

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Блинова Светлана Павловна

Должность: Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

Дата подписания: 13.02.2023 11:02:32

Уникальный программный ключ:

1cafd4e102a27ce11a89a2a7ceb20237f3ab5c65

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Норильский государственный индустриальный институт»  
Политехнический колледж**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ  
РАБОТ  
учебной дисциплины  
ОП.05 «Материаловедение»**

для специальностей:

13.02.01 Тепловые электрические станции

23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта;

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям)

Методические указания для практических работ учебной дисциплины «Материаловедение» разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальностям среднего профессионального образования

13.02.01 Тепловые электрические станции

23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта;

23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям)

Организация-разработчик: ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт» Политехнический колледж.

Разработчик:

Шевчук Светлана Владимировна – преподаватель

Рассмотрена на заседании предметно-цикловой комиссии общетехнических дисциплин и автомобильного транспорта

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ Суслов Е.Е.

Утверждена методическим советом Политехнического колледжа ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт»

Протокол заседания методического совета № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зам. директора по УР \_\_\_\_\_ Блинова С.П.

## **Введение**

Методические указания построены таким образом, что теоретический материал подкрепляется практическими расчетами, а также вопросами, отвечая на которые, студенты контролируют степень усвоения материала.

В каждом практическом занятии представлены задачи, решение которых закрепляет теоретические знания и формирует практические навыки по учебной дисциплине «Материаловедение».

В конце методических указаний приводится список литературы.

Наличие положительной оценки по практическим занятиям необходимо для получения зачета по дисциплине и допуска к зачету, поэтому в случае отсутствия на уроке по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий. Время проведения дополнительных занятий можно узнать у преподавателя или посмотреть на двери его кабинета.

## Тематический план

Наименование тем	Практическая работа	Объем часов
<b>Тема 1.2</b> Испытания металлов	<b>Практическая работа №1</b> Испытание металлов на твердость, прочность и пластичность.	2
<b>Тема 1.3</b> Основные положения теории сплавов	<b>Практическая работа №2</b> Анализ сплавов, содержащих определенную концентрацию углерода по диаграмме «железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении	2
<b>Тема 1.4</b> Термическая и химико-термическая обработка металлов	<b>Практическая работа №3</b> Выбор вида термической обработки для деталей в зависимости от марки стали.	2
<b>Тема 2.3</b> Легированные стали	<b>Практическая работа №4</b> Определение основных свойств чугунов и сталей по их маркам	2
	<b>Практическая работа №5</b> Выбор материала для деталей машин	2

## СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа №1 Испытание металлов на прочность, пластичность и твердость .....	6
Практическая работа №2 Анализ сплавов, содержащих определенную концентрацию углерода по диаграмме «железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
Практическая работа №3 Выбор вида термической обработки для деталей в зависимости от марки стали.....	14
Практическая работа № 4 Определение основных свойств чугунов и сталей по их маркам.....	19
Практическая работа №5 Выбор материала для деталей машин .....	26

## **Практическая работа №1**

### **Испытание металлов на прочность, пластичность и твердость**

Цели работы: Научиться определять свойства металлов и сплавов по результатам испытаний.

#### **Краткие теоретические сведения**

Выбор материала для какой-либо определенной цели делают на основе его механико-технологических, физических и химических свойств. Контролировать эти свойства необходимо как в процессе изготовления, так и в ходе эксплуатации для выявления недопустимых изменений, а в случае повреждения изделия – определять его причину.

Механические и технологические методы испытаний используются для исследования прочности, деформируемости, пластичности, вязкости и характера разрушения изделия. К этой же группе относят определение свойств поверхности, например, твердости и сопротивления износу.

*Статические испытания на растяжение.* Из всех способов механических испытаний наибольшее распространение имеют испытания на растяжение. Качественное сравнение материалов производят по диаграммам напряжение – относительное удлинение. По ним видно различие материалов по характеристикам прочности и пластичности.

Характеристики прочности играют существенную роль при определении геометрических размеров статически нагруженных элементов несущих конструкций. Модуль упругости определяет жесткость строительных сооружений и геометрическую устойчивость деталей механизмов и машин, а также находит применение при выборе коэффициента запаса. Характеристика пластичности используется в качестве показателя, определяющего в какой-то мере вероятность хрупкого разрушения, а также для оценки обрабатываемости материалов.

*Определение твердости.* В технике наиболее часто понятие «твердость» определяют как сопротивление, оказываемое телом при внедрении в него другого, более твердого тела.

Методы измерения твердости отличаются друг от друга формой индентора (шарик, пирамида, конус), его материалом (закаленная сталь, твердый сплав, алмаз) и величиной приложенной нагрузки (измерение при больших нагрузках – макротвердости, твердости при малых нагрузках – микротвердости), а также способом выражения характеристик твердости.

К испытаниям макротвердости относят способы определения твердости по Бринеллю, Виккерсу и Роквеллу. Получившийся большой отпечаток выбирают в качестве параметра макротвердости, характерного для структуры в целом.

#### **Порядок выполнения работы**

1. Изобразить схему испытания на приборе Бринелля и схему измерения диаметра отпечатка (рис.1.1).
2. Используя таблицу 1.2 «Результаты измерений твердости на приборе Бринелля» внести результаты испытаний, приведенные для вашего варианта, в таблицу

## 1.1 «Результаты измерений и расчетов».

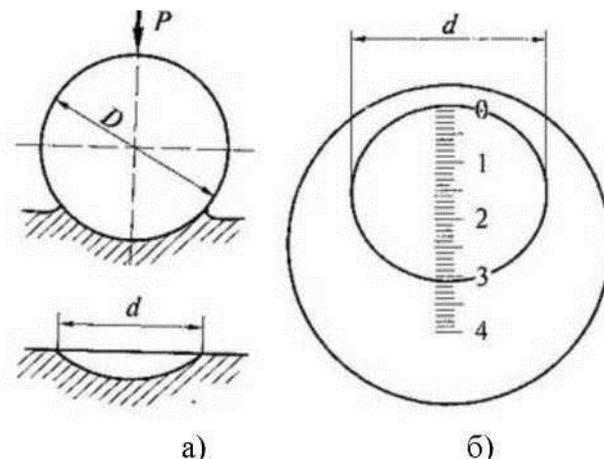


Рисунок 1.1 – Схема испытания на приборе Бринелля(а) и схему измерения диаметра отпечатка(б)

Таблица 1.1 – Результаты измерений и расчетов

Марка стали	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка P, Н (кг)	Измерения диаметра отпечатка d, мм	Число твердости НВ	
				По таблице	По расчету

3. Произвести расчет твердости по формуле 1.1

$$НВ = \frac{P}{F}, \quad (1.1)$$

где P – нагрузка,

F – площадь сферического отпечатка,  $F = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})$ ,

где D – диаметр шарика,

d – диаметр сферического отпечатка.

Таблица 1.2 – Результаты измерений твердости на приборе Бринелля

№ варианта	Диаметр шарика D, мм	Нагрузка P, Н (кгс)	Измерения диаметра отпечатка d, мм		
			1	2	3
1	1	30	0,313	0,315	0,320
2	1	30	0,323	0,321	0,326
3	1	30	0,326	0,330	0,323
4	1	30	0,344	0,339	0,340
5	1	30	0,345	0,348	0,346
6	1	30	0,363	0,357	0,360
7	1	30	0,366	0,361	0,359
8	1	30	0,380	0,386	0,385
9	1	30	0,395	0,399	0,391
10	1	30	0,412	0,404	0,399
11	10	3000	2,401	2,409	2,420
12	10	3000	2,630	2,651	2,657

13	10	3000	3,456	3,501	3,485
14	10	3000	3,987	4,152	4,203
15	10	3000	5,234	5,360	5,346
16	10	3000	6,025	5,870	5,924
17	10	3000	4,576	4,612	4,487
18	10	3000	5,123	5,078	5,220
19	10	3000	4,382	4,350	4,400
20	10	3000	3,185	3,206	3,210
21	10	1000	4,412	4,399	4,391
22	10	1000	2,651	2,420	2,630
23	10	1000	5,360	5,397	5,520
24	10	1000	2,461	2,649	2,566
25	10	1000	4,152	3,986	4,087
26	10	1000	3,210	3,425	3,333
27	10	1000	5,870	5,934	5,822
28	10	1000	3,485	3,327	3,923
29	10	1000	2,657	2,521	2,582
30	10	1000	5,873	5,726	5,804

4. Изобразить образец для испытаний на разрывной машине до и после испытания
5. Внести результаты испытаний в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты измерений и вычислений

Марка материала	Диаметр расчетной части образца до испытания $D_0$ , мм	Площадь поперечного сечения образца $F$ , мм <sup>2</sup>	Длина образца до испытания $l_0$ , мм	Длина образца после разрыва $l$ , мм	Относительное удлинение $\delta$ , %	Предел прочности $\sigma$ , МПа

6. Произвести расчет относительного удлинения по формуле 1.2

$$\delta = (l - l_0)/l_0 \quad (1.2)$$

где,  $l_0$  – длина образца до испытания,  
 $l$  – длина образца после разрыва.

7. Произвести расчет предела прочности по формуле
8. Сформулировать выводы по прочности, пластичности и твердости материалов.

### Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Схема испытания
4. Таблица 1.1
5. Расчеты

6. Таблица 1.2
7. Вывод.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите основные характеристики механических свойств металлов.
2. Назовите группы испытаний механических свойств металлов.
3. В чем состоит суть испытания на растяжение?
4. Что такое вязкость и пластичность твердых тел?
5. Что такое твердость?
6. Чем пользуются при определении твердости по Бринеллю?

## Практическая работа №2

**Анализ сплавов, содержащих определенную концентрацию углерода по диаграмме «железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении**

**Цель работы:** Научиться строить кривую охлаждения железоуглеродистого сплава с определенным содержанием углерода по диаграмме состояния сплавов; пояснять структурные превращения для заданного сплава в критических точках кривой охлаждения.

### Задание на практическую работу

1. Вычертить в масштабе диаграмму «железо-цементит» (рисунок1).
2. По диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов построить кривую охлаждения для сплава с указанным в таблице 2.1 содержанием углерода.
3. Провести анализ структурных превращений для заданного сплава в критических точках кривой охлаждения.
4. Указать структуру, принадлежащую сплаву варианта.
5. Ответить на контрольные вопросы.

### Краткие теоретические сведения

Для определения температурных интервалов, видов термической обработки, температуры плавления и заливки сплава в литейные формы пользуются специальными диаграммами состояния сплавов.

*Диаграмма состояния сплавов* – графическое изображение фазового состояния сплавов в зависимости от температуры и концентрации компонентов.

Для построения диаграмм состояния сплавов используют множество кривых охлаждения сплавов с различными концентрациями компонентов в зависимости от температуры и времени охлаждения. Однотипные критические точки (например, соответствующие температурам плавления сплавов) кривых охлаждения соединяют линией. Замкнутая область на диаграмме состояния, ограниченная линиями, имеет однотипную структуру.

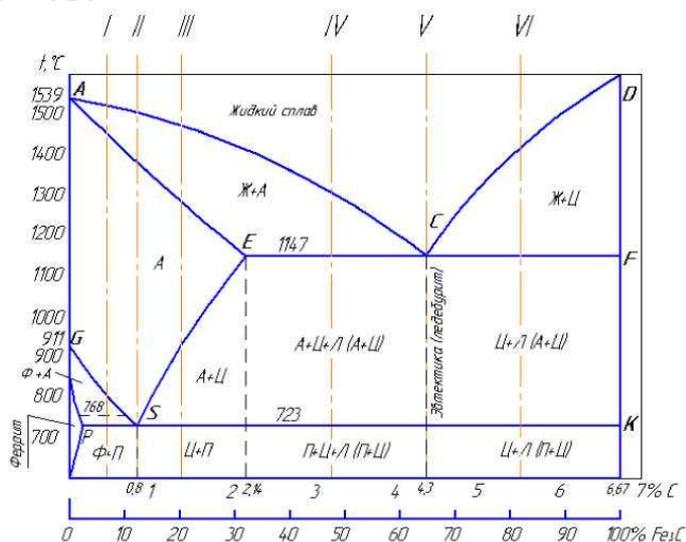


Рисунок 2.1 – Диаграмма состояния «железо-цементит»

*Структурные составляющие железоуглеродистых сплавов (рис.2.1):*

**Феррит (Ф)** – твердый раствор внедрения углерода в  $\alpha$ -железе. Наибольшая растворимость углерода в феррите 0,02 % при 727°C. Феррит имеет незначительную твердость (НВ 80-100) и прочность (250 МПа), но высокую пластичность (80 %).

**Аустенит (А)** – твердый раствор внедрения углерода в  $\gamma$ -железе. Существует только при высоких температурах. Предельная растворимость углерода в  $\gamma$ -железе 2,14 % при температуре 1147°C и 0,8 % при 727°C. Аустенит имеет твердость НВ 160 – 200 и пластичность (40-50 %)

**Цементит (Ц)** – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа  $Fe_3C$ ). В цементите содержится 6,67% углерода. Температура плавления цементита около 1600°C. Имеет сложную кристаллическую решетку. Самая твердая (НВ~800) и хрупкая составляющая железоуглеродистых сплавов.

**Перлит (П)** – механическая смесь феррита и цементита, содержащая 0,8% углерода. Образуется при перекристаллизации (распаде) аустенита при температуре 727°C. Этот распад называется *эвтектоидным*, а перлит – *эвтектоидом*, т.е. подобный эвтектике, но образующийся из твердой фазы при комнатной температуре перлит имеет предел прочности 800 МПа; относительное удлинение 15 %; твердость НВ 160.

**Ледебурит (Л)** – механическая смесь (эвтектика) аустенита и цементита, содержащая 4,3 % углерода. Ледебурит образуется при затвердевании жидкого расплава при 1147°C. Ледебурит имеет твердость НВ 600 – 700 и большую хрупкость. Поскольку при температуре 727°C аустенит превращается в перлит, то при более низких температурах ледебурит представляет собой уже смесь перлита и цементита.

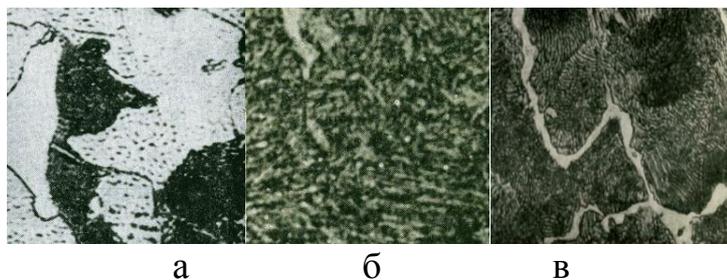


Рисунок 2.2 – Структуры железо-углеродистых сплавов (а – доэвтектоидная сталь, б – эвтектоидная сталь, в – эвтектоидная сталь)

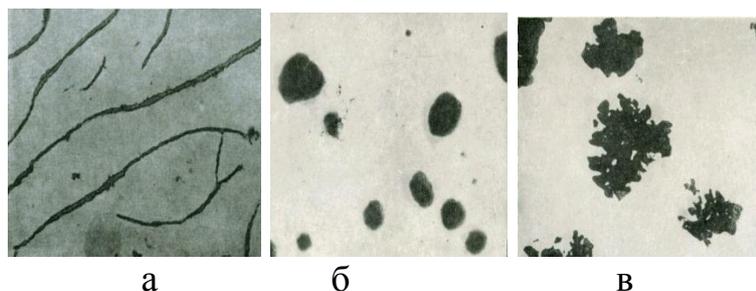


Рисунок 2.3 – Микроструктура чугунов (а – ферритный серый чугун с пла-

стинчатым графитом, б – ферритный высоко-прочный чугу́н с шаровидным графитом, в – ферритный ковкий чугу́н с хлопьевидным графитом)

Таблица 2.1 – Варианты для выполнения практической работы

Вариант	Содержание углерода в сплаве	Вариант	Содержание углерода в сплаве
1	0,2	16	0,5
2	0,6	17	0,8
3	1	18	1,2
4	1,4	19	1,8
5	2	20	2,5
6	3	21	3,5
7	4	22	4,5
8	5	23	1,2
9	2,6	24	1,5
10	1,6	25	2,4
11	2,8	26	3,2
12	3,4	27	3,6
13	3,8	28	4,3
14	0,7	29	0,9
15	1,1	30	1,3

### **Пример выполнения работы**

#### **Задание:**

По диаграмме состояния железоуглеродистых сплавов (рисунок 1) построить кривую охлаждения для сплава с содержанием углерода 5% с последующим анализом структурных превращений.

#### **Описание превращений:**

Для заданного сплава по диаграмме состояния критические точки будут при температурах 1420, 1147 и 727°C

Данный сплав представляет собой заэвтектический (ферритный ковкий с хлопьевидным графитом) чугу́н.

При температурах выше 1420°C сплав находится в жидком состоянии. При температуре 1420°C в сплаве начинают образовываться твердые частицы первичного цементита.

При температуре 1147°C сплав полностью переходит в твердое состояние. Структура состоит из включений цементита и эвтектики (ледебурита), который представляет собой механическую смесь аустенита и цементита.

При температуре 727°C аустенит перекристаллизуется в перлит, поэтому структура сплава при более низких температурах состоит из включений первичного цементита и ледебурита, представляющего собой механическую смесь перлита и цементита.

Кривая охлаждения заэвтектического сплава

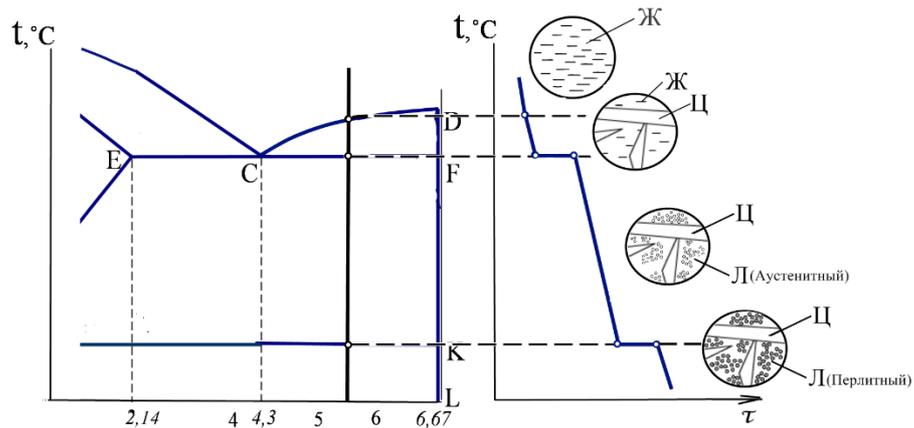


Рисунок 2.4 – Пример оформления графической части

### Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Кривая охлаждения.
5. Название данного сплава.
6. Анализ структурных превращений в критических точках кривой охлаждения.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение следующим терминам:  
- структура;- кривая охлаждения;- критическая точка;- диаграмма состояния сплавов;- солидус;- ликвидус;
2. Какие структурные составляющие могут присутствовать в железоуглеродистых сплавах и что они собой представляют?
3. Как построить диаграмму состояния сплавов?
4. Что можно узнать по диаграмме состояния сплавов?

## Практическая работа №3

**Выбор вида термической обработки для деталей в зависимости от марки стали.**

**Цели работы:** Ознакомиться с видами термической обработки, их характеристиками и применением; научиться назначать режимы термической обработки.

### Краткие теоретические сведения

*Термической обработкой* называют технологические процессы теплового воздействия, которые проводят с целью изменения внутреннего строения, структуры и свойств.

Термическая обработка используется в качестве предварительной или промежуточной операции для улучшения обрабатываемости резанием, давлением и др. и как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень физико-механических свойств детали.

Любой *процесс термической обработки характеризуется* температурой и скоростью нагрева, временем выдержки при заданной температуре и определенной скоростью охлаждения. Режим термообработки можно представить графиком в координатах температура – время ( $t - \tau$ ). Пример такого графика представлен на рисунке 3.1. Скорость нагрева и охлаждения характеризуется углом наклона линий на графике.

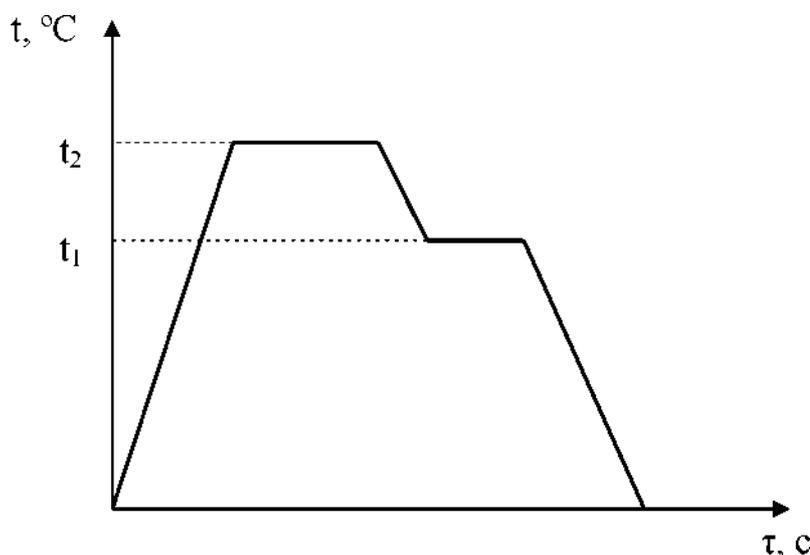


Рисунок 3.1 – Режим термообработки можно представить графиком в координатах температура – время

В основе теории термической обработки лежат фазовые и структурные превращения, протекающие при нагреве и охлаждении металлов и сплавов. Эти превращения характеризуются определенными *критическими точками*.

Регулируя температуру нагрева, время выдержки и скорость охлаждения, можно в очень широких пределах изменять свойства материала, подвергаемого термообработке.

Основными видами термической обработки являются отжиг, нормализация,

закалка, отпуск и старение.

Таблица 3.1 – Характеристика основных видов термообработки стали

Вид термообработки	Характеристика процессов	Назначение
Отжиг:	Нагрев и последующее медленное охлаждение, чаще вместе с печью	
Полный	Нагрев на 30 – 50°С выше верхней критической точки $A_{c3}$ и медленное охлаждение (рис. 3.2).	Получение мелкозернистой структуры и снятие внутренних напряжений в доэвтектоидных сталях.
Неполный	Нагрев на 30 – 50°С выше нижней критической точки $A_{c1}$ и медленное охлаждение (рис. 3.2).	Снятие внутренних напряжений и улучшение обрабатываемости резанием заэвтектоидных и инструментальных сталей
Рекристаллизационный	Нагрев до 450 – 700°С, непродолжительная выдержка и охлаждение на воздухе.	Снятие наклепа после холодной пластической деформации.
Диффузионный	Нагрев до 1100 – 1200°С, выдержка 10 – 20 часов и медленное охлаждение (рис. 3.2).	Устранение химической неоднородности, образовавшейся при кристаллизации металла. (Получается крупнозернистая структура, которая измельчается при последующем полном отжиге или нормализации)
Низкотемпературный	Температура отжига находится в пределах 200 – 700°С (чаще 350 – 600°С) – рис. 3.3. Нагрев на 20 – 30°С выше	Снятие внутренних напряжений, образовавшихся при литье, сварке, обработке резанием и т.д.
Изотермический	$A_{c3}$ , охлаждение с печью до 680 – 700°С, выдержка 2 – 5 часов при этой температуре и охлаждение на воздухе.	Повышение обрабатываемости резанием легированных сталей
Нормализация	Нагрев, выдержка и последующее охлаждение на воздухе	Исправление структуры перегретой стали, снятие внутренних напряжений в деталях из конструкционных сталей и улучшение их обрабатываемости; увеличение глубины прокаливаемости инструментальных сталей перед закалкой.
Закалка:	Нагрев, выдержка и последующее резкое охлаждение (рис.3.3)	Получение высокой твердости, упрочнение
Полная	Нагрев на 30 – 50°С выше $A_{c3}$	Для доэвтектоидных сталей (в которых углерода менее 0,8 %)
Неполная	Нагрев на 30 – 50°С выше $A_{c1}$	Для заэвтектоидных сталей (углерода более 0,8 %)
Отпуск:	Нагрев, выдержка и охлаждение на воздухе	Снятие внутренних напряжений, повышение вязкости и пластичности, понижение твердости и уменьшение хрупкости закаленной стали

Низкий	Нагрев в интервале температур 150 – 250°С.	Для инструментальных сталей, после закалки цементуемых изделий.
Средний	Нагрев в интервале температур 300 – 500°С.	Для пружин, рессор, а также инструмента, который должен иметь значительную прочность и упругость при достаточной вязкости.
Высокий	Нагрев в интервале температур 500 – 650°С.	Для деталей из конструкционных сталей, работающих при ударных нагрузках.
Улучшение	Закалка стали и последующий высокий отпуск	Обеспечение сочетания высокой прочности и пластичности при окончательной термообработке деталей из конструкционных сталей, испытывающих в работе ударные нагрузки и вибрации.
Старение	Нагрев и длительная выдержка при повышенной температуре	Стабилизация размеров деталей и инструментов из различных сталей.
Термомеханическая обработка	Нагрев, быстрое охлаждение до 400...500 °С. Многократное пластическое деформирование, закалка и отпуск	Обеспечение для деталей простой формы, не подвергаемых сварке, более высокой прочности, чем при обычной термообработке.

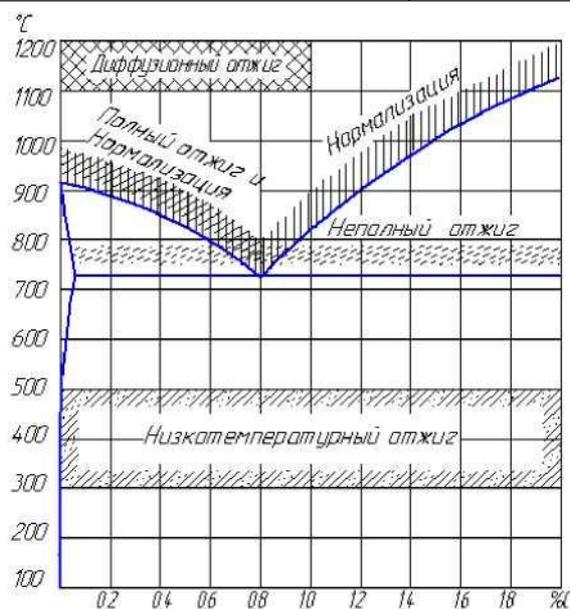


Рисунок 3.2 – Диаграмма состояния с интервалами нагрева углеродистой стали для некоторых видов отжига и нормализации

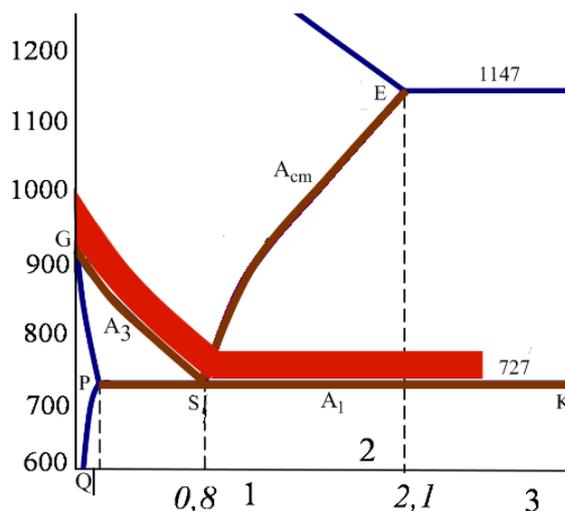


Рисунок 3.3 – Диаграмма состояния с интервалами нагрева углеродистой стали для закалки

### Задание на практическую работу

1. *Задание 1.* Для марки стали, соответствующей вашему варианту (таблица 3.2), указать содержание углерода и принадлежность данной стали к конструкционной или инструментальной, определить механические свойства до термообработки. Выбрать и обосновать последовательность операций предварительной и окончательной термообработки изделия из данной стали

2. *Задание 2.* Для указанных условий (деталь, марка стали, цель термообработки) определить вид термообработки и ее температурный режим. Варианты заданий указаны в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Варианты для задания 2.

Вариант	Задание 1	Задание 2		
		Деталь	Марка стали	Цель термообработки
1	70	Вал	40X	Повышение поверхностной прочности и улучшение механических свойств
2	У7	Шестерня	20XГНМ	
3	20	Сверло	P6M5	
4	У13А	Шкив	25	
5	40	Фреза	P18	Снятие внутренних напряжений после механической обработки
6	У8	Ось	20	
7	60	Втулка	35	
8	У12	Вал	50Л	Устранение химической неоднородности
9	80	Корпус подшипника	20	
10	У9	Шестерня	25XГМ	Получение мелкозернистой структуры
11	40X	Крюк крана	60	
12	У11	Вал	45	
13	50	Резец	Корпус 40X Напайка P18	Снятие внутренних напряжений после сварки
14	ХВГ	Вал	60Г	Повышение поверхностной прочности и улучшение механических свойств
15	30	Зубило	У8	
16	У7А	Ось	40	
17	10	Метчик	У12А	

18	У13	Корпус насоса	20Х	Снятие внутренних напряжений после механической обработки
19	70Г	Рычаг	25	
20	У8А	Поршень	40	
21	45	Гаечный ключ	ХВГ	Устранение химической неоднородности
22	9ХС	Вал	40Х	
23	20Х	Поршень	80	Получение мелкозернистой структуры
24	У12А	Рычаг	20Х	
25	85	Звездочка	40	

### **Содержание отчета**

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Выполнение работы

Задание 1 – характеристика стали в исходном состоянии;

- последовательность операций термообработки с обоснованием

Задание 2.

- характеристика стали в исходном состоянии;
- вид термообработки,
- режим термообработки (температура нагрева, среда охлаждения).

### **Контрольные вопросы**

1. В чем заключается сущность термической обработки?
2. Чем характеризуется любой процесс термообработки?
3. Какие существуют виды термической обработки стали?
4. Каковы разновидности процесса отжига и их назначение?
5. Для какой цели производят закалку стальных изделий?
6. Для чего после закалки проводят отпуск стали?

## Практическая работа № 4

### Определение основных свойств чугунов и сталей по их маркам

#### Цели работы

Научиться определять свойства, химический состав, структуру и назначение чугунов и сталей по их маркам.

#### Краткие теоретические сведения

##### ЧУГУНЫ

Чугун – сплав Fe (основа) с C (обычно 2...4 %), содержащий постоянные примеси (Si, Mn, S, P), а иногда и легирующие элементы (Cr, Ni, V, Al и др.); как правило, хрупок.

Углерод в чугуне может находиться в виде цементита, графита или одновременно в виде цементита и графита. Механические свойства литейных чугунов зависят от свойств металлической основы и, главным образом, от количества, формы и размеров графитных включений. Перлитная основа обеспечивает наибольшие значения показателей прочности и износостойкости.

Чугуны с графитом в зависимости от формы последнего разделяют на серые, ковкие и высокопрочные. Серыми называют чугуны, в структуре которых графит имеет пластинчатую форму. В ковких чугунах графит имеет хлопьевидную форму, в высокопрочных чугунах – шаровидную.

##### *Серые чугуны*

Структура серого (литейного) чугуна состоит из металлической основы с графитом пластинчатой формы, вкрапленным в эту основу. Марки серых чугунов согласно ГОСТ 1412 – 85 состоят из букв «СЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении. Чугун СЧ10 – ферритный; СЧ15, СЧ18, СЧ20 – ферритно-перлитные чугуны, начиная с СЧ25 – перлитные чугуны.

На долю серого чугуна с пластинчатым графитом приходится около 80 % общего производства чугунных отливок. Серые чугуны обладают высокими литейными качествами (жидкотекучесть, малая усадка, незначительный пригар металла к форме и др.), хорошо обрабатываются и сопротивляются износу, однако из-за низких прочности и пластических свойств в основном используются для неотчетственных деталей. В станкостроении серый чугун является основным конструкционным материалом (станины станков, столы и верхние салазки, колонки, каретки и др.); в автомобилестроении из ферритно-перлитных чугунов делают картеры, крышки, тормозные барабаны и др., а из перлитных чугунов – блоки цилиндров, гильзы, маховики и др. В строительстве серый чугун применяют, главным образом, для изготовления деталей, работающих при сжатии (башмаков, колонн), а также санитарно-технических деталей (отопительных радиаторов, труб). Значительное количество чугуна расходуется для изготовления тубингов, из которых сооружается туннель метрополитена. Из серого чугуна, содержащего фосфор (0,5 %), изготавливают архитектурно-художественные изделия.

##### *Ковкие чугуны*

Ковкие чугуны с хлопьевидной формой графита получают из белых доэвтектических чугунов, подвергая их специальному графитизирующему отжигу.

Ковкие чугуны с перлитной металлической основой обладают высокими твердостью (235...305 НВ) и прочностью ( $\sigma = 650...800$  МПа) в сочетании с небольшой пластичностью ( $\delta = 3,0...1,5$  %). Ковкий ферритный чугун характеризуется высокой пластичностью ( $\delta = 10...12$  %) и относительно низкой прочностью ( $\sigma = 370...300$  МПа).

Ковкие чугуны согласно ГОСТ 1215 – 79 маркируются двумя буквами (КЧ – ковкий чугун) и двумя группами цифр. Первые две цифры в обозначении марки соответствуют минимальному пределу прочности при растяжении, цифры после тире – относительному удлинению при растяжении, Чугуны марок КЧ30 – 6, КЧ33 – 8, КЧ35 – 10,

КЧ37 – 12, имеющие повышенное значение удлинения при растяжении, относятся к ферритным, а марок КЧ45 – 7, КЧ50 – 5, КЧ55 – 4, КЧ60 – 3, КЧ65 – 3, КЧ70 – 2, КЧ80 – 1.5 – к перлитным чугунам.

Ковкие чугуны, обладая высокими пластическими свойствами, находят применение при изготовлении разнообразных тонкостенных (до 50 мм) деталей, работающих при ударных и вибрационных нагрузках, – фланцы, муфты, картеры, ступицы и др. Масса этих деталей – от нескольких граммов до нескольких тонн.

#### *Высокопрочные чугуны*

Высокопрочный чугун (ЧШГ – чугун с шаровидным графитом) получают модифицированием жидкими присадками (магния церия, иттрия и некоторых других элементов). При этом перед вводом модификаторов необходимо снизить содержание серы до 0,02...0,03 %.

Рекомендуемый химический состав высокопрочного чугуна (2,7...3,7 % С; 0,5...3,8 % Si) выбирается в зависимости от толщины стенок отливки (чем тоньше стенка, тем больше углерода и кремния).

Структура высокопрочного чугуна состоит из металлической основы (феррит, перлит) и включений графита шаровидной формы. Шаровидный графит, имеющий минимальную поверхность при данном объеме, значительно меньше ослабляет металлическую основу, чем пластинчатый графит, и не является активным концентратором напряжений. Ферритные чугуны имеют  $\sigma = 220...310$  МПа,  $\delta = 22...10$  %, 140...225 НВ, перлитные –  $\sigma = 370...700$  МПа,  $\delta = 7...2$  % и 153...360 НВ. Марки высокопрочных чугунов согласно ГОСТ 7293 – 85 состоят из букв «ВЧ» и цифр, соответствующих минимальному пределу прочности при растяжении  $\sigma$ , МПа / 10: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45 – ферритные чугуны; ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ 100 – перлитные чугуны.

Высокопрочные чугуны обладают хорошими литейными и потребительскими свойствами (обрабатываемость резанием, способность гасить вибрации, высокая износостойкость и др.) свойствами. Они используются для массивных отливок взамен стальных литых и кованых деталей – цилиндры, шестерни, коленчатые и распределительные валы и др.

#### **УГЛЕРОДИСТЫЕ СТАЛИ**

##### *Маркировка углеродистых сталей*

Маркировка углеродистых сталей зависит от их качества и назначения.

Стали обыкновенного качества имеют 3 группы поставки: А, Б, В. Стали

группы А поставляются с гарантированными механическими свойствами, химический состав не регламентируют. Стали группы Б поставляются с гарантированным механическим составом, механические свойства не гарантируются. Стали группы В поставляются с гарантированными химическим составом и механическими свойствами. О механических свойствах и химическом составе информацию получают в сопроводительных документах.

Все эти стали обыкновенного качества (ГОСТ 380-71) маркируются буквами Ст, после которых ставится цифра от 0 до 6. Впереди марки – буква, указывающая группу поставки (для стали группы А – не ставится). В конце марки указывается степень раскисления: пс, кп (для спокойных – не указывают).

Ст3кп – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки А, с номером 3, кипящая.

ВСт4пс – углеродистая конструкционная сталь обыкновенного качества, группы поставки В, с номером 4, полуспокойная.

*Качественные конструкционные углеродистые стали* (ГОСТ 1050-74) маркируют цифрами 08, 10, 15, 20, 25... до 85. Цифры означают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Если сталь содержит повышенное количество марганца (0,8-1,2%), то после цифр ставится буква Г. В конце марки указывают степень раскисления (кп или пс).

Сталь 40 – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,4 % , спокойная.

Сталь 65Гпс – качественная конструкционная углеродистая сталь с содержанием углерода 0,65%, более 0,8% марганца, полуспокойная.

*Инструментальные углеродистые стали* (ГОСТ 1435-74) маркируются большой буквой У и цифрами, которые означают содержание углерода в десятых долях процента. Эти стали чаще всего качественные. Однако, если сталь имеет повышенное качество, то в конце марки ставится буква А.

У8 – инструментальная углеродистая со средним содержанием углерода 0,8% (имеет точно такой же химический состав, что и Сталь 80, но отличается структурой и свойствами).

У12А – углеродистая инструментальная сталь, 1,2% углерода, высококачественная.

## **ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ**

Сочетания букв и цифр дают характеристику **легированной стали**. Если впереди марки стоят две цифры, они указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Одна цифра впереди марки указывает среднее содержание углерода в десятых долях процента. Если впереди марки нет цифры, это значит, что углерода в ней либо 1%, либо выше 1%. Цифры, стоящие за буквами, указывают среднее содержание данного элемента в процентах, если за буквой отсутствует цифра – значит содержание данного элемента около 1% (не более 1,5%). Буква А в конце марки обозначает высококачественную сталь, т.е. сталь, содержащую меньше серы и фосфора. Указанная система маркировки охватывает большинство существующих легированных сталей. Исключение составляют отдельные группы сталей, которые дополнительно обозначаются определенной буквой: Р – быстрорежущие, Е – магнитные, Ш – шарикоподшипниковые, Э – электротехнические.

### Пример расшифровки марки стали

40ХНЗМФА – конструкционная легированная высококачественная сталь со средним содержанием углерода 0,4%, ~1% хрома, ~3% никеля, ~1% молибдена, ~1% ванадия.

18ХГТ – конструкционная легированная качественная сталь с содержанием углерода 0,18% и по 1% (приблизительно) хрома, марганца и титана.

ХВГ – инструментальная легированная сталь, углерода более 1%, приблизительно около 1% хрома, вольфрама, марганца.

7ХГ2 – инструментальная легированная сталь, углерода 0,7%, приблизительно около 1% хрома, марганца 2%.

Р18 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, 18% вольфрама Р6М5К4 – инструментальная высоколегированная быстрорежущая сталь, содержание вольфрама 6%, молибдена 5%, 4% кобальта.

### Задание на практическую работу

Задание 1. Расшифровать марки чугунов

№ варианта	Марки	№ варианта	Марки
1	СЧ 10; КЧ 30-6; ВЧ 50	16	СЧ 35; КЧ 50-4; ВЧ 60
2	СЧ 15; КЧ 33-8; ВЧ 60	17	СЧ 40; КЧ 56-4; ВЧ 45
3	СЧ 20; КЧ 35-10; ВЧ 45	18	СЧ 45; КЧ 60-3; ВЧ 40
4	СЧ 25; КЧ 37-12; ВЧ 40	19	СЧ 10; КЧ 63-2; ВЧ 50
5	СЧ 30; КЧ 45-6; ВЧ 50	20	СЧ 15; КЧ 30-6; ВЧ 60
6	СЧ 35; КЧ 50-4; ВЧ 60	21	СЧ 10; КЧ 30-6; ВЧ 50
7	СЧ 40; КЧ 56-4; ВЧ 45	22	СЧ 15; КЧ 33-8; ВЧ 60
8	СЧ 45; КЧ 60-3; ВЧ 40	23	СЧ 20; КЧ 35-10; ВЧ 45
9	СЧ 10; КЧ 63-2; ВЧ 50	24	СЧ 25; КЧ 37-12; ВЧ 40
10	СЧ 15; КЧ 30-6; ВЧ 60	25	СЧ 30; КЧ 45-6; ВЧ 50
11	СЧ 10; КЧ 30-6; ВЧ 50	26	СЧ 35; КЧ 50-4; ВЧ 60
12	СЧ 15; КЧ 33-8; ВЧ 60	27	СЧ 40; КЧ 56-4; ВЧ 45
13	СЧ 20; КЧ 35-10; ВЧ 45	28	СЧ 45; КЧ 60-3; ВЧ 40
14	СЧ 25; КЧ 37-12; ВЧ 40	29	СЧ 10; КЧ 63-2; ВЧ 50
15	СЧ 30; КЧ 45-6; ВЧ 50	30	СЧ 15; КЧ 30-6; ВЧ 60

Задание 2. Для каждой марки выписать структуру, свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы

Марка	Структура	Свойства	Применение

Задание 3. Расшифровать марки углеродистых сталей

№ варианта	Марки							
	Ст0	БСт2пс	ВСт5кп	05кп	25	60Г	У7	У10А
1	Ст0	БСт2пс	ВСт5кп	05кп	25	60Г	У7	У10А
2	Ст1кп	БСт3сп	ВСт4пс	08	30	70Г	У8	У11А
3	Ст2пс	БСт4	ВСт3сп	08кп	35	75Г	У9	У12А
4	Ст3сп	БСт5кп	ВСт2	08пс	40	80Г	У10	У13А
5	Ст4	БСт6пс	ВСт1кп	10	45	65Г	У11	У7А
6	Ст5кп	БСт0	ВСт4сп	10кп	50	60Г	У12	У8А
7	Ст6пс	БСт1сп	ВСт3	10пс	55	70Г	У13	У9А
8	Ст0	БСт2Г	ВСт5пс	15	60	75Г	У7А	У10
9	Ст1сп	БСт3кп	ВСт2пс	15кп	65	80Г	У8А	У11
10	Ст2	БСт4пс	ВСт1сп	15пс	70	65Г	У9А	У12
11	Ст3кп	БСт5сп	ВСт4	18кп	75	60Г	У10А	У13
12	Ст4пс	БСт6	ВСт3кп	20	80	70Г	У11А	У7
13	Ст5сп	БСт0	ВСт1пс	20кп	25	75Г	У12А	У8
14	Ст6	БСт1пс	ВСт2сп	20пс	30	80Г	У13А	У9
15	Ст0	БСт2сп	ВСт5	05кп	35	65Г	У7	У11А
16	Ст1пс	БСт3	ВСт2кп	08	40	60Г	У8	У12А
17	Ст2сп	БСт4кп	ВСт3пс	08кп	45	70Г	У9	У13А
18	Ст3	БСт5пс	ВСт4кп	08пс	50	75Г	У10	У7А
19	Ст4кп	БСт6сп	ВСт1	10	55	80Г	У11	У8А
20	Ст5пс	БСт0	ВСт1кп	10кп	60	65Г	У12	У9А
21	Ст6сп	БСт1	ВСт2пс	10пс	65	60Г	У13	У10А
22	Ст0	БСт2кп	ВСт3сп	15	70	70Г	У7А	У11
23	Ст1	БСт3пс	ВСт4кп	15кп	75	75Г	У8А	У12
24	Ст2кп	БСт4сп	ВСт5	15пс	80	80Г	У9А	У13
25	Ст3пс	БСт5	ВСт1сп	18кп	25	65Г	У10А	У7
26	Ст4сп	БСт6кп	ВСт2	20	30	60Г	У11А	У8
27	Ст5Г	БСт0	ВСт3кп	20кп	35	70Г	У12А	У9
28	Ст6кп	БСт1пс	ВСт4	20пс	40	75Г	У13А	У10
29	Ст0	БСт2сп	ВСт5пс	05кп	45	80Г	У7	У11А
30	Ст1пс	БСт3кп	ВСт4сп	08пс	50	65Г	У8	У12А

Задание 4. Для каждой марки выписать свойства и применение. Результат оформить в виде таблицы

Марка	Свойства	Применение

Задание 5. Расшифровать марки легированных сталей

№ варианта	Марки				
1	09Г2	38ХА	65С2ВА	8Х3	Р6К10
2	55С2	50ХФА	14ХГС	Х12	Р12Ф3
3	20Х	12ГС	60С2ХФА	В2Ф	Р6М5Ф3
4	30Х	09Г2С	20ХГР	5ХГМ	Р6М5К5
5	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	9Х2	Р18
6	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	ХГС	Р10К5Ф5
7	50Г2	70С3А	20ХНР	Х12	Р9М4К8
8	17ГС	15Х25Т	75ХСМФ	В2Ф	Р6К10
9	45Г2	60С2А	20ХГСФ	7Х3	Р12Ф3
10	38ХА	35ГС	10Г2БД	Х12М	Р6М5Ф3
11	45Х	18ХГТ	15Г2СФД	ХГС	Р6М5К5
12	38ХЮ	40ХФА	34ХН3М	8Х3	Р18К5Ф2
13	15ХА	60С2	36Г2С	9ХС	Р10К5Ф5
14	30ХМ	40Х9С2	15Х11МФ	4ХС	Р9
15	09Г2	20ХГРА	55С2	6ХВГ	Р6К10
16	55С2	38ХА	20Х3МВФ	4ХС	Р12Ф3
17	12ГС	20Х	38Х2МЮА	6ХВГ	Р6М5Ф3
18	09Г2С	30Х	20ХГНР	9ХС	Р6М5К5
19	10Г2	38ХМА	14Х2ГМР	7Х3	Р18К5Ф2
20	40Х	50ХФА	20ХГ2Ц	9Х1	Р10К5Ф5
21	50Г2	70С3А	20ХНР	8Х3	Р9М4К8
22	17ГС	20ХГСА	75ХСМФ	9Х1	Р6К10
23	38ХА	35ГС	10Г2БД	8Х3	Р12
24	45Х	25ХГСА	15Г2СФД	9ХВГ	Р6М5Ф3
25	38ХЮ	18ХГТ	40ХФА	Х12М	Р6М5К5
26	60С2	15ХА	13Х2НА	9ХВГ	Р18К5Ф2
27	30ХМ	40Х9С2	36НХТЮ	6ХВ2С	Р10К5Ф5
28	55С2	09Г2	20ХГР	Х12	Р9
29	50ХФА	14ХГС	55С2	5ХНМ	Р6К10
30	45Г2	60С2А	20ХГ2Ц	6ХВГ	Р12Ф3

## **Содержание отчета**

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Расшифровка марок.
5. Таблицы.

## **Контрольные вопросы**

1. Чугун это сплав \_\_\_\_\_ с углеродом.
2. Чугун, который используют для переплавки его в сталь, называется \_\_\_\_
3. Чугун, в котором весь углерод находится в виде графита, называется \_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_ чугун более пластичный, чем серый.
5. Графит шаровидной формы находится в \_\_\_\_\_ чугуна.
6. Что такое сталь?
7. По каким признакам классифицируют углеродистую сталь?
8. На какие группы по качеству делятся углеродистые стали?
9. Какие группы сталей обыкновенного качества различают в зависимости от назначения?
10. Как подразделяются качественные углеродистые стали по содержанию марганца?
11. На какие группы подразделяются углеродистые стали по способу раскисления?
12. Какие стали называются легированными?
13. Какие элементы являются легирующими?
14. Для чего легируют стали?
15. Каковы правила обозначения легированных сталей?

## Практическая работа №5

### Выбор материала для деталей машин

**Цели работы:** Научиться выбирать марки сплавов для деталей машин, обосновывая выбор условиями работы при их эксплуатации и технологией изготовления.

#### Краткие теоретические сведения

При выборе материала для деталей машин конструктор пользуется справочниками, где наряду с данными о механических свойствах, полученных при испытании стандартных образцов, учитывается также название типичных деталей, для которых данный материал используют. Однако трудность при выборе материала по справочнику заключается в том, что для изготовления детали одного и того же наименования справочник рекомендует различные марки материала. Поэтому при выборе материалов по справочнику в первую очередь следует исходить из условий работы детали и требуемых от нее свойств.

Рассмотрим, из решения каких задач складывается работа по выбору материала:

1. Материал должен обеспечить прочность, надежность и долговечность работы детали. Для выполнения этих требований необходимо учитывать жесткость нагружения в процессе работы и условия, в каких работает конструкция. В случае работы в агрессивных средах необходим учет влияния среды.

2. Выбранный материал должен быть технологичным, т.е. необходимо учитывать технологические свойства, оборудование и способы изготовления из него детали.

3. Выбранный материал должен быть как можно более дешевым и недефицитным.

#### Порядок выполнения работы

1. Точно переписать задание.

2. Провести анализ условий работы детали и определить требования к материалу детали.

3. Из изученных основных классов конструкционных материалов выбрать те, которые, вероятно, могут обеспечить выполнение требований, предъявляемых к детали.

4. По справочнику определить марки материалов и упрочняющую обработку, которые обеспечивают у детали получение заданных свойств. Поскольку требуемые свойства могут обеспечить разные материалы, то данные о них из справочника следует представить в виде таблицы, что сделает последующий выбор материала более наглядным. Следует выбрать 2 – 3 материала.

Таблица 5.1

Марка материала	Термообработка	Предел прочности, МПа	Твердость	Другие свойства

5. На основе сравнения всех данных следует сделать заключение о том, какой материал следует считать оптимальным и по каким причинам.

6. Для выбранного материала дать расшифровку марки.

### **Задание на практическую работу**

1. Поршневой палец из цементуемой легированной стали
2. Ответственный коленчатый вал из легированной стали
3. Корпус карбюратора
4. Поршневой палец автомобиля, подвергаемый закалке ТВЧ
5. Стальная заклепка для клепания рамы автомобиля
6. Блок цилиндров из недефицитного литейного сплава
7. Плоская пружина
8. Стальное ребро тормозной колодки, изготовленное холодной штамповкой
9. Бензокран, изготовленный методом литья под давлением
10. Выхлопной клапан автомобиля
11. Шатун, изготовленный методом горячей штамповки
12. Крыло грузового автомобиля, изготовленное холодной штамповкой
13. Неразъемный вкладыш подшипника скольжения
14. Корпус редуктора
15. Приводная звездочка цепной передачи
16. Картер мотора из алюминиевого сплава.

### **Содержание отчета**

1. Название практической работы.
2. Цель работы.
3. Задание.
4. Анализ условий работы детали.
5. Название классов конструкционных материалов.
6. Таблица.
7. Вывод о выборе материала
8. Расшифровка марки выбранного материала

### **Контрольные вопросы**

1. Какими механическими и технологическими свойствами обладают стали, чугуны, латуни, бронзы, алюминиевые сплавы?
2. Как влияют на сплавы легирующие элементы?
3. Что необходимо учитывать при выборе конструкционного материала?

### 3.2 Информационное обеспечение обучения

Основная литература:

- 1 Моряков О.С., Материаловедение (по техническим специальностям). – ОИЦ «Академия», 2015
- 2 Черепахин А.А., Материаловедение. – ООО «КноРус», 2013
- 3 Соколова Е.Н., Борисова А.О, Давыденко Л.В., Материаловедение. Лабораторный практикум. – ОИЦ «Академия», 2016
- 4 Солнцев Ю.П., Вологжанина С.А., Материаловедение. – ОИЦ «Академия» 2016
- 5 Бандзеладзе Г.З., Основы материаловедения. – Академия-Медиа, 2014
- 6
- 7 Ермолаев В.В., Ильянков А.И., Разработка технологических процессов изготовления деталей машин. – ОИЦ «Академия», 2015
- 8 Черепахин А.А., Технология обработки материалов. – ОИЦ «Академия», 2016

Дополнительная литература:

- 9 Ильянков А.И., Марсов Н.Ю., Основные термины, понятия, и определения в технологии машиностроения. Справочник. – ОИЦ «Академия», 2013
- 10 Лялякин В.П., Слинко Д.Б., Наплавка металлов. – Академия-Медиа, 2015
- 11 Соколова Е.Н., Материаловедение. –ОИЦ "Академия", 2014
- 12 Заплатин В.Н., Основы материаловедения. – Академия-Медиа, 2017
- 13 Моряков О.С., Материаловедение. – Академия-Медиа, 2017