

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж



УТВЕРЖДАЮ

Директор

/ С.А. Махновский

«27» февраля 2019 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
ОПЦ.02 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

**программы подготовки специалистов среднего звена  
по специальности СПО**

**15.02.12 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного  
оборудования (по отраслям)**

Магнитогорск, 2019

**ОДОБРЕНО**

Предметно-цикловой комиссией  
Механического и гидравлического  
оборудования  
Председатель: О.А. Тарасова  
Протокол №6 от 20 февраля 2019 г.

Методической комиссией

Протокол №5 от 21 февраля 2019 г.

**Разработчик**

Л.И. Ершова,  
преподаватель МпК ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

Методические указания разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины «Материаловедение».

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ	6
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ	7
Лабораторное занятие 1	7
Лабораторное занятие 2	10
Лабораторное занятие 3	12
Лабораторное занятие 4	18
Лабораторное занятие 5	20
Практическое занятие 1	22
Практическое занятие 2	27
Практическое занятие 3	28
Практическое занятие 4	33
Практическое занятие 5	36

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Состав и содержание практических и лабораторных занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности), необходимых в последующей учебной деятельности.

Ведущей дидактической целью лабораторных занятий является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей).

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Материаловедение» предусмотрено проведение практических и лабораторных занятий. В рамках практического/лабораторного занятия обучающиеся могут выполнять одну или несколько практических/лабораторных работ.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

### **уметь:**

- У1. распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- У2. определять виды конструкционных материалов;
- У3. выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации;
- У01.1 распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- У01.3 определять этапы решения задачи;
- У01.4 выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- У02.2 определять необходимые источники информации;
- У03.3 определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования;
- У04.1 организовывать работу коллектива и команды;
- У05.5 проявлять толерантность в рабочем коллективе;
- У09.1 применять средства информационных технологий для решения профессиональных задач.

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального модуля программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 1.1 Осуществлять работы по подготовке единиц оборудования к монтажу.

ПК 1.2 Проводить монтаж промышленного оборудования в соответствии с технической документацией.

ПК 2.3. Проводить ремонтные работы по восстановлению работоспособности промышленного оборудования.

А также формированию **общих компетенций:**

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05 Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности

Выполнение обучающихся практических и лабораторных работ по учебной дисциплине «Материаловедение» направлено на:

- *обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;*

- *формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;*

- *выработку при решении поставленных задач профессионально значимых качеств, таких как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.*

Практические и лабораторные занятия проводятся после соответствующей темы, которая обеспечивает наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ/ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Разделы/темы	Темы практических /лабораторных занятий	Количество часов	Требования ФГОС СПО (уметь)
<b>Раздел I. Строение и кристаллизация металлов</b>		<b>8</b>	
Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов	Лабораторное занятие № 1 Определение видов металлов по макроструктуре	<b>4</b>	У3, У01.1, У01.3, У01.4, У02.2, У04.1, У05.1, У09.1
	Лабораторное занятие № 2 Определение видов металлов по микроструктуре		
	Лабораторное занятие № 3 Изучение влияния условий кристаллизации на структуру и механические свойства металла		
Тема 1.3. Методы исследований и испытаний материалов	Лабораторное занятие № 4 Определение твердости металла методом Бринелля	<b>4</b>	У1, У2, У3, У01.1, У01.3, У01.4, У02.2, У03.3
	Лабораторное занятие № 5 Определение ударной вязкости материалов		
<b>Раздел 2. Строение и свойства сплавов</b>		<b>13</b>	
Тема 2.1 Основы теории сплавов	Практическое занятие № 1 Изучение и анализ диаграммы состояния сплавов с использованием метода термического анализа.	<b>6</b>	У2, У3, У01.3, У01.4, У02.2, У04.1, У05.1, У09.1
	Практическое занятие № 2 Построение диаграмм состояния сплавов		
Тема 2.2 Чугуны	Практическое занятие № 3 Анализ микроструктуры серых, высокопрочных, ковких чугунов	<b>3</b>	У1, У3, У01.1, У02.2, У03.3, У09.1
Тема 2.3 Стали	Практическое занятие № 4 Выбор марки легированных сталей для деталей в зависимости от условий эксплуатации	<b>4</b>	У3, У01.3, У01.4, У04.1, У05.1, У09.1
<b>Раздел 3. Способы обработки металлов</b>		<b>3</b>	
Тема 3.1 Основы термической обработки	Практическое занятие № 5 Выбор вида термообработки стали для конкретных деталей в зависимости от условий эксплуатации	<b>3</b>	У1, У2, У3, У01.1, У01.3, У01.4, У02.2, У03.3, У04.1, У05.1, У09.1
<b>ИТОГО</b>		<b>16</b>	

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов

#### Лабораторное занятие № 1

Определение видов металлов по макроструктуре

**Цель:** формирование умений определять виды металлов по их внешним признакам

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

– выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации

**Материальное обеспечение:**

образцы видов металлов; технические весы; разновесы; штангенциркуль; карандаши цветные; справочная таблица; формула.

**Задание:**

Определите вид металла, из которого изготовлены образцы по внешним признакам (вес, цвет, оттенки) и сделайте вывод, определив удельный вес металлов опытным путем.

**Краткие теоретические сведения:**

**Макроструктура** металла (от макро... и лат. *structura* ≈ строение), строение металла, видимое невооружённым глазом или с помощью лупы, то есть при увеличениях до 25 раз. М. изучают на плоских образцах ≈ темплатах, вырезанных из изделия или заготовки, а также на изломах изделия. Для выявления М. поверхность темплата тщательно шлифуют, затем травят растворами кислот или щелочей. При исследовании М. можно обнаружить нарушения сплошности металла (раковины, рыхлость, газовые пузыри, расслоения, трещины и т. д.), выявить распределение примесей и неметаллических включений, форму и расположение кристаллитов (зёрен) в разных частях изделия, а иногда даже особенности строения отдельных зёрен металла (см. Металлография). Изучение М. позволяет сделать заключение о качестве заготовки и правильности ведения технологического процесса при литье, обработке давлением или сварке изделия. В некоторых случаях качество металла характеризуется видом излома, позволяющим установить, как проходит поверхность разрушения (по телу или по границам зёрен), выяснить причины разрушения и т. д..

**Порядок выполнения работы:** 1. Рассмотрите предложенные образцы. Определите визуально вид металла по внешним признакам (вес, цвет, оттенки, степень блеска).

2. Цветными карандашами зарисуйте образцы металлов (сплавов).

3. Взвесьте образцы металлов на технических весах с точностью до 0,01 гр.

4. Определите объем образца с помощью штангенциркуля по формуле:  $V=ахbхh= (см^3)$ .

Полученные данные занесите в таблицу

5. Определите расчетным путем удельный вес металла  $P_1$ , разделив массу (в граммах) на объем (в  $см^3$ )

6. Сравните полученный результат с табличным значением  $P_2$  удельного веса определенного веса металлов (сплавов). Полученные данные занесите в таблицу (форма представлена ниже).

### Физические свойства основных металлов

Таблица 1

№ п\п	Название металлов	Символ	Удельный вес г/см <sup>3</sup>	Температура плавления С <sup>0</sup>	Коэффициент линейного расширения
1	Алюминий	Al	2,7	660	0,000024
2	Вольфрам	W	19,3	3200	0,000004
3	Железо	Fe	7,8	1530	0,000012
4	Кобальт	Co	8,9	1480	0,000012
5	Магний	Mg	1,7	651	0,000026
6	Марганец	Mn	7,5	1250	0,000023
7	Медь	Cu	8,9	1083	0,000017
8	Никель	Ni	8,9	1452	0,000014
9	Олово	Sn	7,3	232	0,000023
10	Свинец	Pb	11,3	327	0,000029
11	Сурьма	Sb	6,7	630	0,000010
12	Цинк	Zn	7,1	419	0,000032
13	Хром	Cr	6,9	1700	0,000008

**Форма представления результата:** оформление и защита практической работы

Таблица 2

Вид металла (сплава)	Эскиз	Цвет (оттенки)	Объем, см <sup>3</sup>	Вес $P_1$ , кг	Погрешность определения удельного веса металлов $P_1-P_2$

### Критерии оценки

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

## Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов

### Лабораторное занятие № 2

#### Определение видов металлов по микроструктуре

**Цель:** формирование умений определения видов металлов и сплавов по микроструктуре

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

– выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации

**Материальное обеспечение:**

Конспект лекций, альбом металлографический, микроскоп, образцы металлов.

**Задание:**

1. Определить по образцам с помощью приборов виды сталей и чугунов
2. Оформить полученные результаты в тетради

**Краткие теоретические сведения:** Микроструктура – структура металла или сплава, видимая с помощью микроскопа на специально полированных и протравленных образцах, называемых *шлифами*. Микроструктуру сплавов изучают под микроскопом на хорошо приготовленных шлифах.

*В альбоме приведены микроструктуры сталей и чугунов.*

Сталь – сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится до 2,14%.

Чугун - сплав железа с углеродом, в котором углерода содержится от 2,14% до 6,67%.

Эвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода 0,8%.

Доэвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода до 0,8%.

Заэвтектоидные стали – железоуглеродистые сплавы с массовой долей углерода от 0,8% до 2,14%.

Белый чугун – чугун, в котором весь углерод связан с железом в виде цементита. Белый чугун имеет светлый излом, высокую твердость и хрупкость.

Серый чугун – чугун, в котором углерод выделяется в форме графита. Серый чугун имеет серый излом, достаточную твердость и прочность.

**Порядок выполнения работы:**

1. Зарисуйте структуры образцов металлов по снимкам, изображенным в металлографическом альбоме (по указанию преподавателя). Подпишите все структурные составляющие.
2. Выучите определения, характеристики структурных составляющих.
3. По рисунку определите сталь это или чугун.
4. По выданным образцам с помощью микроскопа определите вид стали и чугуна  
Результаты оформите в тетради

**Форма представления результата:** отчёт выполненных заданий в тетради.

### **Критерии оценки**

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

## Тема 1.1. Общая характеристика и строение металлов

### Лабораторное занятие № 3

Изучение влияния условий кристаллизации на структуру и механические свойства металла

**Цель:** Изучить механизм и кинетику процесса кристаллизации.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

– выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации

**Материальное обеспечение:**

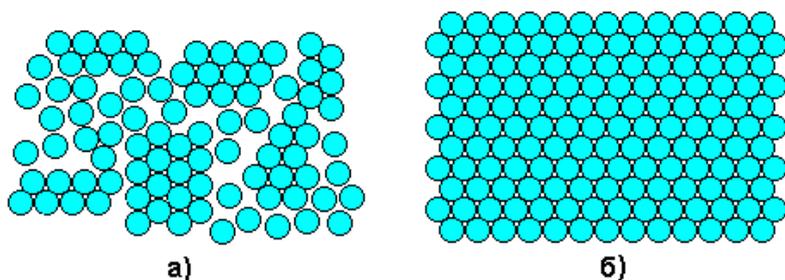
Водные растворы солей (хромпика  $K_2Cr_2O_7$ , марганцовокислого калия  $KMnO_4$ , поваренной соли  $NaCl$ ), биологические микроскопы, металлические слитки, сплав алюминия с кремнием (силумин), муфельная электропечь с термопарой и автоматическим потенциометром, металлическая форма (кокиль), керамическая форма, маятниковый копер МК-30.

**Задание:**

1. С помощью биологического микроскопа проследить ход кристаллизации различных солей из пересыщенных водных растворов.

**Краткие теоретические сведения:**

**Кристаллизация** – это процесс перехода вещества из жидкого состояния в твердое, кристаллическое. В расплавленном металле нет дальнего порядка: расстояния между атомами не являются постоянными, объемы с упорядоченным расположением атомов то возникают, то снова исчезают (рис. 1, а). В процессе кристаллизации устанавливается *дальний порядок*: атомы располагаются на определенных расстояниях по каждому пространственному направлению, образуя *кристаллическую решетку* (рис. 1, б). Такое упорядоченное расположение возникает за счет равновесия сил притяжения и отталкивания между атомами и соответствует минимуму энергии взаимодействия атомов в металле.



**Рис. 1. Расположение атомов в жидком (а) и твердом (б) металле**

Процесс кристаллизации может идти самопроизвольно, а может вызываться какими-то искусственными причинами. самопроизвольно идут только те термодинамические процессы, которые приводят к уменьшению свободной энергии системы. (*Свободная энергия  $F$*  – это

изменяемая часть полной энергии системы.) С повышением температуры металла его свободная энергия как в жидком, так и в твердом состоянии снижается, но с разной скоростью: свободная энергия жидкого металла снижается быстрее (рис. 2). Поэтому кривые зависимости свободной энергии от температуры пересекаются при какой-то температуре  $T_S$ . При любой температуре ниже  $T_S$  меньшим уровнем свободной энергии обладает твердый металл, поэтому, если охладить расплав до температуры  $T_1 < T_S$ , начнется кристаллизация. И наоборот, при температурах выше  $T_S$  устойчиво жидкое состояние, поскольку жидкий металл имеет меньший уровень свободной энергии. Значит, нагрев до  $T_2 > T_S$  приведет к плавлению.

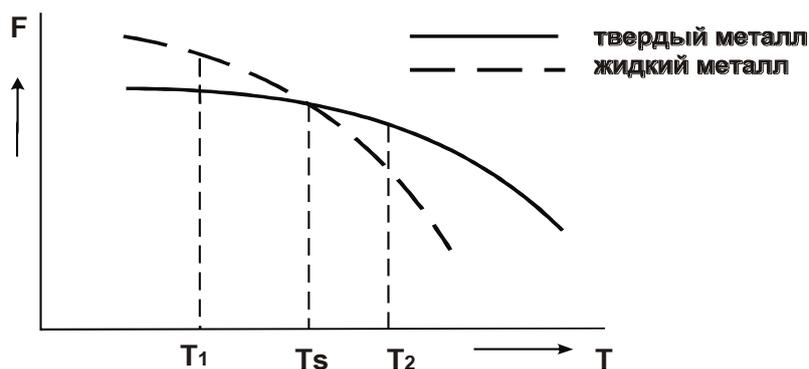
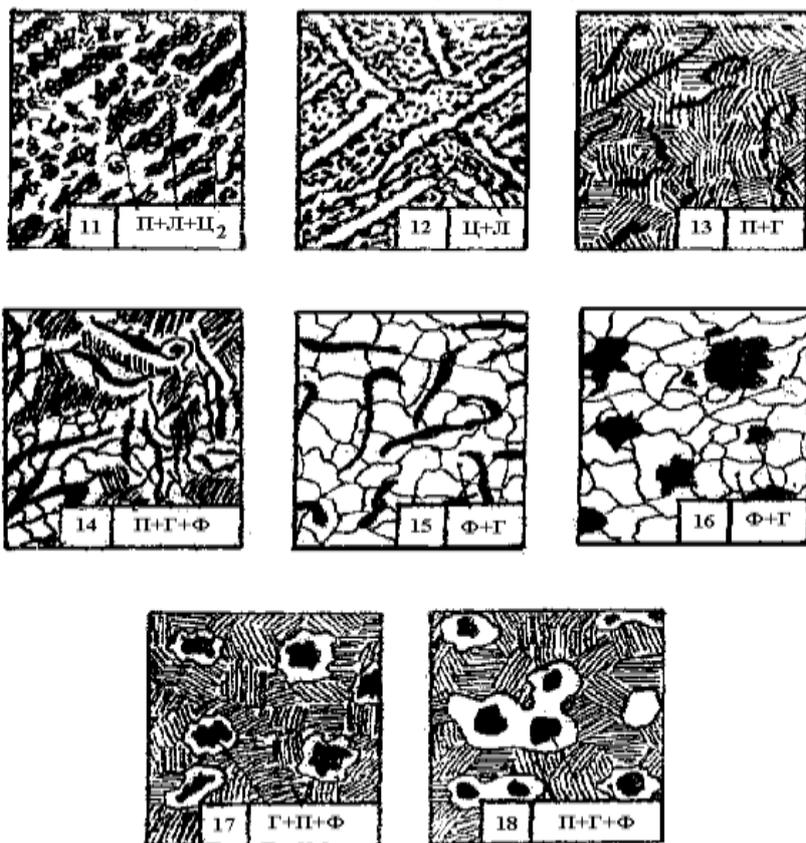


Рис. 2. Зависимости свободной энергии металла от температуры

Температура  $T_S$ , при которой свободная энергия металла в твердом и жидком состоянии одинакова, называется *теоретической температурой кристаллизации*. При этой температуре жидкость и кристаллы находятся в равновесии, ни плавление, ни кристаллизация до конца не идут.

Чтобы кристаллизация осуществилась, необходимо некоторое переохлаждение относительно теоретической температурой кристаллизации.



яв.

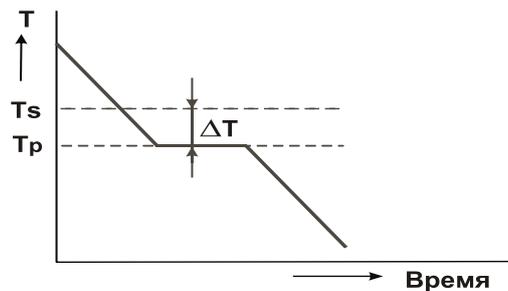
в свободной энергии, что и кристаллизация всегда происходит при

температуре ниже  $T_S$ . Реальная температура кристаллизации  $T_P$  всегда меньше теоретической. Разность между теоретической и реальной температурой кристаллизации называется **степенью переохлаждения  $\Delta T$** :

$$\Delta T = T_S - T_P$$

Измеряя температуру металла в процессе кристаллизации, можно получить *кривую охлаждения* (рис. 3). Это график в координатах «температура – время». На этой кривой имеется горизонтальный участок, соответствующий переходу металла из жидкого состояния в твердое. Постоянная температура на этом участке поддерживается за счет выделения скрытой теплоты кристаллизации.

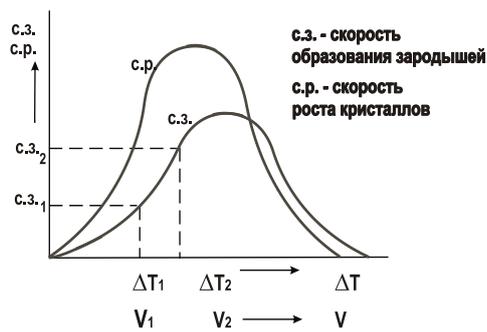
Степень кристаллизации не величиной. Она увеличивается с увеличением скорости реальных заводских отливок. Степень не превышает 20–30°, но металлов может достигать градусов.



переохлаждения при является постоянной увеличивается с охлаждения металла. В условиях изготовления переохлаждения обычно для очень чистых нескольких сотен

*Механизм процесса кристаллизации* можно представить в виде двух элементарных процессов:

- 1) мельчайших зародышей.
  - 2) Рост зародышей.
- или скорости процессов



Образование в жидкости центров кристаллизации (зародышей, твердых частиц). кристаллов из образовавшихся

Скорости этих элементарных зависят от степени переохлаждения  $\Delta T$  охлаждения металла  $V$ . Эта зависимость

Как уже говорилось, в большинстве случаев процессы кристаллизации металла на металлургических заводах, в литейных цехах происходят при сравнительно небольших степенях переохлаждения (левая часть графика на рис. 4).

Из приведенной на рис. 4 зависимости видно, что при малых скоростях охлаждения и малых степенях переохлаждения (например,  $\Delta T_1$  и  $V_1$ ) получается небольшая скорость образования зародышей ( $c.z.1$ ). Следовательно, в кристаллизующейся жидкости образуется небольшое число центров кристаллизации и из них вырастает небольшое число кристаллов, что приводит к появлению крупнозернистой структуры после затвердевания металла. Схематически это показано на рис. 5.

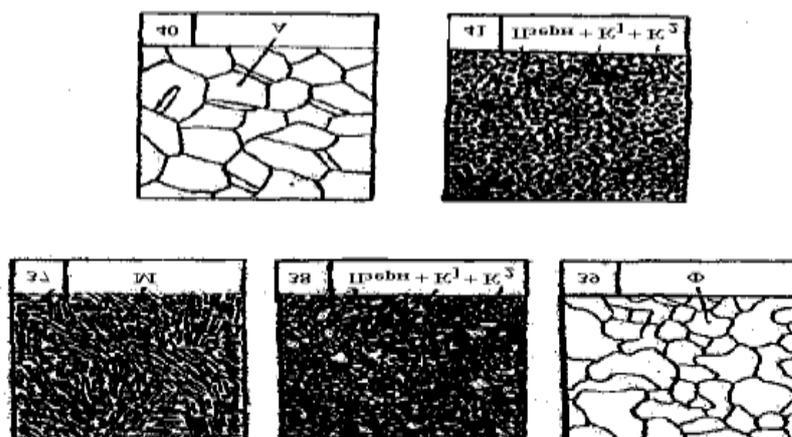
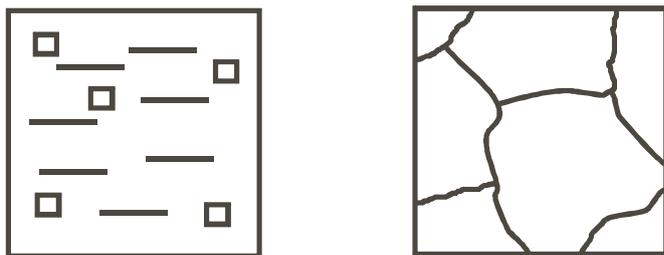


Рис.4 Зависимость скорости процесса кристаллизации от степени переохлаждения



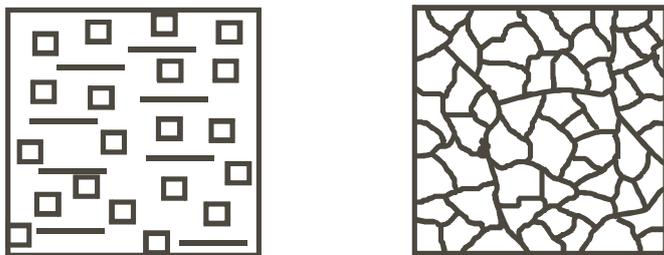
а

б

Рис. 5. Кристаллизация при медленном охлаждении:

а – начало процесса; б – окончание процесса

Если же кристаллизация происходит при больших скоростях охлаждения и больших степенях переохлаждения ( $\Delta T_2$ ,  $V_2$ ), то в жидкости образуется большое количество центров кристаллизации (с.з.2) и из них, соответственно, вырастает большое число кристаллов. Металл при этом получается мелкозернистый (рис. 6).



а

б

Рис. 6. Кристаллизация при быстром охлаждении:

а – начало процесса; б – окончание процесса

Столкновение растущих кристаллов приводит к потере ими правильной огранки. Такие потерявшие правильную форму кристаллы называются *зернами*.

При очень маленькой скорости охлаждения (крайняя левая точка на рис. 4) может возникнуть один-единственный центр кристаллизации, из которого вырастет один кристалл (*монокристалл*). Необходимые в электронике монокристаллы полупроводников выращивают путем очень медленного вытягивания затравки из расплава.

При огромных скоростях охлаждения (крайняя правая точка на рис. 4) достигаются такие большие степени переохлаждения, что тепловое движение атомов в металле замедляется, атомы не успевают образовать дальний порядок, выстроиться в кристаллическую решетку. Жидкое, неупорядоченное состояние металла оказывается как бы «замороженным». Металл становится твердым, но не имеет кристаллического строения. Это *аморфный металл* или *металлическое стекло*. Аморфные металлы широко применяются в современной аудиотехнике благодаря уникальным магнитным свойствам.

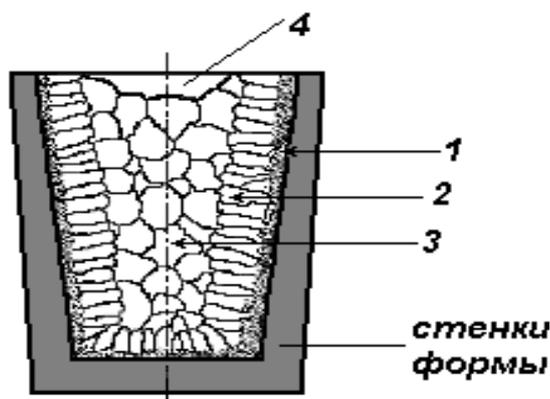
Поскольку структура металла определяет его свойства, рассмотренные закономерности кристаллизации могут быть использованы для формирования необходимых свойств металла при отливке деталей.

Мелкозернистый металл обладает более высоким сопротивлением деформации и большей вязкостью. Дело в том, что границы зерен являются барьером для развития деформации и для роста трещины. В мелкозернистом металле суммарная поверхность зерен в единице объема больше, чем в крупнозернистом. Поэтому и сопротивление мелкозернистого металла деформированию и разрушению больше. Чтобы разрушить металл с мелким зерном требуется затратить больше энергии.

Поэтому при отливке деталей, испытывающих значительные нагрузки при эксплуатации, целесообразно проводить процесс кристаллизации при высокой скорости охлаждения, чтобы получить мелкозернистую структуру. Если необходимую скорость кристаллизации обеспечить не удастся (в отливках большой массы), то для измельчения зерна в жидкий металл вводят небольшие добавки примесей в виде мелких нерастворимых в расплаве частиц, увеличивая тем самым число центров кристаллизации. Такой процесс называется *модифицированием*, а вводимые добавки – *модификаторами*.

В качестве модификаторов обычно применяются мелкие частицы карбидов, оксидов ( $Cr_7C_3$ , VC, TiC,  $Al_2O_3$  и др.) и некоторые вещества, облегчающие образование зародышей в жидкости (B, Mg и др.). Измельчению зерна способствует также вибрация кристаллизующегося металла.

Следует иметь в виду, что при получении отливок затвердевание металла в форме происходит с разными скоростями охлаждения в различных ее частях. Скорость охлаждения уменьшается от стенки формы к центральной ее части, при этом меняется и направление теплоотвода в местах роста кристаллов. В результате полученный слиток имеет неодинаковое строение по сечению, а значит, и разные свойства (рис. 7). Поверхностный слой будет мелкозернистый (т.е., с высокими механическими свойствами), центральная часть



слитка – крупнозернистая.

Рис. 7. Характерные зоны слитка:

- 1 – корка (зона мелких по-разному ориентированных кристаллов);
- 2 – зона столбчатых кристаллов, растущих в направлении, обратном направлению теплоотвода;
- 3 – зона крупных, произвольно ориентированных кристаллов;
- 4 – усадочная раковина в верхней части слитка.

Размер этих зон существенно меняется в зависимости от состава металла и условий кристаллизации.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомится с основными сведениями по теме работы.
2. С помощью биологического микроскопа проследить ход кристаллизации различных солей из пересыщенных водных растворов. Зарисовать начальную, промежуточную и конечную стадии кристаллизации, изобразить характерную форму кристаллов каждой соли. При этом обратить внимание, в каких местах капли раствора процесс кристаллизации начинается раньше и протекает интенсивнее. Описать и объяснить результаты наблюдений.
3. Изучить и зарисовать макроструктуру слитка металла. Указать на рисунке зоны кристаллизации, объяснить их образование.
4. Расплавить алюминиевый сплав (силумин) и залить в металлическую и керамическую формы. После затвердевания и охлаждения слитков провести испытания на ударную вязкость на маятниковом копре, зарисовать макроструктуру изломов. Объяснить различие в строении и свойствах (ударной вязкости) слитков, полученных в металлической и керамической формах.

**Форма представления результата:** отчёт выполненных заданий в тетради.

#### **Критерии оценки**

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

### Лабораторное занятие № 4

#### Определение твердости металла методом Бринелля

**Цель:** формирование умений определения твердости металлов методом Роквелла и Бринелля с последующим анализом свойств для конкретного их применения

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

**Материальное обеспечение:**

Прибор Роквелла и Бринелля, образцы металлических шлифов, линейка.

**Задание:**

1. Провести испытание на твердость металлов на приборе Роквелла;
2. Провести испытание на твердость металлов на приборе Бринелля

**Краткие теоретические сведения:**

Прибор Роквелла представляет собой стандартный наконечник – алмазный конус или стальной закаленный шарик вдавливаются в испытуемый материал или изделие под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок – предварительной и общей, которая равна сумме предварительной и основной нагрузок и измерением остаточной глубины внедрения наконечника после снятия основной нагрузки.

Прибор Бринелля представляет собой конструкцию с рычажной системой создания испытательных нагрузок через измерительную головку и нанесение отпечатка на образце.

**Ход работы:**

1. Повторите устройство прибора Роквелла и метод испытания металлов на твердость.
2. Проведите испытания твердости 2-3 металлических шлифов на приборе Роквелла в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.
3. Результаты испытаний занести в таблицу 9

Таблица 9

Материалы образцов	Условные испытания			Измерение			Среднее значение измерения
	Нагрузки Ркгс	Вид наконечника	Обозначение шкалы	первое	второе	третье	

4. Повторить устройство прибора Бринелля и метод испытания металлов на твёрдость.
5. Проведите испытания твердости 2-3 металлических шлифов на приборе Бринелля в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.
6. Результаты испытаний занесите в таблицу 10

Таблица 10

Материалы образцов	Условные испытания			Диаметр отпечатка	НВ (единиц)
	Толщина образца	Нагрузка	Диаметр шарика		

**Форма представления результата:** отчёт выполненных заданий в тетради.

#### **Критерии оценки**

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

### Лабораторное занятие № 5

#### Определение ударной вязкости материалов

**Цель:** формирование умений определять вязкость металлов и сплавов с последующим их применением

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

**Материальное обеспечение:**

Маятниковый копёр, образцы стандартных металлических стержней, штангенциркуль, конспект лекций, калькулятор

**Задание:**

1. Овладеть приёмами работы с маятниковым копром.
2. Определить ударную вязкость с помощью маятникового копра

**Краткие теоретические сведения:**

Ударная вязкость определяется работой, расходуемой для ударного излома на копре, отнесенной к площади поперечного сечения образца в месте надреза. Цель надреза – концентрировать напряжения при ударе.

**Ход работы:**

1. По конспекту повторите устройство и действие маятникового копра.
2. С помощью штангенциркуля выполните замеры образцов, предназначенные для определения ударной вязкости.
3. Установите испытуемый образец с предварительным надпилком на маятниковый прибор. Надпил устанавливается с обратной стороны от маятника
4. Подняв маятник на заданную высоту, отпустите для совершения удара по образцу
3. По полученному излому на образце определите ударную вязкость.

Ударная вязкость определяется по формуле:  $A_n = A_p/F$

(Дж/м<sup>2</sup>), где  $A_p$  – работа, затраченная маятником на разрушение образца (Дж);  $F$  – площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания (см<sup>2</sup>)

$A_p = A_p - A_o$  (Дж), где  $A_p$  – работа, затраченная на подъем маятника (Дж);  $A_o$  – остаточная работа (Дж);

Проведя расчеты, напишите вывод, из какой марки стали, изготовлен испытуемый образец, используя справочные материалы таблицы 1.

Таблица 1

Наименование сплавов	Ударная вязкость
----------------------	------------------

Углеродистая сталь марки 20	24 - 25
Углеродистая сталь марки 30	18 - 20
Углеродистая сталь марки 60	6 - 8

4. Составьте отчет по работе.

**Форма представления результата:** отчёт выполненных заданий в тетради.

**Критерии оценки**

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

## Тема 2.1 Основы теории сплавов

### Практическое занятие № 1

Изучение и анализ диаграммы состояния сплавов с использованием метода термического анализа.

#### **Цель:**

1. изучение диаграммы состояния железо-углерод, анализ превращений, происходящих в сплавах при образовании фаз и структур;
2. привить умения и навыки самостоятельной работы с учебником и дополнительной литературой.

#### **Выполнив работу, Вы будете:**

##### **уметь:**

- определять виды конструкционных материалов;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

#### **Материальное обеспечение:**

Индивидуальный раздаточный материал на данную тему.

#### **Задание:**

1. Изучить диаграмму.
2. По диаграмме «Fe-C» провести анализ сплава с содержанием углерода.
3. Ответить на вопросы, характеризующие основные области диаграммы.

#### **Краткие теоретические сведения:**

Для правильного понимания свойств разнообразных марок современных сталей и чугунов необходимо получить хорошее представление о диаграмме железо – углерод.

Диаграмма – это графические изображения, дающие наглядное представление о кристаллизации и превращениях, совершающихся при их нагреве и охлаждении.

Диаграммой пользуются для назначения режимов термообработки сталей и чугунов и определения температурных пределов.

Кроме того, диаграмма может быть использована для предсказания микроструктуры при любой заданной температуре.

По горизонтальной оси диаграммы откладывается содержание углерода в сплаве в процентах, по вертикальной - температура в °С. Каждая точка на диаграмме характеризует определенный состав сплава при определенной температуре. Превращения в сплавах железо - углерод происходят не только при затвердевании сплава в жидком состоянии, но и в твердом благодаря переходу железа из одной формы в другую.

В зависимости от температуры и содержания углерода сплавы железо - углерод могут иметь структурные составляющие: феррит, цементит, перлит, аустенит, ледебурит и графит.

В системе железо-углерод имеются следующие фазы: жидкий раствор, твердые растворы - феррит и аустенит, а также химическое соединение - цементит. Физико-химическая природа этих структурных составляющих различна.

Линия ABCD – линия ликвидус. Выше этой линии сплавы находятся в жидком состоянии. Когда температура сплава соответствует линии ABCD, начинается процесс первичной кристаллизации из жидкого состояния в твердое (под линией ABC – в аустенит, под линией CD – в цементит).

Аустенит – это твердый раствор углерода в  $\gamma$  – железе. Очень пластичен.

Феррит – это твердый раствор углерода в  $\alpha$  – железе (ОЦК – решетка). Феррит обладает высокой пластичностью, низкой твердостью, прочностью и магнитными свойствами, которые сохраняются до температуры  $768^\circ\text{C}$ .

Перлит – это смесь феррита и цементита, образованная при температуре  $723^\circ\text{C}$ . Перлит – это продукт распада аустенита при медленном охлаждении. Он может быть пластинчатым или зернистым. В нем содержится  $0,8\%$  углерода. Механические свойства перлита зависят от степени измельчения частичек цементита.

Ледебурит – эвтектическая смесь (затвердевшая смесь кристаллов двух (или нескольких) веществ, чаще всего сплавов металлов) аустенита с цементитом при температуре  $1147^\circ\text{C}$ . Ледебурит обладает высокой твердостью и хрупкостью.

Цементит – это химическое соединение железа с углеродом  $\text{Fe}_3\text{C}$ , т. е. карбид железа  $\text{Fe}_3\text{C}$ . Он электропроводен, имеет металлический блеск, очень твердый, очень хрупкий. Делится на первичный и вторичный цементит. В структуре стали и чугуна он находится в виде игл, отдельных включений и сетки, по границам зерен.

Когда температура сплава соответствует линии AC, начинается процесс кристаллизации: из жидкого сплава выделяются кристаллы аустенита, а на линии CD – цементит.

Первичный цементит выделяется непосредственно из жидкого сплава в процессе первичной кристаллизации.

Первичная кристаллизация – это процесс образования твердого вещества из жидкого.

Вторичный цементит выделяется в процессе вторичной кристаллизации (из аустенита).

Вторичная кристаллизация – это процесс образования более твердого вещества из менее твердого.

При понижении температуры ниже линии ликвидус продолжается кристаллизация с постепенным увеличением количества твердых кристаллов за счет уменьшения количества жидкого сплава.

Линия AECF – линия солидус. Соответствует моменту полного затвердевания сплава.

В точке C сплав, содержащий  $4,3\%$  углерода, переходит в твердое кристаллическое состояние. Сплав такого состава называют эвтектическими. Точка C (содержание углерода  $4,3\%$  и температура  $1130^\circ\text{C}$ ) называется эвтектической. В эвтектической точке температуры ликвидус и солидус совпадают. Эта точка соответствует чугунам, и в соответствии с точкой C чугуны делятся на 3 вида:

- 1) доэвтектический (углерода менее  $4,3\%$ );
- 2) эвтектический (углерода  $4,3\%$ );
- 3) заэвтектический (углерода более  $4,3\%$ ).

Область BCE состоит из кристаллов аустенита и жидкого сплава. Обе фазы переменного состава в зависимости от температуры.

Область DCF состоит из первичного цементита и жидкого сплава.

Линия GSEF – начинается процесс вторичной кристаллизации за счет аустенита, т.е. процесс кристаллизации из твердого раствора.

Линия ECF при  $1147^\circ\text{C}$  происходит образование ледебурита.

Линия SE показывает выделение вторичного цементита из аустенита.

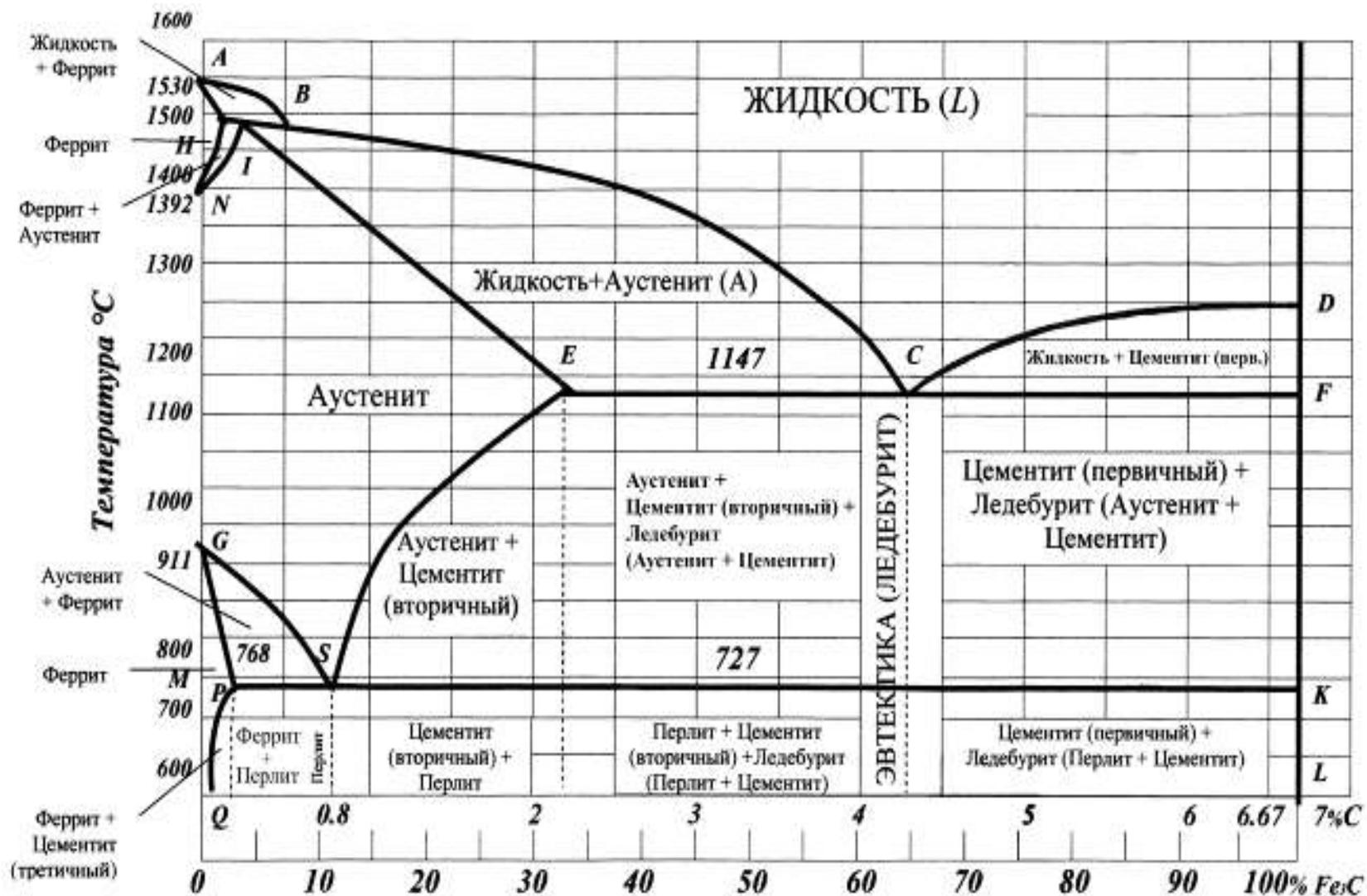
Точка S (содержание углерода  $0,8\%$  и температура  $723^\circ\text{C}$ ) называется эвтектоидной. В точке S при содержании  $0,8\%$  C и при температуре  $723^\circ\text{C}$  весь аустенит распадается и одновременно кристаллизуется тонкая механическая смесь феррита и цементита – перлит.

Эта точка соответствует сталям, и в соответствии с точкой S стали делятся на 3 вида:

- 1) доэвтектоидная (углерода менее  $0,8\%$ );
- 2) эвтектоидная (углерода  $0,8\%$ );

3) заэвтектоидная (углерода более 0,8%).

Линия PSK при 727 °С соответствует окончательному распаду аустенита и образованию перлита. В области ниже линии PSK никаких изменений структуры не происходит.



### Ход работы:

1. К занятию самостоятельно определить отличие терминов эвтектическое превращение и эвтектоидное превращение.
2. На занятии необходимо законспектировать и проанализировать теоретические основы, зарисовать и изучить диаграмму.
3. Охарактеризовать следующее:
  - необходимость использования диаграммы железо-углерод;
  - фазы в системе железо-углерод;
  - структурные составляющие системы железо-углерод;
  - основные линии, изображенные на диаграмме;
  - основные точки (С и S), обозначенные на диаграмме.
4. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.
5. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо
6. Проведите анализ сплава с содержанием углерода:
  - А) от 0,02% до 0,8%;
  - Б) от 0,8% до 2,14%;
  - В) от 2,14% до 4,3%;по диаграмме «железо-цементит с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении.
7. Результаты исследований занесите в тетрадь

**Форма представления результата:** отчёт выполненных заданий в тетради.

### Критерии оценки

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

## Тема 2.1 Основы теории сплавов

### Практическое занятие № 2

#### Построение диаграмм состояния сплавов

**Цель:** -формирование умений анализировать сплавы определённой концентрации углерода по диаграмме «железо-цементит» с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- определять виды конструкционных материалов;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

**Материальное обеспечение:**

диаграмма состояния сплава

**Задание:**

1. По диаграмме «Fe-C» провести анализ сплава с содержанием углерода.

**Порядок выполнения работы:**

1. Ответьте на вопросы:

- а) В каком случае сплав железа с углеродом называется сталью?
  - б) В каком случае сплав железа с углеродом называется чугуном?
2. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует альфа-железо.
  3. Определите по диаграмме в каком диапазоне температур существует гамма-железо

4. Проведите анализ сплава с содержанием углерода:

- А) от 0,02% до 0,8%;
- Б) от 0,8% до 2,14%;
- В) от 2,14% до 4,3%;

по диаграмме «железо-цементит с описанием процессов, происходящих при медленном охлаждении.

**Форма представления результата:**

Отчёт выполненных заданий оформите в тетради

**Критерии оценки**

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

## Тема 2.2 Чугуны

### Практическое занятие № 3

Анализ микроструктуры серых, высокопрочных, ковких чугунов

**Цель:** изучить классификацию, микроструктуру, свойства и назначение чугунов.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

- распознавать и классифицировать конструкционные и сырьевые материалы по внешнему виду, происхождению, свойствам;
- выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

**Материальное обеспечение:**

металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов.

**Задание:**

1. Изучить устройство и принцип работы микроскопа под руководством преподавателя.
2. Изучить микроструктуру шлифов типовых сплавов

### Краткие теоретические сведения

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  $\sigma_B$ , МПа / 10. 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 тьюбингов, 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 ( $\sigma_{\text{в}} = 650...800$  МПа) в сочетании с небольшой пластичностью ( $\delta = 3,0...1,5$  %). Ковкий ферритный чугун характеризуется высокой пластичностью ( $\delta = 10...12$  %) и относительно низкой прочностью ( $\sigma_{\text{в}} = 370...300$  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 ( $\sigma_{\text{в}}$ , МПа / 10, 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  $\sigma_{\text{в}} = 220...310$  МПа,  $\delta = 22...10$  %, 140...225 НВ, перлитные —  $\sigma_{\text{в}} = 370...700$  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  $\sigma_{\text{в}}$ , 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.

При изучении строения и определении качества металлических материалов в материаловедении широко используется микроструктурный анализ.

**Микроанализ** - изучение строения поверхностей шлифованных, полированных и протравленных образцов - микрошлифов с помощью металлографических оптических микроскопов при увеличениях обычно от  $\times 100$  до  $\times 1000$ .

Наблюдаемое при этом строение поверхности шлифа называется *микроструктурой*. Микроструктура разных по химическому составу материалов и после их различной обработки отличается по размеру, геометрической форме, цвету, взаимному расположению отдельных структурных составляющих.

Микроанализ основан на использовании законов отражения и поглощения световых лучей от поверхности непрозрачных металлических материалов (рис 2). Полированная металлическая поверхность отражает направленные на нее перпендикулярно световые лучи и видна в окуляр микроскопа как светлая. При наличии в материале неметаллических составляющих структуры они видны как темные, так как поглощают световые лучи.



Рис. 2. Схема отражения световых лучей от поверхности полированного (а) и подвергнутого травлению (б) микрошлифа.

#### Типичные структурные классы чугунов

Структурный класс чугуна	Микроструктура
Белые чугуны: - доэвтектические ( $C_E < C < C_C$ ) - эвтектический ( $C = C_C$ ) - заэвтектические ( $C_C < C < C_F$ )	Ледебурит, перлит и карбиды вторичные Ледебурит Ледебурит и карбиды первичные
Половинчатые чугуны	Ледебурит, перлит, вторичный цементит и графит
Чугуны с пластинчатым графитом ЧПГ	Перлит и графит; феррит, перлит и графит
Чугуны с шаровидным графитом ВЧШГ	Перлит и графит; перлит, феррит и графит; бейнит и графит
Чугуны с вермикулярным графитом ЧВГ	Перлит, феррит, графит вермикулярный, до 20...30 % графита шаровидного
Чугуны с хлопьевидным (компактным) графитом ЧХГ	Феррит и графит; перлит и графит

Сведения о характерных механических свойствах конструкционных чугунов приведены в таблице

Механические свойства чугунов (без упрочняющей термической обработки)

Наименование материала	Механические свойства	
	предел прочности при растяжении, МПа	относительное удлинение, %
Конструкционные чугуны: - с пластинчатым графитом ЧПГ	100...440	0,2...1,1
- с вермикулярным графитом ЧВГ	300...450	2,0...6,0

- с хлопьевидным графитом ЧХГ	300...630	2,0...12,0
- с шаровидным графитом ВЧШГ	350...1000	2,0...17,0

### Порядок выполнения работы:

В работе используются металлографические микроскопы и коллекции микрошлифов. Микроскопы выпускаются различной конструкции. Основными их частями являются: основание, корпус, предметный столик для установки микрошлифа, механизмы грубой фокусировки с макровинтом и микроподачи с микровинтом для точной наводки на фокус, оптическая система, осветитель.

Практическая часть работы заключается в изучении микроструктуры сталей и чугунов, как правило, при увеличении микроскопа  $\times 100$ , а в некоторых случаях до  $\times 600$ . Студентам предоставляются лабораторные коллекции микрошлифов, подготовленные для исследований.

Предварительно ознакомьтесь с устройством и работой микроскопа под руководством преподавателя и лаборанта. Для рассмотрения микроструктуры шлиф, запрессованный в пластилин на стеклянной пластинке, устанавливается на предметный столик микроскопа. После включения источника света проводится наводка на фокус сначала с помощью макровинта, а затем более точно микровинтом. Далее изучается микроструктура шлифов типовых сплавов, описание которых дано в таблице. С помощью описания, схем микроструктур (рис. 4) и находящихся в лаборатории фотографий устанавливают, какие структурные составляющие имеет каждый образец, наименование, состав и структурный класс.

### Перечень микрошлифов чугунов из лабораторных коллекций (типовые примеры)

ЧУГУНЫ					
12.	Белый заэвтектический чугун	5,1	данных нет	Чугун белый	Темно-белые участки ледебурита и светлые пластины первичного цементита
14.	Чугун ЧПГ марки СЧ15, ГОСТ 1412-85	3,4	2,2Si ; 0,7 Mn	Чугун с пластинчатым графитом	Темный перлит, светлый феррит и тонкие черные пластины графита
16.	Чугун ЧХГ марки КЧ30-6, ГОСТ 1215-79	2,7	1,2Si ; 0,5 Mn	Чугун с хлопьевидным графитом	Светлые зерна феррита и темный хлопьевидный (компактный) графит

18.	Чугун ВЧШГ марки ВЧ 60, ГОСТ 7293-85	3,5	2,1Si ; 0,6 Mn	Чугун с шаровидным графитом	Темный перлит, светлый феррит и черный шаровидный графит
-----	--------------------------------------	-----	-------------------	-----------------------------	--

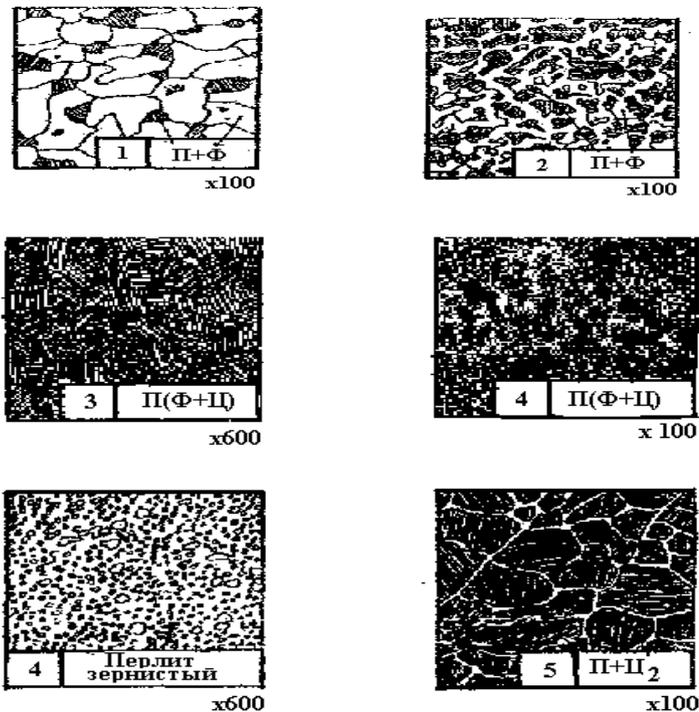


Рис. 4. Схемы микроструктур сталей и чугунов

#### Форма представления результата:

Отчёт выполненных заданий оформите в тетради. Отчет должен содержать зарисовку схем микроструктур всех изученных сплавов, наименование и марка материала, составляющие структуры, химический состав.

#### Критерии оценки

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

## Тема 2.3 Стали

### Практическое занятие № 4

Выбор марки легированных сталей для деталей в зависимости от условий эксплуатации

**Цель:** научиться определять химический состав, свойства и применение углеродистых сталей по их маркам.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

-выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

**Материальное обеспечение:**

-альбом с марками сталей

**Задание:**

1.Расшифровать марки легированных сталей.

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

### Краткие теоретические сведения

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.

**Ход выполнения работы:**

*Задание 1.* Расшифровать марки легированных сталей

№ варианта	Сплав 1	Сплав 2	Сплав 3	Сплав 4	Сплав 5
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

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

Вариант № \_\_\_\_\_

№ сплава	Марка	Свойства	Применение
1			
2			
3			
4			
5			

#### Содержание отчета

1. Название практической работы.
2. Цель работы.

3. Задание.

4. Расшифровка марок.

5. Таблица.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое сталь?
2. Какие стали называются легированными?
3. Какие элементы являются легирующими?
4. Для чего легируют стали?
5. Каковы правила обозначения легированных сталей?

#### Критерии оценки

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

## Тема 3.1 Основы термической обработки

### Практическое занятие № 5

Выбор вида термообработки стали для конкретных деталей в зависимости от условий эксплуатации

**Цель:** изучить методику выбора режимов термической обработки углеродистой стали в зависимости от условий эксплуатации.

**Выполнив работу, Вы будете:**

**уметь:**

-выбирать материалы для конструкций по их назначению и условиям эксплуатации.

**Материальное обеспечение:**

-справочники, карточки с задачами.

**Задание:**

1. Назначить режим термообработки конкретных деталей.

### Краткие теоретические сведения

**Термическая обработка** - процесс обработки изделий из технических материалов путем теплового воздействия (нагрева и охлаждения) с целью изменения их структуры и свойств в заданном направлении.

Термическую обработку применяют как окончательную для получения заданных механических, физических, эксплуатационных свойств деталей машин, а также промежуточную (предварительную) с целью улучшения технологических свойств (обрабатываемости режущими инструментами, обрабатываемости давлением и др.).

Основными видами предварительной термической обработки заготовок из конструкционных сталей в машиностроении являются нормализационный или полный отжиг. Для их проведения заготовки нагревают в случае использования конструкционных доэвтектоидных сталей выше температуры фазового превращения  $t_{AC3}$  на 30...50°C и получают структуру аустенита. После некоторой выдержки при температуре нагрева проводят охлаждение на воздухе (нормализационный отжиг) или вместе с печью (полный отжиг), получая структуру из феррита и перлита.

Предварительная термическая обработка снижает твердость стали и улучшает обрабатываемость резанием. За показатель обрабатываемости при резании принимается обычно численное значение скорости резанием при точении резцами из быстрорежущей стали на токарном станке, которой соответствует стойкость резцов 60 минут (время между двумя переточками режущей кромки инструмента).

**Порядок выполнения работы:**

1. Под руководством преподавателя решить задачу: назначить термообработку резца из стали У10.

- изучить условия работы заданной детали и требования к ней.

- изучить химический состав и механические свойства заданной марки стали.

- разработать в зависимости от условий работы детали, вид и режим термообработки, используя справочник.

2. Решить самостоятельно задачи из карточки.

**Форма представления результата:** отчёт выполненных заданий в тетради.

**Критерии оценки**

**Отлично** - выполнены все задания практической работы, студент четко и без ошибок ответил на все вопросы.

**Хорошо** - выполнены все задания практической работы; студент ответил на все вопросы с замечаниями.

**Удовлетворительно** - выполнены все задания практической работы с замечаниями; студент ответил на вопросы с замечаниями.

**Неудовлетворительно** - студент не выполнил или выполнил неправильно задания практической работы.

