форм в данном случае служат формовочные смеси, состоящие из песчаной основы, в которую в качестве связующих материалов добавляются определенные количества глины и воды. Кроме того, в смесь вводятся противопригарные добавки в виде молотого каменного угля, маршаллита (пылевидного кварца), мазута и другие вещества, способствующие улучшению качества отливки.

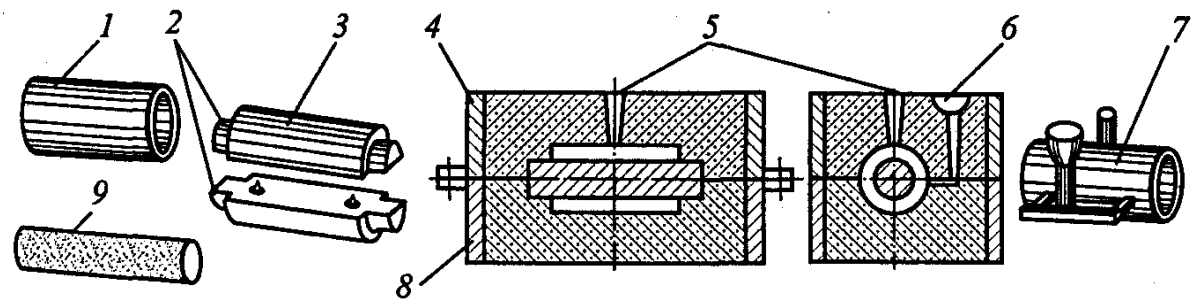

Рисунок 6.1– Схема литья в песчано-глинистую форму

Литейная форма обычно состоит из порознь изготовляемых ручным или машинным способом двух полуформ: нижней и верхней, называемых опоками. При сборке формы опоки устанавливаются друг на друга и скрепляются. Собранная форма, состоящая из скреплённых опок, с помощью специального ковша через литниковую систему (5, 6) заливается металлом и остаётся на месте заливки до завершения кристаллизации и охлаждения тела отливки. После литья опоки раскрепляются и, на специальной установке, отливка выбивается из формы.

Недостатки - низкая точность размеров и чистоты поверхности, приводящие к большим припускам на механическую обработку и потерям металла в стружку, невысокая производительность и плохие условия труда на рабочих местах.

2 При литье в металлические формы – кокили - форма изготовляется из чугуна или стали. Основными преимуществами являются высокие точность размеров и чистота поверхности отливки, а также мелкое зерно металла отливки, что снижает металлоемкость изделий и повышает прочность металла.

3 Центробежное литье - литье в быстровращающиеся металлические формы (рисунок 6.2). Таким способом отливаются длинные (а) или короткие (б) тела вращения - трубы, втулки и другие аналогичные им изделия. Преимущества те же, что при кокильном литье, однако качество внутренней поверхности вследствие усадочных явлений хуже наружной.

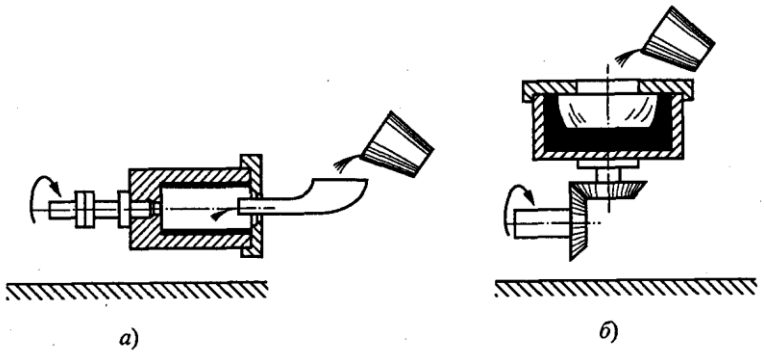

Рисунок 6.2 – Схемы работы центробежной машины

4 При литье под давлением жидкий металл вводится в замкнутую металлическую пресс-форму под значительным давлением и кристаллизуется, оставаясь под давлением (рисунок 6.3), что, устраняя пористость и рыхлость, улучшает металлургическое качество отливки.

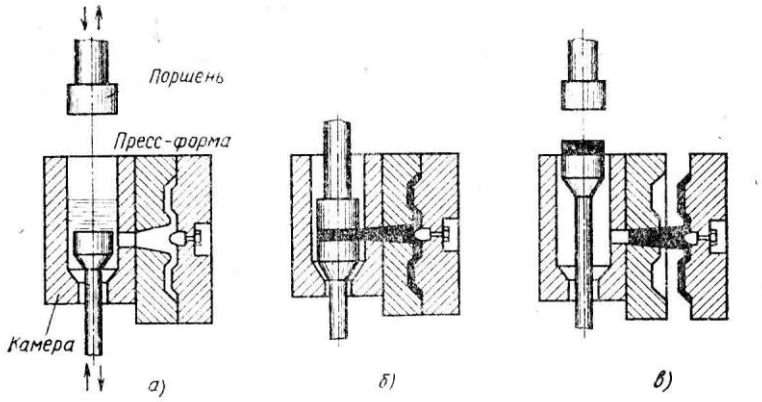

Рисунок 6.3 – Схема литья под давлением

Подача металла в предкамеру (а), нагнетание металла в рабочую полость (б) и выбивка отливки (в). Заметим, что в одной пресс-форме может располагаться несколько рабочих полостей, питаемых одновременно. Литье под давлением является самым высококачественным, точным, чистым и производительным видом литья.

5 При литье в оболочковые формы литейная форма собирается из двух частей, изготовляемых на специальной установке (рисунок 6.4) из смеси, состоящей из мелкого кварцевого песка и синтетической термореактивной смолы – пульвер-бакелита.

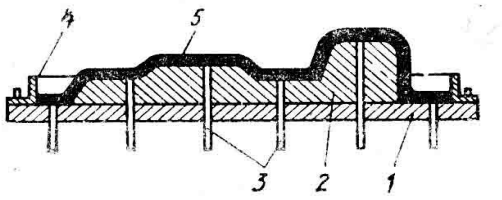

Рисунок 6.4 – Схема получения оболочковой полуформы

1 - подмодельная плита с закрепленными на ней моделями отливки;

2 - литниковая система ;

3 – толкатели;

4 – рамка;

5 – мягкая оболочка

6 Литье по выплавляемым моделям один из самых точных видов литья, который применяется для получения сложных по очертаниям изделий из обычных материалов, а также инструмента и других изделий из твердых, труднообрабатываемых режущим инструментом материалов.

Технология литья (рисунок 6.5):

- в специальной пресс-форме (а) изготавливается от одной до нескольких десятков моделей изготавливаемой детали-отливки (б) из смеси парафина со стеарином (по 50 % каждого);

- из моделей составляется блок (г) с единой литниковой системой (в), позволяющей одновременно получить несколько десятков отливок;

- блок покрывается путем окунания клейкой сметанообразной суспензией, состоящей из маршаллита и гидролизованного этилсиликата;

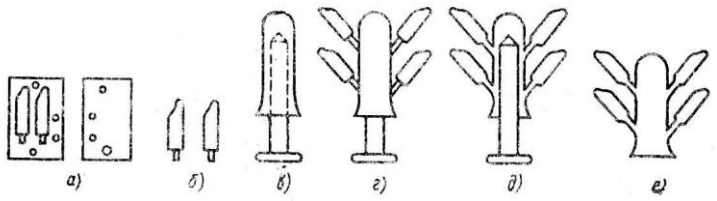

Рисунок 6.5 – Схема литья по выплавляемым моделям

- блок посыпается кварцевым песком и сушится;

- окунание в суспензию и посыпка песком с последующей сушкой повторяются 3 – 5 раз;

- из покрытого образовавшейся коркой модельного блока одним из способов удаляется модельный состав;

- корка (рисунок 6.5, д) заформовывается песком в какой-нибудь емкости или опоке и прокаливается при температуре 850 - 900 °С;

- не ожидая снижения температуры, в корку заливают подготовленный сплав; закристаллизовавшийся и остывший блок (рисунок 6.5 ,е) выбирается из опоки и освобождается от корки

Задание

1. Согласно варианта описать технологический процесс способа литья.

2. Указать применяемое оборудование, приспособления и материал отливки.

3. Указать основные достоинства и недостатки способа.

Таблица вариантов

№ варианта	Способы литья
1	Литье в песчано-глинистые формы
2	Литье в кокиль
3	Литье под давлением
4	Центробежное литье с горизонтальной осью вращения литейной формы

5	Центробежное литье с вертикальной осью вращения литейной формы
6	Литье в оболочковые формы
7	Литье по выплавляемым моделям

Критерии оценки

5 (отлично) - задание выполнено в полном объеме;

4 (хорошо) - выполнено 2 пункта задания в полном объеме;

3 (удовлетв) – выполнено 2 пункта задания в неполном объеме;

2 (неудовл) – выполнено менее 2 пунктов задания.

Практическая работа №7

Способы и режимы обработки металлов давлением

Цель работы: Изучить основные способы обработки металлов давлением: технологический процесс, применяемое оборудование и приспособления.

Теоретическая часть

Обработкой металлов давлением называют технологический процесс изготовления заготовок или деталей целенаправленным пластическим деформированием исходного металла после приложения внешних сил.

У металла, деформированного в холодном состоянии, твердость, прочность, упругость, износостойкость увеличиваются, а пластичность, вязкость, коррозионная стойкость и электропроводность - уменьшаются.

Заготовки для деталей, полученные обработкой давлением, принято называть поковками.

Прокатка

Прокатка представляет собой процесс деформирования слитка или иной продолговатой металлической заготовки между двумя вращающимися валками, расстояние между рабочими поверхностями которых меньше высоты заготовки. Целью прокатки является получение разнообразной продукции, различающейся профилями и разме-

рами поперечного сечения, а также длинами балок, прутков и составляющей сортамент проката.

Основные группы прокатки

1. Сортовой прокат, используемый главным образом для различных строительных конструкций

2. Листовой прокат (толстолистовой свыше 4 мм и тонколистовой 0,2 - 3,75 мм).

3.Трубы бесшовные различного диаметра с разной толщиной стенок, разнообразного назначения.

4.Специальный прокат, который включает в себя вагонные колёса, шпунтовые сваи.

5. Периодический прокат – прокат с периодически изменяющимся по длине профилем, используемый в качестве заготовок для штамповки или непосредственно для механической обработки.

Виды прокатки

- продольная прокатка (рисунок 7.1 а);
- поперечная прокатка (б);
- поперечно-винтовая прокатка (в).

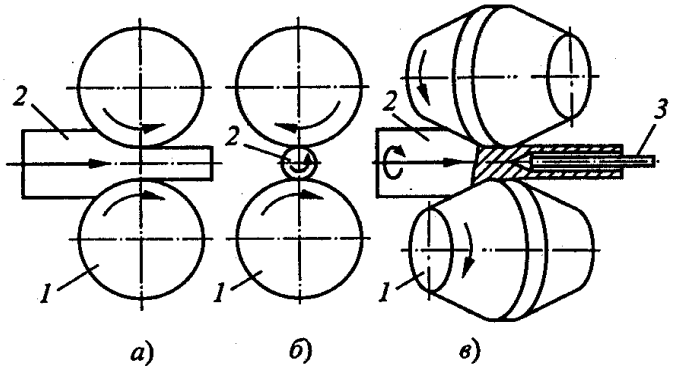

Рисунок 7.1 – Схемы прокатки

Прокатка металла осуществляется на прокатных станах. Основными рабочими элементами прокатных станов являются валки, имеющие цилиндрическую форму. Рабочая часть валка называется бочкой. Бочки могут быть гладкими или ручьевыми. Первые применяются для прокатки листов и лент, а вторые – для сортового металла. Ручьи представляют собой кольцевые вырезы на поверхности валка. Совпадающие

ручьи верхнего и нижнего валков образуют калибры, с помощью которых сортовому прокату постепенно придаются требуемые профили.

Виды станов: сортопрокатные для выпуска сортового проката; листовые и полосовые станы горячей прокатки; трубопрокатные станы; станы холодной прокатки стали и цветных металлов (тонколистовые, лентопрокатные, фольгопрокатные и т.д.); деталепрокатные станы для выпуска специального или периодического проката.

Ковка и штамповка

Ковкой называется обработка металла, находящегося в пластическом состоянии, статическим или динамическим давлением. Ковка производится либо ударным воздействием на металл, где используется энергия падающих частей молота, либо медленным воздействием, где используется давление пресса.

Свободная ковка состоит в том, что происходящая формообразующая пластическая деформация металла направляется в основном искусством оператора – кузнеца, от которого требуется высокая квалификация.

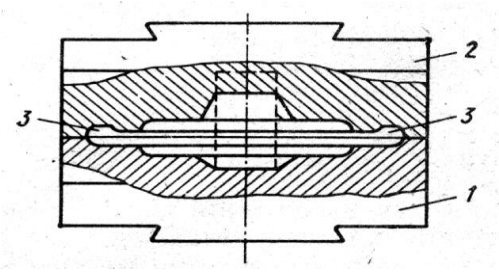

Рисунок 7.2 – Схема штамповки

При штамповке требуемые формы и размеры заготовки получаются в результате принудительной деформации металла в ручье специального приспособления – штампа. В штампе по периферии ручья 3 на стыке нижней 1 и верхней 2 частей штампа выполняется заусенечная канавка для выхода избыточного металла, образующего удаляемый после штамповке заусенец.

Несложные заготовки штампуются в одноручьевых штампах, а сложные – в многоручьевых, в которых при переходе от ручья к ручью поковка постепенно приобретает требуемые размеры и форму. Перед штамповкой металл нагревается до определённой, зависящей от рода металла, температуры с целью повышения его пластичности и уменьшения усилий при обработке. Свободная ковка и штамповка производятся с помощью специальных ковочных или штамповочных молотов и прессов.

Прессование

Прессование заключается в выдавливании из замкнутого объема материала заго-

товки в нагретом состоянии через отверстие, форма и размеры которого подобны форме и размерам поперечного сечения требуемого изделия.

Различают прямой (рисунок 7.3, а) и обратный (б) методы прессования.

Достоинства прессования – возможность изготовления профилей сложных форм с высокими точностью размеров и качеством поверхности, которые не могут быть получены другими видами обработки металлов давлением.

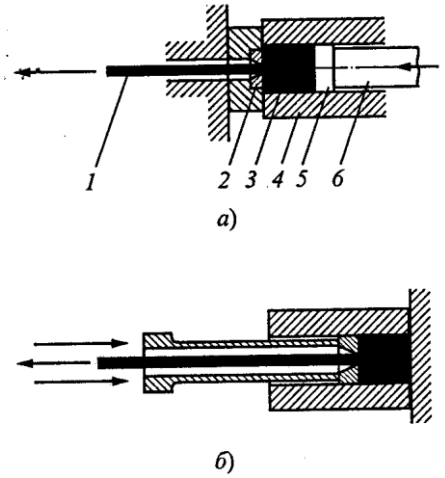

Рисунок 7.3 – Схемы прессования

Волочение

Волочение – обработка металлов давлением, состоящая в протягивании заготовки постоянного поперечного сечения через отверстие (фильеру) волочильного инструмента, площадь выходного сечения которого меньше площади сечения исходной заготовки.

Сортамент изделий, получаемый волочением: прутки, профили, трубы, проволока диаметром от 0,002 мм (рисунок 7.4).

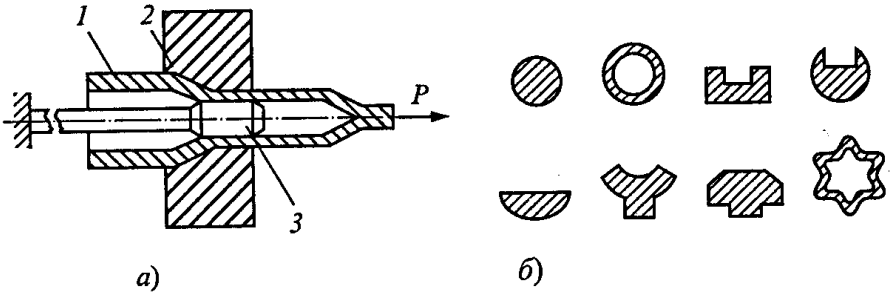

Рисунок 7.4 – Схема волочения трубы (а) и примеры профилей, полученных во-

лочением (б)

1 – заготовка;

2 – волочильный инструмент;

3 – тянущее устройство.

Задание

1. Согласно варианта описать технологический процесс способа обработки металлов давлением.

2. Указать применяемое оборудование, приспособления.

3. Указать основные достоинства и недостатки способа.

Таблица вариантов

№ варианта	Способы обработки металлов давлением
1	Продольная прокатка
2	Поперечная прокатка
3	Поперечно-винтовая прокатка
4	Прямое прессование
5	Обратное прессование
6	Ковка
7	Волочение
8	Горячая объемная штамповка
9	Горячая листовая штамповка
10	Холодная листовая штамповка

Критерии оценки

5 (отлично) - задание выполнено в полном объеме;

4 (хорошо) - выполнено 2 пункта задания в полном объеме;

3 (удовлетв) – выполнено не менее 2 пунктов задания в неполном объеме;

2 (неудовл) – выполнено менее 2 пунктов задания.

Практическая работа №8

Технологические процессы различных видов сварки

Цель работы: Изучить основные способы сварки: технологический процесс, применяемое оборудование и приспособления.

Теоретическая часть

Сварка - это технологический процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями изделия при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании, а также при совместном действии того и другого факторов.

Способы сварки:

1. *Сварка плавлением* осуществляется без приложения давления, путем расплавления металла свариваемых частей и слияния его; образуется шов.

Дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная, газовая.

2. *Сварка давлением* осуществляется с применением давления, способствующего плотному контакту и взаимной диффузии металла в месте соприкосновения свариваемых частей.

Контактная, диффузионная, холодная, ультразвуковая, сварка трением и др.

Сварные соединения могут быть (рисунок 8.1): стыковыми - а (выполняются с помощью стыковых швов), угловыми - б, тавровыми - в, внахлестку- г (выполняются с помощью угловых швов).

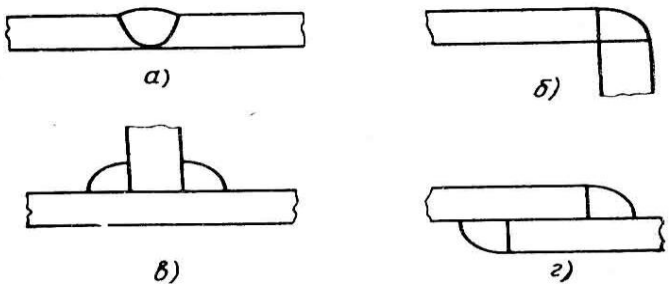

Рисунок 8.1 – Виды сварных соединений

Дуговая сварка

Сварочная дуга является устойчивым электрическим разрядом в ионизированной смеси газов и паров материалов, применяемых при сварке. Дуга может гореть при использовании источников питании (ИП) постоянного тока прямой (электрод подключен к отрицательному полюсу ИП и называется катодом, а изделие – к положительному и называется анодом) и обратной полярности (изделие – катод, а электрод – анод), а также переменного тока промышленной частоты.

Дуговой разряд имеет три области: катодную (КО), являющуюся источником термоэлектронов, которые ускоряются электрическим полем КО и, попадая в столб дуги, ионизируют находящиеся в нем газы; анодную (АО) и столб дуги.

При сварке плавящимся (стальным) электродом температура катода составляет 2200 - 2400 ˚С; анода – 2500 – 2700 ˚С; в столбе дуги – 5000 - 6000 ˚С.

Для питания сварочной дуги применяют *источники питания* переменного (сварочные трансформаторы) и постоянного тока (сварочные генераторы и выпрямители постоянного тока).

Сварочные трансформаторы – это понижающие трансформаторы со вторичным напряжением 60 – 80 В, падающая характеристика которых создаётся за счет повышенного магнитного рассеяния или включения в сварочную цепь индуктивного сопротивления (дросселя).

Сварочные генераторы – это специальные электрические генераторы, падающая характеристика которых получается изменением магнитного потока генератора в зависимости от тока сварки**.**

Ручная дуговая сварка (РДС) используется для изготовления сварных соединений практически всех типов из металлов толщиной от 2 до 60 мм.

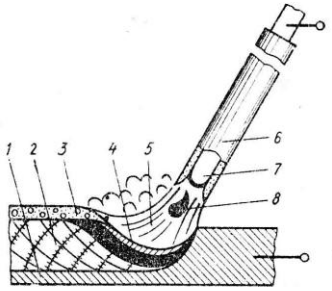

Рис. 8.2 – Схема процесса ручной дуговой сварки

При ручной дуговой сварке (РДС) плавящимся электродом (рисунок 8.2) дуга между стержнем электрода 7 и свариваемым металлом 1 способствует их плавлению, капли расплавляемого электрода перено-

сятся в сварочную ванну 4 через дуговой промежуток.

Вместе со стержнем плавится электродное покрытие 6, создавая газовую защиту вокруг дуги 5 и жидкую шлаковую ванну, которая вместе с расплавленным металлом образует сварочную ванну. При передвижении дуги металл сварочной ванны затвердевает и превращается в сварное соединение 2, на поверхности которого образуется шлаковая корка 3, удаляемая после остывания сварного шва.

При РДС используют сварочные электроды, которые подаются в дугу и перемещаются вдоль изделия сварщиком вручную.

Плавящиеся электроды изготовляются в соответствии с ГОСТ из сварочной проволоки: углеродистой (Св-08;Св-08А; Св-10ГА и др.) и легированные (Св-10Г2СА; Св-10Х18Н10Т; Св-12Х11НМФ и др.), где в написании марок проволоки обозначают: Св – сварочная; цифры, следующие далее, - содержание углерода в сотых долях процента; дальнейшая расшифровка марок проводится аналогично соответствующим маркам сталей. Для электродов используются металлические стержни (проволока) диаметром 1,6 - 12 мм и длиной 200 - 450 мм, на которые наносится слой покрытия толщиной от 0,5 до 2 - 3 мм. В состав покрытия для качественных электродов вводят компоненты, которые в соответствии с их назначением можно разбить на группы: **стабилизирующие**; содержащие металлы с малым потенциалом ионизации (мел, поташ, диоксид титана); **газообразующие**, предназначенные для защиты расплавленного металла от кислорода и азота воздуха средой восстановительных газах, образующихся при сгорании органических веществ (крахмал, декстрин, целлюлоза); **шлакообразующие** (полевой и плавиковый шпат, мел, марганцевая руда); **легирующие** и **раскисляющие**, вводимые в виде ферросплавов Mn, Si, Ti; **связующие** (жидкое стекло).

Газовая сварка

Газовая сварка (ГС) – это способ сварки плавлением, при котором металл в сварочной зоне нагревается пламенем газа (ацетилена, метана), сжигаемого для этой цели в смеси с кислородом в сварочных горелках.

Сварочное пламя служит для расплавления металла, а также для восстановления,

науглероживания или окисления ванны.

Присадочный металл в виде прутков или проволоки вводят в пламя горелки, он расплавляется и стекает в ванночку, где смешивается с расплавленным металлом. Затвердевая, металл образует шов.

Контактная сварка

Для нагрева металла в сварочной зоне используется теплота, выделяемая при прохождении тока в месте контакта свариваемых деталей. Особенностью КС является использование кратковременных (t = 0,003 - 10 с) импульсов тока большого значения (I = 1 - 100 кА) при напряжении U = 2 - 12 В и давлении P = 10 - 150 МПа. Питание сварочным током осуществляется от понижающего трансформатора. Максимальное количество теплоты выделяется в зоне контакта деталей, где металл нагревается до пластического состояния или до плавления. Под действием сжимающих усилий неровности сминаются, а оксидные плёнки выдавливаются из стыка – происходит сближение нагретых деталей до межатомных расстояний, т.е. сварка.

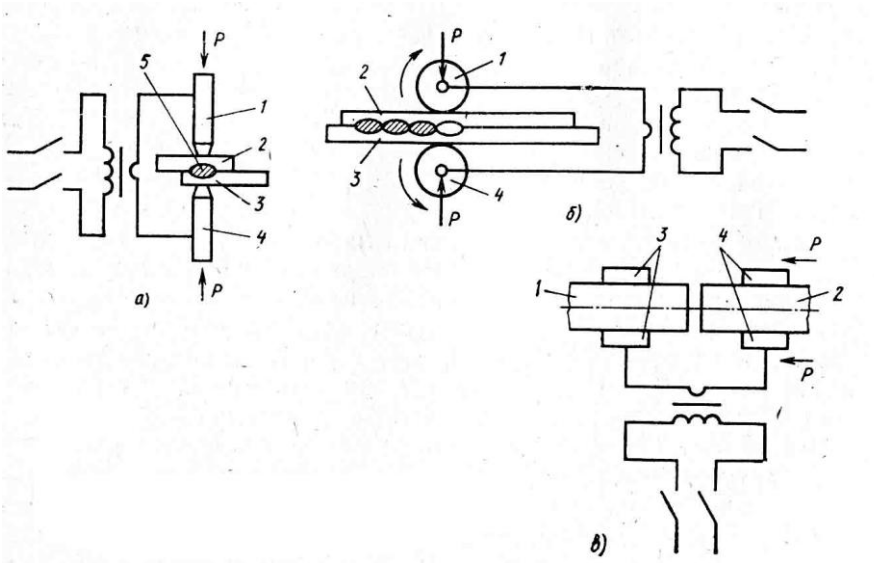

Рисунок 8.3 – Схемы способов контактной сварки

Точечная сварка (рисунок 8.3, а)

Свариваемые детали 2 и 3 соединяют внахлест и зажимают между подвижным 1 неподвижным 4 электродами. Через них пропускают ток, нагревающий металл в месте стыка до плавления, а прилегающую к ядру сварочной точки 5 зону – до пластиче-

ского состояния. После кристаллизации сварочной точки давление снимается.

Шовная сварка (рисунок 8.3, б)

Детали 2 и 3 зажимают между вращающимися электродами – роликами 6 и 7, помощью которых происходят передача усилия к деталям, подвод тока и перемещение деталей.

Стыковая сварка (рисунок 8.3, в)

Свариваемые детали 2 и 3 закрепляют в неподвижном 8 и подвижном 9 зажимах сварочной машины, к которым подводится ток. После включения тока и разогревания металла в стыке давление повышается.

Особые способы сварки

- Термитная сварка (ТС) осуществляется при помощи теплоты, получаемой при сгорании порошкообразных оксида (Fe_2O_3) и элементов с большой активностью по отношению к кислороду (Al, Mg).

- Диффузионная сварка – сварка давлением, при которой свариваемые детали подвергаются общему электронагреву в вакуумных камерах до температуры (0,4 - 0,8)$T_{пл}$, длительной выдержке при этой температуре и сжатию с давлением до 25 МПа.

- Сварка трением – способ сварки давлением, при котором местный нагрев металла в стыке до температуры, близкой к $T_{пл}$, осуществляется благодаря работе сил трения, возникающих при перемещении друг относительно друга свариваемых деталей, сжатых осевой силой.

- Холодная сварка (ХС) – сварка давлением, осуществляемая без нагрева за счет пластической деформации металла в сварочной зоне.

Задание

1. Согласно варианта описать технологический процесс способа сварки.
2. Указать применяемое оборудование, приспособления.
3. Указать основные достоинства и недостатки способа.

Таблица вариантов

№ варианта	Способы сварки
1	Ручная дуговая сварка
2	Дуговая сварка в среде защитных газов
3	Электрошлаковая сварка
4	Электрическая контактная сварка (стыковая)
5	Электрическая контактная сварка (точечная)
6	Плазменная сварка
7	Газовая сварка
8	Сварка электронным лучом
9	Сварка лазером
10	Диффузионная сварка
11	Сварка трением
12	Холодная сварка
13	Ультразвуковая сварка
14	Термитная сварка
15	Пайка мягким припоем
16	Пайка твердым припоем
17	Электрическая контактная сварка (роликовая)
18	Газовая резка

Критерии оценки

5 (отлично) - задание выполнено в полном объеме;

4 (хорошо) - выполнено 2 пункта задания в полном объеме;

3 (удовлетв) – выполнено не менее 2 пунктов задания в неполном объеме;

2 (неудовл) – выполнено менее 2 пунктов задания.

Практическая работа №9

Способы и режимы обработки металлов резанием

Цель работы: Изучить основные способы обработки металлов резанием: технологический процесс, применяемое оборудование и приспособления.

Теоретическая часть

Процесс резания металлов заключается в срезании с обрабатываемой заготовки слоя металла – припуска, специально оставленного на обработку, с целью получения детали с заданными чертежом формой, размерами и шероховатостью поверхностей.

Основными видами обработки резания являются точение, строгание, сверление, фрезерование и шлифование. Обработка металлов резанием осуществляется на металлорежущих станках – токарных, строгальных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных – с использованием различных режущих инструментов – резцов, свёрл, фрез, шлифовальных кругов.

Удаляемый в процессе резания металл – припуск – превращается в стружку, при этом наличие стружки является характерным признаком всех разновидностей процесса резания металлов.

Различают виды рабочих движений:

- *главное движение резания* (главное движение) $Д_r$ имеет наибольшую скорость и называется *скоростью резания;*

- *движение подачи* $Д_s$ имеет скорость меньшую, чем скорость главного движения резания, и предназначено для срезания припуска со всей поверхности, подлежащей обработке и называется движением *подачи.*

При <u>точении</u> главное движение $Д_r$ – вращательное движение заготовки, движение подачи $Д_s$ – прямолинейное поступательное движение режущего инструмента – резца (рисунок 9.1,а).

Перемещением резца относительно заготовки срезается её исходная поверхность, которая называется обрабатываемой поверхностью 1, и образуется новая поверхность, которая называется обработанной поверхностью 3.

Временно существующая поверхность в процессе резания между обрабатываемой и обработанной поверхностями называется поверхностью резания 2.

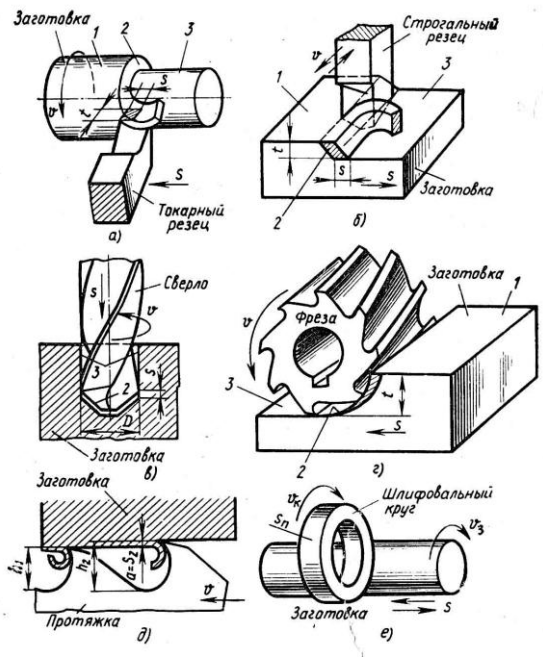

Рисунок 9.1– Схема основных видов обработки металлов резанием

При *строгании* главное движение сообщается резцу, а движение подачи – заготовке (рисунок 9.1,б) или как главное движение, так и движение подачи сообщается только резцу.

При *сверлении* (зенкеровании и развёртывании) как главное движение, так и движение подачи, обычно, сообщается режущему инструменту – сверлу (зенкеру, развёртке) (рисунок 9.1,в), однако есть схемы сверления, в которых главное движение сообщается заготовке.

При *фрезеровании* главное движение сообщается режущему инструменту- фрезе, а движение подачи – заготовке (рисунок 9.1,г), однако есть схемы фрезерования, согласно которым как главное движение, так и движение подачи сообщается фрезе.

При *протяжке* (рисунок 9.1,д) и *плоском шлифовании* (рисунок 9.1,е) главное движение сообщается режущему инструменту – шлифовальному кругу, а движение подачи – *заготовке.*

Режущим инструментом называется инструмент для обработки металлов резанием. Наиболее распространённый режущий инструмент – резец

Обработка на токарных станках

Точение производится на токарных станках и применяется для обработки наружных и внутренних тел вращения: цилиндрических, конических, сферических и фасонных.

При точении заготовка закрепляется в установленном на шпинделе станка патроне и вращается, а закреплённый в резцедержателе резец совершает поступатель-

ное движение в продольном $s_{пр}$ и поперечном $s_{поп}$ направлениях.

Токарно-винторезный станок общего назначения показан на Рисунке 9.2

1 – основание;
2 – коробка подач;
3 – передняя бабка;
4 – экран;
5 – щиток;
6 –суппорт;
7 – задняя бабка;
8 – ходовой вал;
9 – фартук;
10 – ходовой винт;
11 – станина.

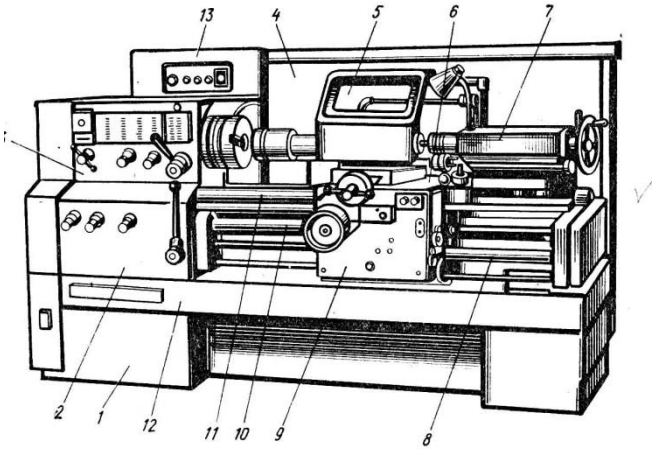

Рисунок 9.2 – Токарно-винторезный станок

Обработка на сверлильных станках

Сверлильные станки предназначены для изготовления отверстий в деталях. Для повышения точности и качества отверстий после их обработки используются зенкеры и развёртки. Свёрла, зенкеры и развёртки применяются для изготовления сквозных, глухих, ступенчатых и глубоких отверстий с отношением глубины отверстия к его диаметру более пяти.

Для сверления применяют сверла центровочные, перовые, спиральные, сверла для получения глубоких отверстий – лопаточные и др.

Обработка на фрезерных станках

Фрезерные станки предназначены для обработки плоских и фасонных поверхностей, пазов, канавок, выступов, зубчатых колёс, наружных и внутренних резьб.

Фрезерование осуществляется режущим инструментом – фрезой, представляющей собой тело вращения, на образующей и (или) торцевой поверхности которого расположены режущие зубья. Фрезы (рисунок 9.3) могут быть самых различных конструкций, из которых наиболее распространёнными являются цилиндрические (а), дисковые (б), торцевые (г) и фасонные (д).

Из группы фрезерных станков наибольшее распространение нашли горизонтально – фрезерные, вертикально – фрезерные и продольно – фрезерные.

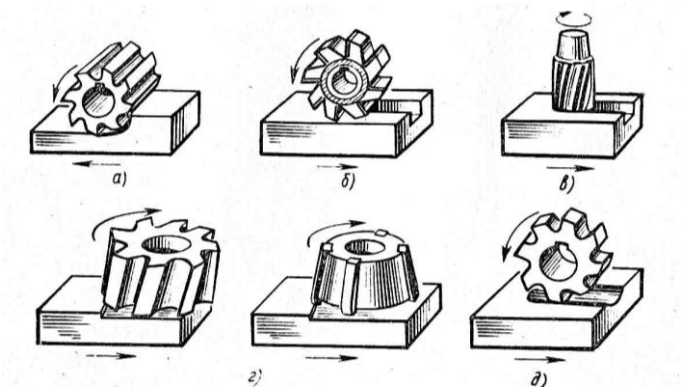

Рисунок 9.3 – Основные виды фрез

Обработка шлифованием

Шлифованием называется способ обработки материалов резанием, осуществляемый массовым скоростным (v = 8 – 50 м/с) и более микрорезанием поверхностных слоёв твердых тел большим числом мельчайших зёрен, сцементированных в инструмент с помощью связки.

Процесс шлифования используется как завершающая чистовая обработка с получением размером деталей с точностью по 6 - 7 –му квалитетам и шероховатостью поверхности R_a = 0,08 - 0,32 мкм и как обдирочная обработка при очистке литья, поковок и т.д. Шлифование осуществляется особым видом инструментов – шлифовальными кругами.

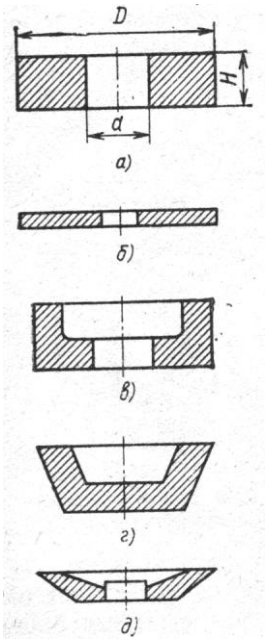

Рис. 9.4. Круги шлифовальные

Для изготовления шлифовальных кругов используют следующие искусственные абразивные материалы: электрокорунд (кристаллы оксида алюминия Al_2O_3 с добавками), нормальный корунд (условное обозначение 12А13А,16А), белый корунд (22А,25А), хромистый корунд (с добавками соединений хрома 32А,34А), монокорунд (кристаллы Al_2O_3 правильной формы 43А,45А), карбиды кремния (SiC) чёрный (53С,55С) и зелёный (63С, 64С), алмазы природные (А) и синтетические (АС), нитрид

бора (эльбор).

Шлифовальные круги обладают способностью частично или полностью самозатачиваться.

Шлифовальные станки подразделяются на станки для круглого шлифования и станки для плоского шлифования.

Задание

1. Согласно варианта описать технологический процесс, режимы резания способа обработки металлов резанием.

2. Указать применяемое оборудование, приспособления.

3. Указать область применения способа обработки металлов резанием.

Таблица вариантов

№ варианта	Способы обработки металлов резанием
1	Обтачивание и подрезание торцовых поверхностей заготовки
2	Обтачивание цилиндрических поверхностей заготовок
3	Сверление на вертикально-сверлильных станках
4	Обтачивание конических поверхностей заготовок
5	Зенкерование
6	Обтачивание фасонных поверхностей заготовок
7	Развертывание
8	Растачивание цилиндрических отверстий
9	Торцовое фрезерование
10	Сверление на горизонтально-сверлильных станках
11	Протягивание
12	Круглое шлифование
13	Плоское шлифование
14	Цилиндрическое фрезерование
15	Строгание

Критерии оценки

5 (отлично) - задание выполнено в полном объеме;

4 (хорошо) - выполнено 2 пункта задания в полном объеме;

3 (удовлетв) – выполнено не менее 2 пунктов задания в неполном объеме;

2 (неудовл) – выполнено менее 2 пунктов задания.

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

1 Печатные издания

1. Филиков В.А. Электротехнические и конструкционные материалы / В.А. Филиков, В.Н. Бородулин, А.С. Воробьев. – М.: Академия, 2018. – 304 с.

2. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология материалов. В 2 ч. Часть 1: учебник для СПО – 8-е издание, пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. - 386 с.

3. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология материалов. В 2 ч. Часть 2: учебник для СПО – 8-е издание, пер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. - 389 с.

2 Электронные издания (электронные ресурсы)

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/

2. Министерство образования и науки РФ ФГАУ «ФИРО» http://www.firo.ru/

3. Электронно-библиотечная система издательства «Юрайт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://urait.ru – Доступ по логину и паролю.

3 Дополнительные источники

1. Вишневецкий Ю.Т. Материаловедение для технических колледжей: Учебник. – М.: Дашков и Ко, 2008.

2. Справочник по конструкционным материалам. / Под ред. Арзамасова Б.Н. – М.: МГТУ им. Баумана, 2009.

3. Чумаченко Ю.Т. Материаловедение: Учебник для СПО. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009.