

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Кафедра «Технический сервис машин»

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Раздел «Материаловедение»

Рабочая тетрадь для лабораторных работ

Пенза 2026

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ

Кафедра «Технический сервис машин»

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ
И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Раздел «Материаловедение»

Рабочая тетрадь для лабораторных работ

Группа _____
Студент (Ф.И.О.) _____

Пенза 2026

УДК 620.22(075)+621.7(075)
ББК 30.30+34(я7)
С72

Рецензент – А.А. Орехов, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технический сервис машин»

Печатается по решению методической комиссии инженерного факультета ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА от 12 октября 2015 года, протокол № 02

Спицын, Иван Алексеевич

С72 Материаловедение и технология конструкционных материалов. Раздел «Материаловедение»: рабочая тетрадь для лабораторных работ / И.А. Спицын, Н.И. Потапова. – 3-е изд. – Пенза: ПГАУ, 2026. – 45 с.

Рабочая тетрадь предназначена для студентов инженерного факультета Пензенской ГСХА, обучающихся по направлениям 35.03.06 «Агроинженерия» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

В соответствии с рабочей программой дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов» по разделу «Материаловедение» предусмотрено выполнение 8 лабораторных работ. В рабочей тетради к каждой работе дается домашнее задание, выполнение которого позволяет изучить часть теоретических вопросов и плодотворнее использовать время, отведённое для выполнения лабораторной работы. Приводятся схематические изображения оборудования и диаграмм, которые требуют определенной доработки, а также контрольные вопросы.

© ФГБОУ ВО
Пензенский ГАУ, 2026

© И.А. Спицын,
Н.И. Потапова, 2026

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ

Цель работы: Изучение методики и приобретение практических навыков определения твёрдости металлических сплавов и других материалов

Задачи работы:

1. Изучить устройство приборов для определения твердости металлов.
2. Изучить методику определения твёрдости металлических сплавов и других материалов.
3. Приобрести практические навыки в работе с приборами Бринелля и Роквелла.
4. Выявить влияние содержания углерода на твёрдость отожженной углеродистой стали.

Материальное и методическое обеспечение:

1. Образцы металлических сплавов и других материалов.
2. Твердомеры Бринелля (типа ТШ), Роквелла (типа ТК).
3. Лупа для измерения диаметра отпечатка шарика, плакаты, методические пособия.

Домашнее задание

1. Дать понятие о твердости, как свойстве металла (пункт 1).
2. Приведите сущность, схемы и опишите формулы для определения твёрдости металлов метод Бринелля и Роквелла (пункты 2.1., 2.2).
3. Выполнить описание схем приборов типа ТШ, ТК.
4. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. Изучить устройство приборов для определения твердости металлов.
2. Изучить методику определения твердости металлов на имеющихся твердомерах.
3. Выбрать режимы определения твёрдости сплавов методом Бринелля, произвести испытания, измерить диаметры отпечатков и определить твёрдость образцов. Результаты испытаний занести в таблицу 1.1.
4. Выбрать режимы определения твёрдости сплавов методом Роквелла и определить твёрдость образцов. Результаты испытаний занести в таблицу 1.2.
5. Построить и объяснить зависимость твёрдости стали от содержания в ней углерода.
6. Привести выводы по работе.

Выполнение работы

1. Твёрдость – это...
2. 1 Метод Бринелля основан на том, что...

Рисунок 1.1 – Схема измерения твёрдости по Бринеллю: D – ;
 d – ; h –

Твёрдость по Бринеллю определяется по формуле

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

где P -

; D -

; d -

2.2 На рисунке 1.2 приведена схема рычажного твердомера Бринелля (тип ТШ). Он состоит:

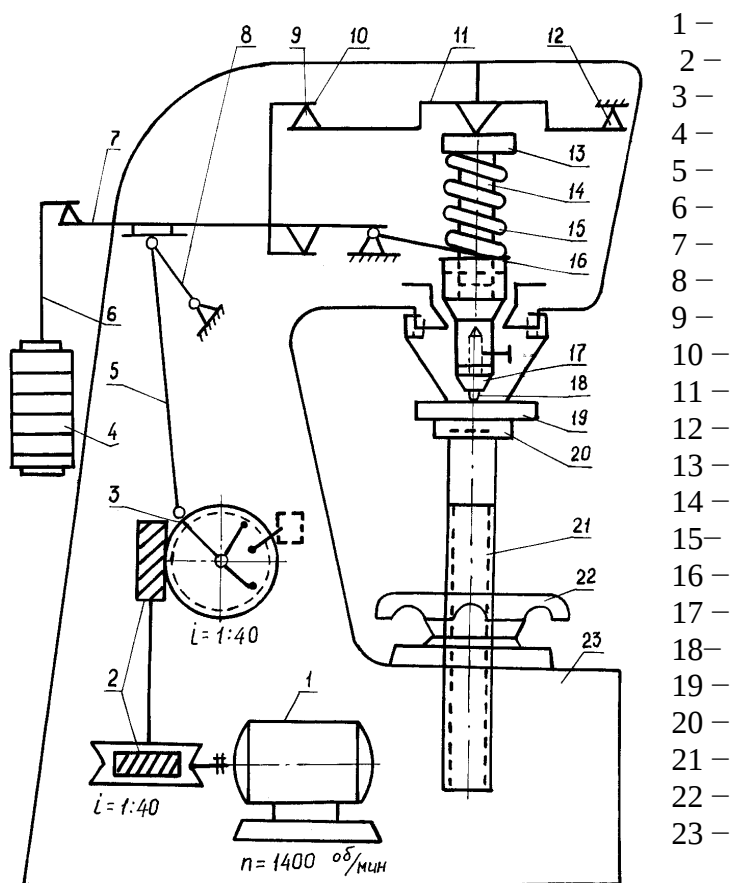


Рисунок 1.2 – Схема рычажного твердомера Бринелля

3.1 Методика выбора режима и порядок испытания твёрдости сплавов по методу Бринелля:

3.2 По заданию преподавателя определить твёрдость сплавов и результаты занести в таблицу 1.1

Таблица 1.1 – Результаты определения твёрдости сплавов методом Бринелля

№ п/п	Материал и толщина образца, мм	Режим испытания			Диаметр отпечатка, мм			Твёрдость, НВ
		Диаметр шарика, мм	Нагрузка, Р, кгс	Время выдержки под нагрузкой, с	1 изм.	2 изм.	Ср. значение	
1								
2								
3								

4.1 Метод Роквелла основан на том, что...

Рис. 1.3 – Схема измерения твёрдости по методу Роквелла: P_0 – ;

P_1 – ; P – ; h_0 – ;

h –

Числа твёрдости по Роквеллу измеряют в условных единицах и определяют по формулам:

а) при вдавливании алмазного или твердосплавного конуса

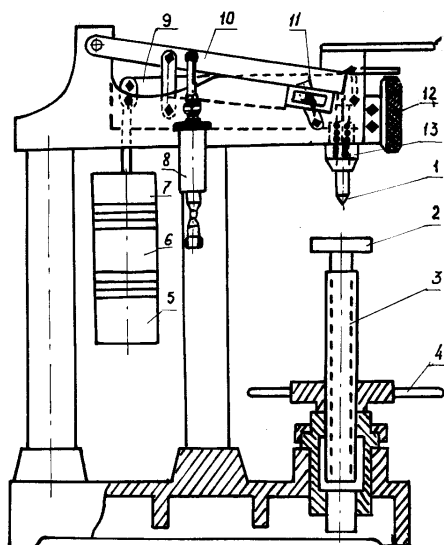
$$HRC = 100 - \frac{h - h_0}{0,002},$$

б) при вдавливании шарика

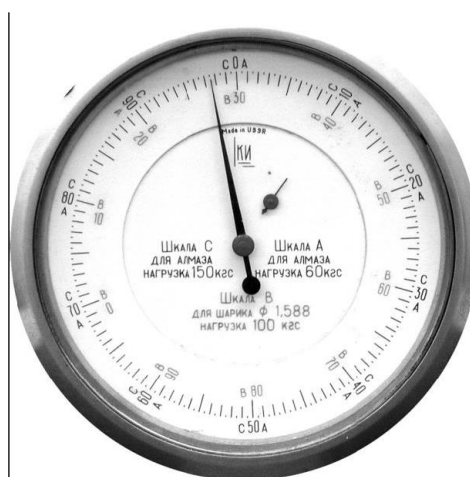
$$HRB = 130 - \frac{h - h_0}{0,002},$$

где

4.2. На рис.1.4 приведена схема твердомера типа ТК (а) и индикатора (б, позиция 12).



а)



б)

Рисунок 1.4 – Схема твердомера типа ТК: 1 – ;

3 – ; 4 – ; 5, 6, 7 – ;

10 – ; 11 – ;

2 – ;

9 – ;

4.3. Методика выбора режима и порядок проведения испытания:

4.4. По заданию преподавателя определить твёрдость образцов и результаты занести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты определения твёрдости образцов из различных сплавов методом Роквелла

Материал толщина образца, мм	Содер- жание углеро- да, %	Нагруз- ка, кгс	Инден- тор (конус, шарик)	Шка- ла (А, В,С)	Твёрдость по Роквеллу, HR				Твёрдость по Бринеллю
					1	2	3	Ср.	

5 По данным таблицы 2 построить графическую зависимость твёрдости от содержания углерода в стали.

НВ

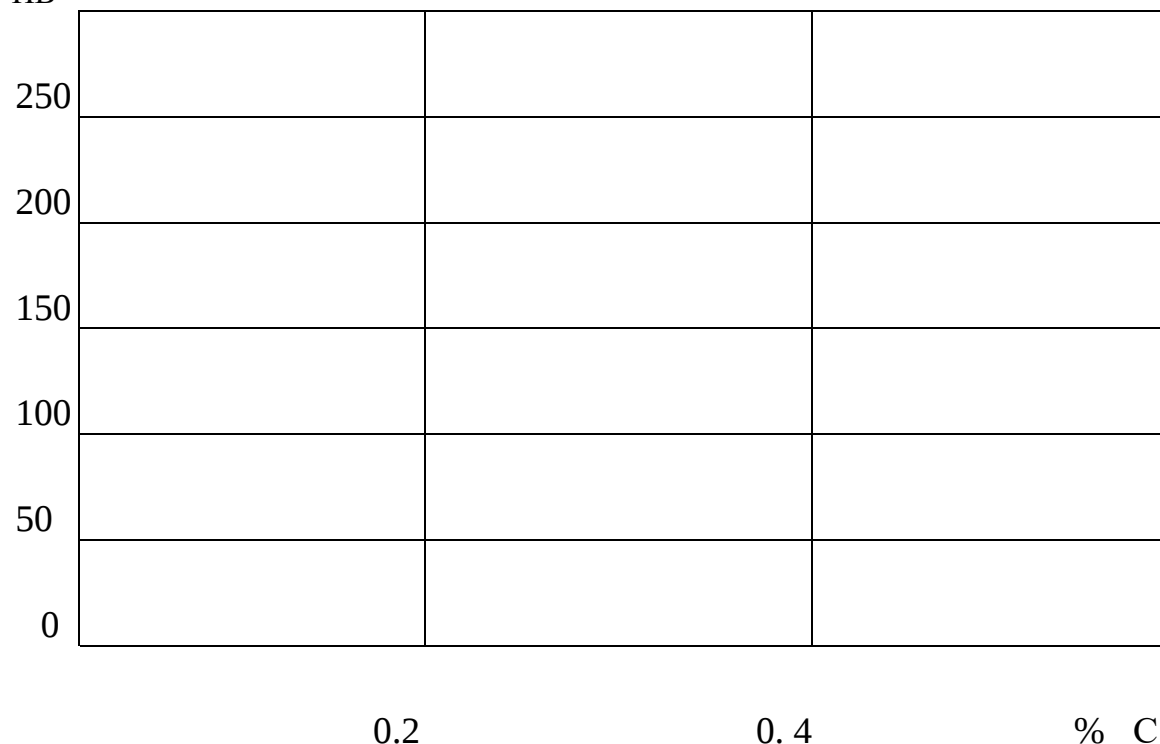


Рисунок 1.5 – Зависимость твёрдости стали от содержания углерода

Выводы: (привести область применения твердомеров, указать преимущество и недостатки каждого, указать факторы, влияющие на твердость, объяснить полученную графическую зависимость).

Контрольные вопросы:

1. Что понимается под твёрдостью металла?
2. С помощью какого прибора и как определяют диаметр отпечатка, полученного вдавливанием шарика?
3. Что входит в режим определения твёрдости материала по методу Бринелля?
4. От чего зависит выбор диаметра шарика при определении твёрдости по методу Бринелля?
5. Как установить время выдержки под нагрузкой при определении твёрдости по методу Бринелля?
6. Чем и как создаётся предварительная нагрузка при определении твёрдости по методу Бринелля?
7. От чего зависит выбор нагрузки при определении твёрдости по методу Бринелля?
8. Почему нельзя определить на приборе Бринелля твёрдость материала свыше HB 450?
9. Что означает запись HRC 50?
10. Для определения твёрдости каких материалов на приборе Роквелла используют нагрузку 150 кгс, 100 кгс и 60 кгс?
11. По какой шкале (по цвету) на приборе Роквелла производят отсчёт, при определении твёрдости закалённой стали?
12. По какой шкале (по цвету) на приборе Роквелла производят отсчёт, при определении твёрдости стали, подвергнутой химико-термической обработке?
13. Чему равна, чем создаётся и как контролируется предварительная нагрузка при определении твёрдости металла на приборе Роквелла?
14. При определении твёрдости каких материалов на приборе Роквелла используют в качестве индентора шарик?
15. Как перевести значение твёрдости материала, определённое на приборе Роквелла, в твёрдость по Бринеллю?
16. Что используют в качестве индентора, при определении твёрдости закалённой стали?

Работу выполнил _____

Работу принял _____

Лабораторная работа № 2

АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Цель работы: Изучение методики и приобретение практических навыков построения кривых охлаждения железоуглеродистых сплавов и их анализа

Задачи работы:

1. Изучить аллотропические формы железа и области их существования.
2. Изучить фазовый состав и структурные составляющие железоуглеродистых сплавов.
3. Изучить превращения, происходящие в железоуглеродистых сплавах с различной концентрацией компонентов при охлаждении или нагревании.
4. Приобрести практические навыки построения кривых охлаждения железоуглеродистых сплавов с определением степени свободы состояния системы.
5. Приобрести практические навыки по определению содержания компонентов в фазах при заданной концентрации их в сплаве и температуре.
6. Приобрести практические навыки по определению процентного соотношения фаз при заданной концентрации компонентов и температуры сплава.

Материальное и методическое обеспечение:

1. Диаграмма состояния системы «железо-углерод» (электрифицированный контрольно-обучающий стенд).
2. Плакаты: кривая охлаждения чистого железа, кривые охлаждения железоуглеродистых сплавов.
3. Методические указания к лабораторной работе.

Домашнее задание

1. Вычертить кривую охлаждения чистого железа, объяснить каждую температурную остановку и дать характеристику α и γ - железа.
2. Привести понятия: диаграмма состояния системы, компонент, фаза.
3. Привести определения фазам и структурно – составляющим диаграммы состояния системы «железо-углерод» с указанием областей существования.
4. Раскрыть сущность перитектического, эвтектического и эвтектоидного превращений.
5. Объяснить образование при охлаждении сплавов вторичного и третичного цементита.
6. Привести и описать закон Гиббса, первое и второе правило отрезков.
7. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. Заполнить таблицу с характерными точками диаграммы состояния системы «железо-углерод».
2. Применяя правило фаз, с правой стороны от диаграммы построить кривые охлаждения для двух сплавов.

1. $C = ___\%$ 2. $C = ___\%$

3. На каждом участке кривой охлаждения первого сплава указать названия фаз, а на кривой охлаждения второго сплава справа названия фаз, а слева названия структурных составляющих.
4. Для первого сплава определить содержание углерода в фазах и количественное соотношение фаз при $t = ___\text{°C}$
5. Для второго сплава определить содержание углерода в фазах и количественное соотношение фаз при $t = ___\text{°C}$.

Выполнение работы

1. На рисунке 2.1 приведена кривая охлаждения чистого железа.

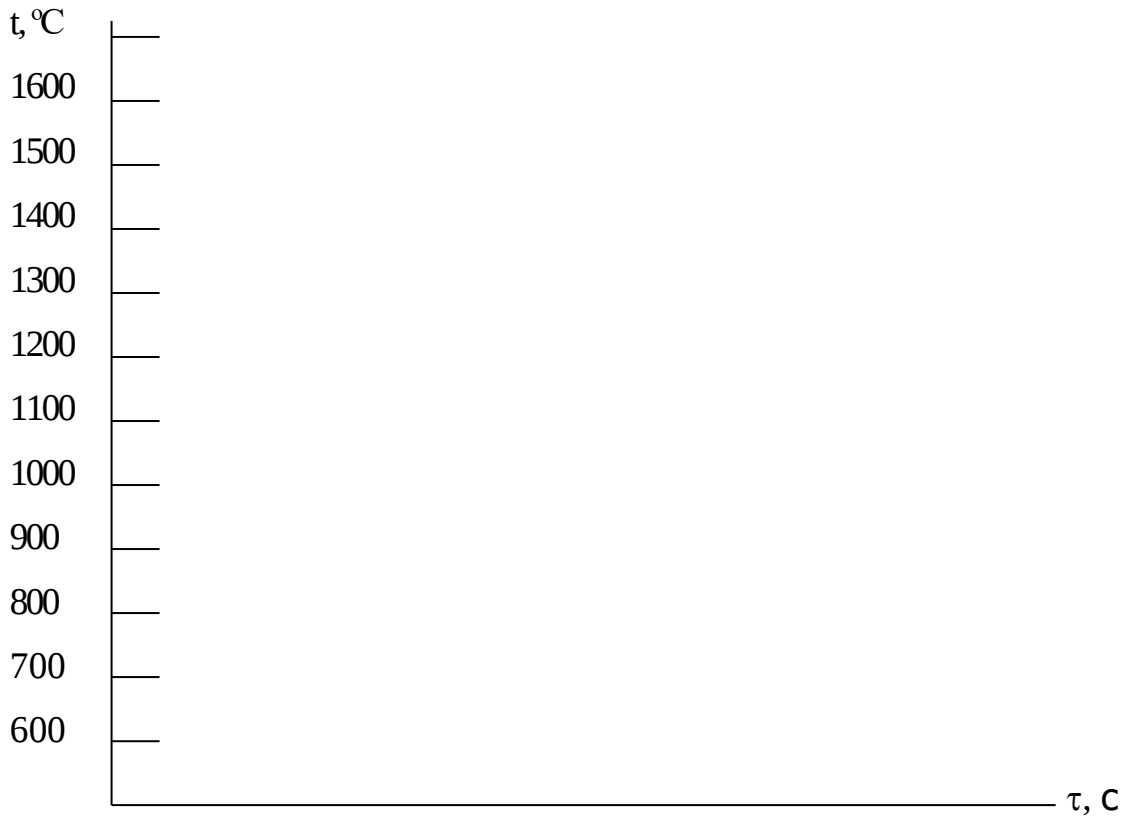


Рисунок 2.1 – Кривая охлаждения чистого железа

2. Диаграмма состояния системы –

Компоненты –

Фаза –

3. Фазами диаграммы состояния системы железо-углерод являются: жидкий раствор, аустенит, феррит, цементит, а структурными составляющими – аустенит, феррит, цементит (первичный, вторичный, третичный), ледебурит, перлит.

Аустенит –

Феррит –

Цементит –

Ледебурит –

Перлит –

4. Перитектическое превращение протекает при температуре $t = \text{_____}^{\circ}\text{C}$ и заключается во ...

Эвтектическое превращение протекает при температуре $t = \text{_____}^{\circ}\text{C}$ и заключается в ..

Эвтектоидное превращение протекает при температуре $t = \text{_____}^{\circ}\text{C}$ и заключается в ..

5. Вторичный цементит образуется ..

Третичный цементит образуется ..

6. Закон Гиббса (правило фаз) имеет вид $C = K - \Phi + 1$,
где C – K – ; Φ –

Первое правило отрезков –

Второе правило отрезков –

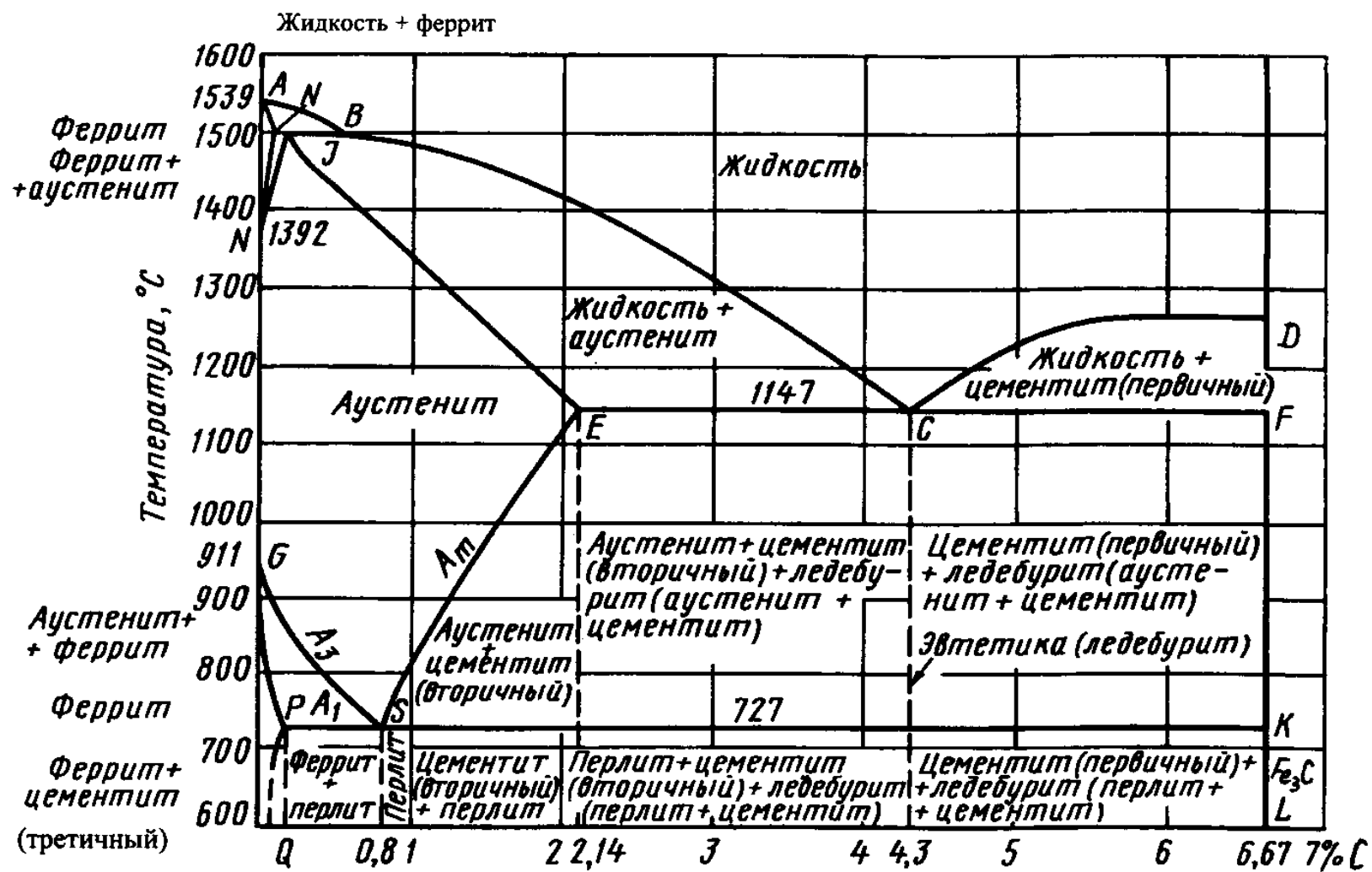


Рисунок 2.2 – Диаграмма состояния системы «железо-углерод»

7. Заполнить таблицу и привести описание точек, линий и превращений.

Таблица – Характерные точки и линии диаграммы «железо – углерод»

Обозначение	Координаты		Описание
	t, °C	C, %	
1	2	3	4
A			
H			
I			
B			
C			
D			
N			
E			
F			
G			
P			
S			
K			
Q			
L			
ABCD			
АНIECF			
НIВ			

Окончание таблицы

1	2	3	4
ECF			
PSK			
ES			
PQ			
GS			

8 Приклеить лист бумаги формата А4 с правой стороны диаграммы состояния системы «железо – углерод» (с. 12) и построить кривые охлаждения сплавов в соответствии с заданием (пункты 2 и 3 лабораторного задания).

9 Выполнить пункты 4 и 5 лабораторного задания с пояснением проводимых действий.

Выводы: (практическое значение диаграммы, значения правила фаз и отрезков)

Контрольные вопросы:

1. Что такое диаграмма состояния системы двойных сплавов?
2. Что понимают под фазой сплава?
3. Чем отличается твёрдый раствор внедрения от твёрдого раствора замещения?
4. При каких условиях образуются химические соединения?
5. Для чего пользуются правилом фаз?
6. Что нужно знать для определения степени свободы системы?
7. Если степень свободы системы равно нулю, что это значит?
8. Из чего могут состоять механические смеси?
9. Дайте определение аустениту и ферриту.
10. Дайте определение ледебуриту и перлиту.
11. Что такое цементит? При каких условиях он образуется?
12. Приведите интервал температур, при которых ледебурит состоит из перлита и цементита?
13. Поясните причину образования вторичного цементита.
14. Какие превращения протекают при постоянной температуре?
15. Что нужно выполнить для определения концентрации углерода в фазе?
16. Как определить количественное соотношение фаз в сплаве?
17. При каких условиях аустенит превращается в перлит?
18. При каких условиях жидкий раствор превращается в ледебурит?
19. При каких условиях протекает перитектическое превращение и в чём оно заключается?
20. Что такое аллотропия железа?
21. Назовите фазовый состав сплавов с концентрацией углерода от 0,006 % до 6,67%.

Работу выполнил _____

Работу принял _____

Лабораторная работа № 3

МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы: *Изучение технологии приготовления микрошлифа и приобретение практических навыков микроскопического исследования металлов и сплавов*

Задачи работы:

1. Изучить технологию приготовления микрошлифа.
2. Изучить устройство микроскопов МИМ–6 и МИМ–7.
3. Приобрести практические навыки в работе с микроскопами.
4. Определить величину зерна в стали.

Материальное и методическое обеспечение:

1. Микроскопы МИМ–6 и МИМ–7, ЗИП к микроскопам.
2. Микрошлифы из различных сплавов.
3. Объект-микрометр и окуляр-микрометр.
4. Учебное пособие по изучению конструкции микроскопов, технологии приготовления микрошлифов, определению величины зерна в стали, схемы микроскопов.

Домашнее задание

1. Описать технологический процесс приготовления микрошлифа, реактивы для травления стали и чугуна.
2. Выполнить описание схем микроскопов МИМ–6 и МИМ–7.
3. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. Изучить основные узлы и детали микроскопов, ознакомиться с регулировками. Установить требуемое увеличение.
2. Поместить на предметный столик микроскопа микрошлиф и произвести настройку микроскопа для визуального наблюдения.
3. Привести схемы, поясняющие видимость зерна под микроскопом.
4. Привести схему и определить цену деления окуляра - микрометра.
5. Определить величину зерна в стали.

Выполнение работы

1. Технологический процесс приготовления микрошлифа состоит из следующих операций:

Для травления стали и чугуна применяют следующие реактивы:

2. 1 Микроскоп МИМ-6 состоит из следующих деталей и сборочных единиц:

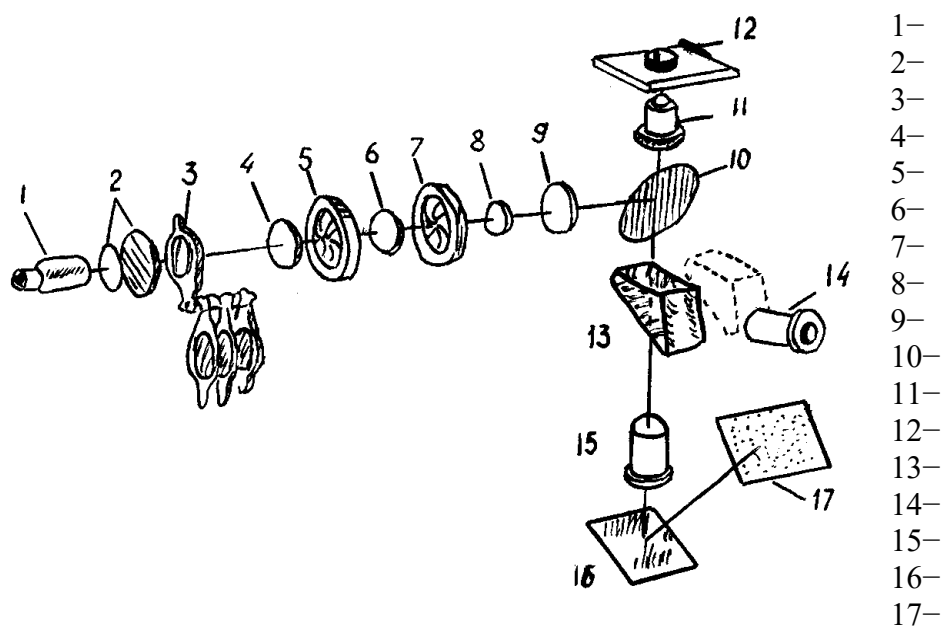


Рисунок 3.1 – Оптическая схема микроскопа МИМ-6

Увеличение микроскопа определяется по формуле

2.2 Микроскоп МИМ-7 состоит из следующих деталей и сборочных единиц:

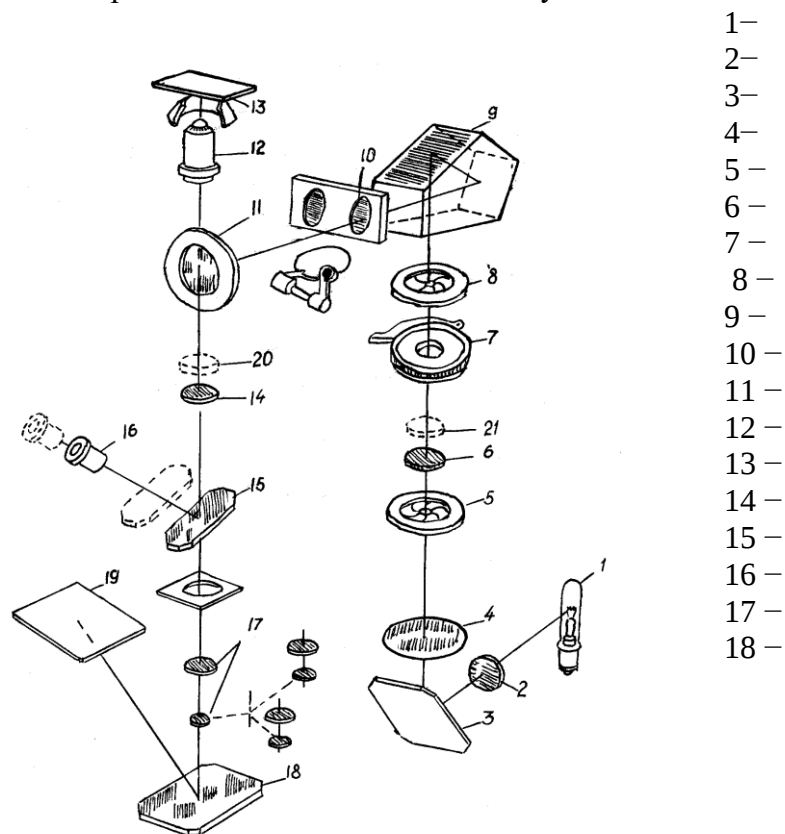


Рисунок 3.2 – Оптическая схема микроскопа МИМ-7

Увеличение микроскопа определяется по формуле или по таблице..

3. Схемы, поясняющие видимость зёрен с различной окраской.

Рисунок 3.3 – Схема, поясняющая видимость границ зёрен феррита под микроскопом

Рисунок 3.4 – Схема, поясняющая вид неоднородных зёрен

4. Определить цену деления окуляр – микрометра

Цена одного деления окуляр – микрометра, при данном увеличении микроскопа, определяется по формуле

$$\text{Ц}_{\text{ок}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot T}{A},$$

где $\text{Ц}_{\text{об}}$ – цена деления объект – микрометра (0,01 мм);

T – число совмещённых делений объект – микрометра;

A – число совмещённых делений окуляр – микрометра.

Рисунок 3.5 – Совмещение в поле зрения шкал объект – микрометра и окуляр – микрометра

$$\text{Ц}_{\text{ок}} =$$

5. Определение величины зерна в стали

Выводы: (назначение и сущность микроанализа, возможности оптических микроскопов, назначение объект – микрометра и окуляр – микрометра)

Контрольные вопросы:

1. Что называется микроанализом?
2. Назовите основные операции технологии приготовления микрошлифа.
3. Чем отличается полирование от шлифования образца?
4. Для чего проводят травление поверхности образца?
5. От чего зависит выбор реактива для травления поверхности образца?
6. Как просматривается образец под микроскопом после операции полирования?
7. Как просматриваются под микроскопом границы зёрен и почему?
8. От чего зависит увеличение оптического металлографического микроскопа?
9. Как можно определить размеры неметаллических включений в металле?
10. Для чего предназначены объект – микрометр и окуляр – микрометр?
11. Как определяют размеры зерна в стали?
12. Каково назначение основных деталей и сборочных единиц микроскопов МИМ–6 и МИМ–7.

Работу выполнил _____

Работу принял _____

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ

Цель работы: *Приобретение практических навыков в проведении микроанализа структур углеродистых сталей*

Задачи работы:

1. Ознакомиться с классификацией углеродистых сталей в равновесном состоянии по структуре.
2. Приобрести практические навыки в проведении микроанализа структур, и определении критических точек углеродистых сталей.
3. Приобрести практические навыки по определению содержания углерода и примерной марки стали.

Материальное и методическое обеспечение:

1. Микроскопы МИМ–6 и МИМ–7.
2. Микрошлифы углеродистых сталей в равновесном состоянии.
3. Фотографии микроструктур углеродистой стали с различным содержанием углерода.
4. Плакаты и методические указания.

Домашнее задание

1. Вычертить участок диаграммы «железо-углерод» с содержанием углерода до 2,14% и указать структурные составляющие в каждой области.
2. Привести классификацию углеродистых сталей в равновесном состоянии по структуре и дать характеристику структурным составляющим углеродистых сталей (определение, строение, свойства, как просматриваются под микроскопом).
3. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. Рассмотреть под микроскопом микрошлифы сталей с различным содержанием углерода.
2. Зарисовать схемы микроструктур рассмотренных микрошлифов с указанием структурных составляющих.
3. Определить к какому классу по структуре относится рассмотренная сталь (доэвтектоидная, эвтектоидная, заэвтектоидная) и критические точки.
4. По микроструктуре определить концентрацию углерода и примерную марку стали.

Выполнение работы

1. Вычертить стальной участок диаграммы состояния «железо – углерод»

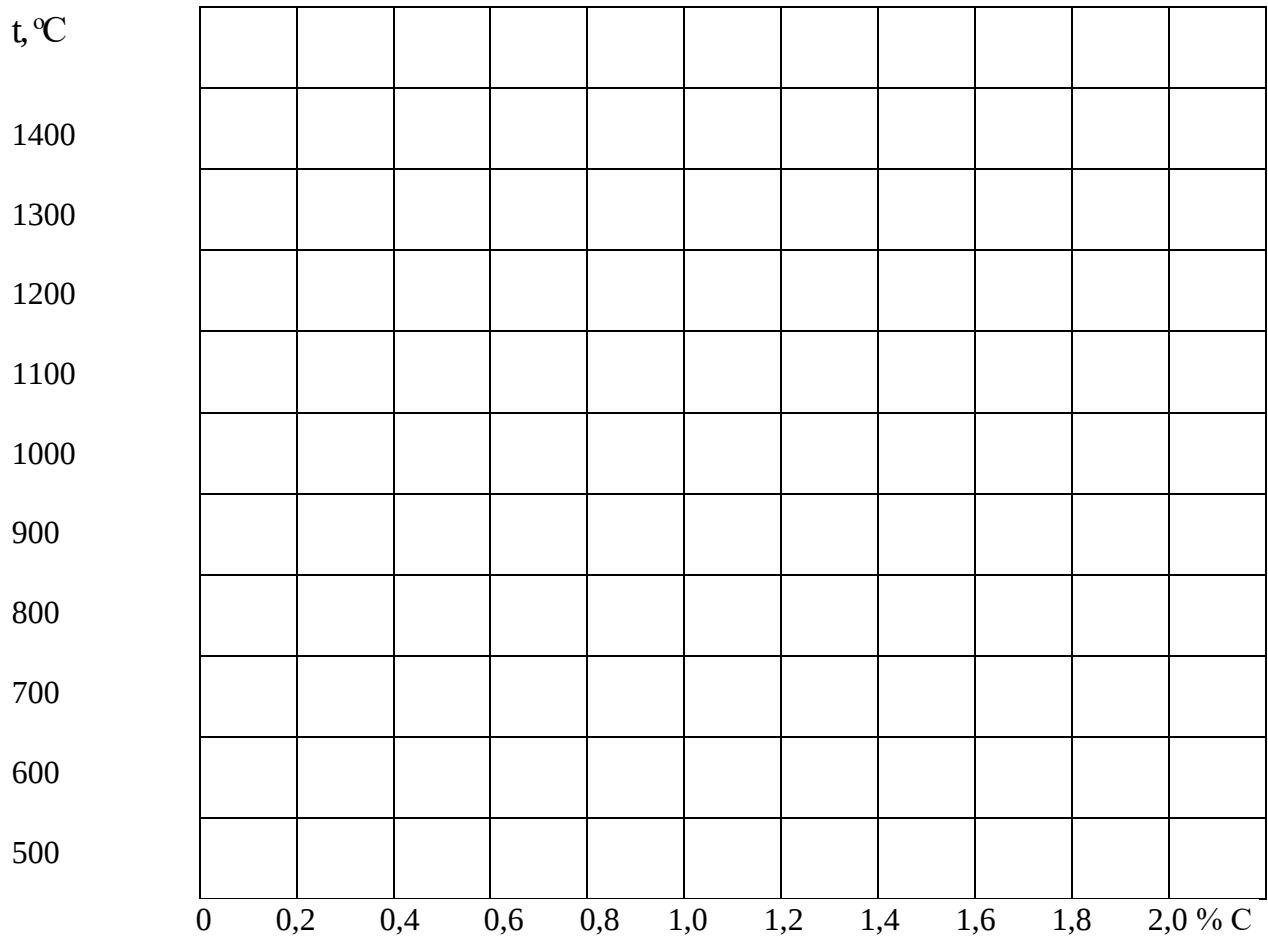
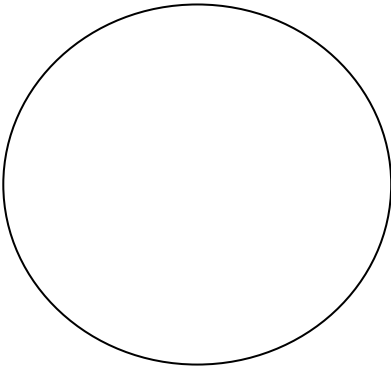
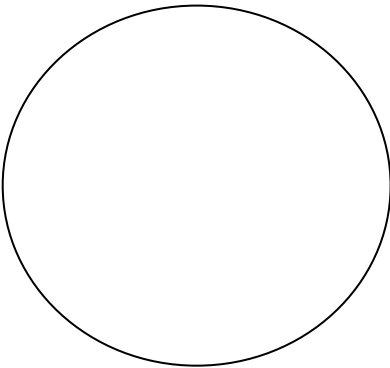
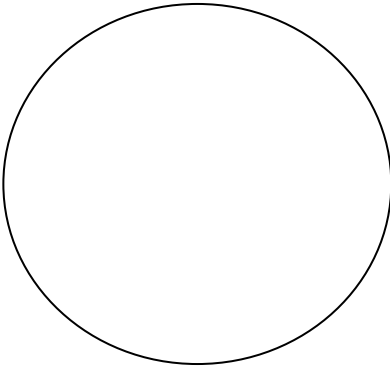
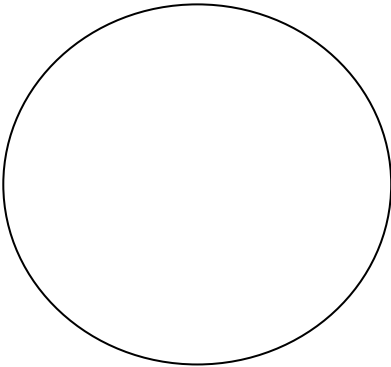


Рисунок 4.1 – Часть диаграммы «железо – углерод» (стальной участок)

2. Охарактеризовать структурные составляющие углеродистых сталей.

3. Схемы микроструктур сталей, их описание, критические точки и наименование сталей по структуре (класс стали по структуре)

№п/п	Схема микроструктуры	Описание
1	Увеличение – 	Марка стали _____ Содержание углерода _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ _____ Критические точки: A ₁ _____, A ₃ (cm) _____ Наименование стали по структуре _____ _____
2	Увеличение – 	Марка стали _____ Содержание углерода _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ _____ Критические точки: A ₁ _____, A ₃ (cm) _____ Наименование стали по структуре _____ _____
3	Увеличение – 	Марка стали _____ Содержание углерода _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ _____ Критические точки: A ₁ _____, A ₃ (cm) _____ Наименование стали по структуре _____ _____
4	Увеличение 	Марка стали _____ Содержание углерода _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ _____ Критические точки: A ₁ _____, A ₃ (cm) _____ Наименование стали по структуре _____ _____

4. Определение концентрации углерода в доэвтектоидной стали по её микроструктуре (поз.4) заключается в следующем:

Выводы: (раскрыть влияние концентрации углерода в стали на изменение микроструктуры и физико-механических свойств)

Контрольные вопросы:

1. Как классифицируют углеродистые стали по назначению?
2. Какого качества бывают углеродистые конструкционные и инструментальные стали?
3. Какие элементы, входящие в состав сталей, в основном определяют их качество?
4. На какие группы делятся углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества и по каким признакам?
5. Как маркируются углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества и качественные?
6. Как маркируются углеродистые инструментальные стали качественные и высококачественные?
7. Как изменяется структура углеродистой стали с увеличением содержания в ней углерода?
8. Какова методика определения содержания углерода в стали по её микроструктуре?
9. Расшифруйте марки сталей: Ст2, сталь 45, У8А, Сталь 65Г, Ст3кп, У12, Ст6пс.
10. Как просматривается под микроскопом зёрна феррита и цементита?
11. Как просматривается под микроскопом перлит?
12. Какими механическими свойствами характеризуются перлит и феррит?
13. Где на диаграмме «железо-углерод» располагаются критические точки A_1 и A_3 .
14. Как определить температуру критической точки A_{cm} для стали У13?

Работу выполнил _____

Работу принял _____

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУР И СВОЙСТВ ЧУГУНОВ

Цель работы: *Приобретение практических навыков в проведении микроанализа структур чугунов*

Задачи работы:

1. Ознакомиться с классификацией чугунов в зависимости от состояния углерода.
2. Приобрести практические навыки в проведении микроанализа и описании структур чугунов.
3. Приобрести теоретические знания по получению чугунов с различной структурой и механическими свойствами.

Материальное и методическое обеспечение:

1. Микроскопы МИМ–6 и МИМ–7.
2. Микрошлифы чугунов.
3. Фотографии микроструктур чугунов с различным состоянием углерода.
4. Плакаты и методические указания.

Домашнее задание

1. Вычертить участок диаграммы «железо-углерод» с содержанием углерода от 2,14% до 6,67% и указать структурные составляющие в каждой области.
2. Привести определение и классификацию белых чугунов по структуре и дать характеристику их структурным составляющим (определение, строение, свойства, как просматриваются под микроскопом).
3. Привести классификацию чугунов в зависимости от формы графитовых включений и условия их получения.
3. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. Рассмотреть под микроскопом микрошлифы белых чугунов с различным содержанием углерода.
2. Зарисовать схемы микроструктур микрошлифов белых чугунов с указанием структурных составляющих и наименований их по структуре.
3. Рассмотреть под микроскопом микрошлифы серого, ковкого и высокопрочного чугунов.
4. Зарисовать схемы микроструктур микрошлифов рассмотренных чугунов (пункт 3) с указанием наименований их металлической основы.

Выполнение работы

1. Вычерчиваем чугунный участок диаграммы состояния «железо – углерод»

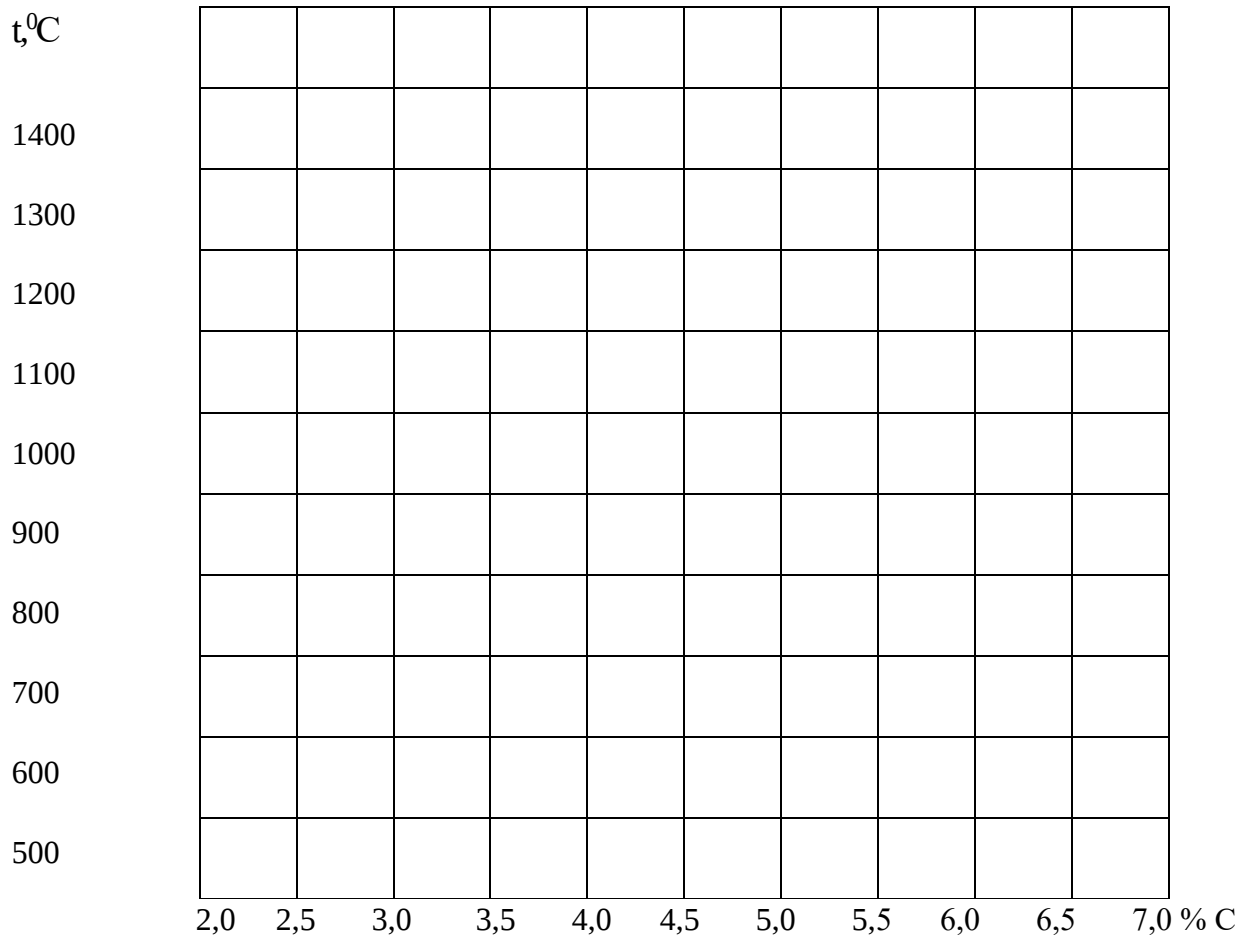
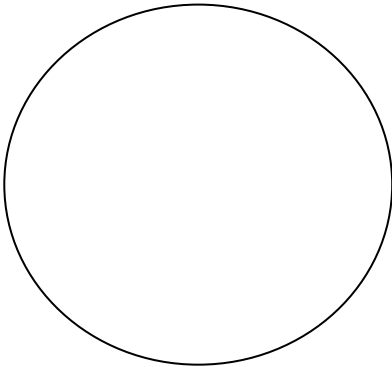
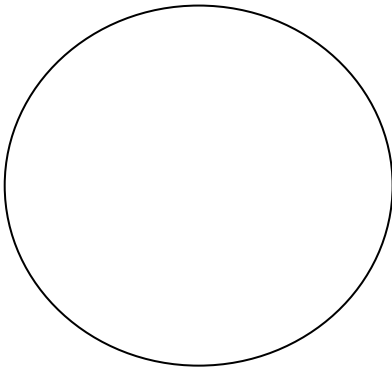


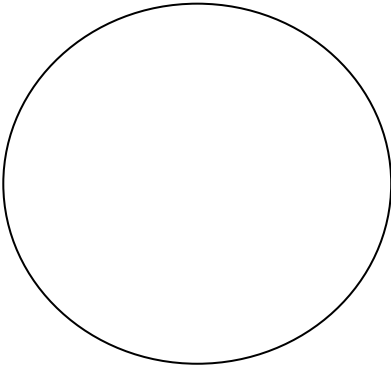
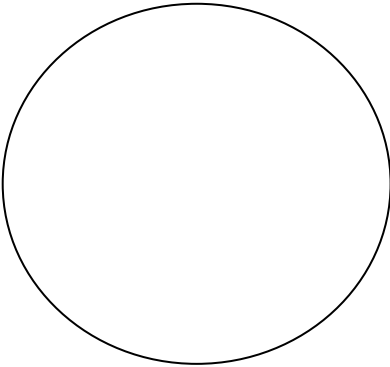
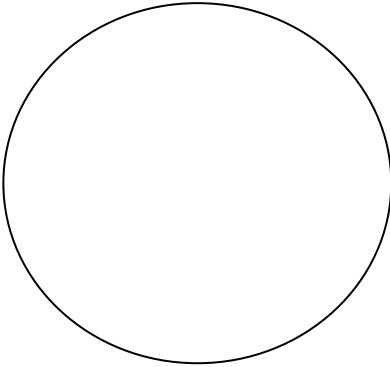
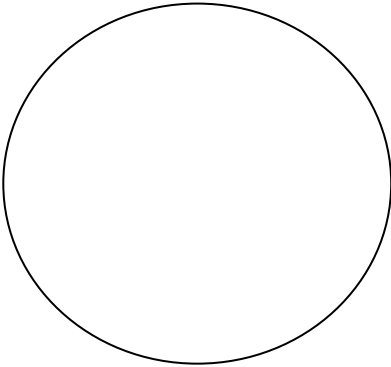
Рисунок 1 – Часть диаграммы состояния «железо – углерод» (чугунный участок)

2. Белый чугун – это чугун ...

3. В зависимости от формы графитовых включений чугуны делят на три группы:

4. Таблица – схемы микроструктур чугунов, их описание, условия получения и наименование по структуре

№п/п	Схема микроструктуры	Описание
1	2	3
1	Увеличение – 	Описание микроструктуры _____ _____ _____ Условия получения _____ _____ _____ Наименование чугуна с учётом структуры _____ _____
2	Увеличение – 	Описание микроструктуры _____ _____ _____ Условия получения _____ _____ _____ Наименование чугуна с учётом структуры _____ _____

№п/п	Схема микроструктуры	Описание
1	Увеличение – 	Описание микроструктуры _____ _____ _____ Условия получения _____ _____ _____ Наименование чугуна с учётом структуры _____ _____
2	Увеличение – 	Описание микроструктуры _____ _____ _____ Условия получения _____ _____ _____ Наименование чугуна с учётом структуры _____ _____
3	Увеличение – 	Описание микроструктуры _____ _____ _____ Условия получения _____ _____ _____ Наименование чугуна с учётом структуры _____ _____
4	Увеличение – 	Описание микроструктуры _____ _____ _____ Условия получения _____ _____ _____ Наименование чугуна с учётом структуры _____ _____

Выводы: (объяснить различие в структуре и свойствах чугуна; установить влияние каждой структурной составляющей на свойства чугуна, в том числе формы графитового включения; отразить практическое применение чугунов).

Контрольные вопросы:

1. Каково содержание углерода в чугунах?
2. Как получают белый и серый чугун, и в чём состоит их основное отличие?
3. Назовите основные химические элементы, входящие в состав чугунов.
4. В какой форме в чугунах, может быть, графит?
5. От чего зависит прочность чугуна?
6. Как получают серый чугун на ферритной металлической основе?
7. Как получают ковкий чугун на перлитной металлической основе?
8. Как получают высокопрочный чугун на ферритно-перлитной металлической основе?
9. Для изготовления каких деталей применяют заготовки из серого, ковкого и высокопрочного чугуна?
10. Как маркируются серый, ковкий и высокопрочный чугуны?
11. Как влияют на графитизацию кремний и марганец?
12. От содержания каких элементов зависит жидкотекучесть чугуна?
13. Как классифицируют белые чугуны по чугуны?
14. При какой температуре протекает эвтектическое превращение при получении серого чугуна и в чём оно заключается?
15. Расшифруйте марки чугунов: СЧ 15, СЧ 20, КЧ 35–10, КЧ 37–12, ВЧ 50, ВЧ 100.
16. Почему прочность высокопрочного чугуна больше, чем серого?
17. Какова структура белого заэвтектического чугуна?

Работу выполнил _____

Работу принял _____

Лабораторная работа № 6

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Цель работы: Установление влияния термической обработки стали на механические свойства стали

Задачи работы:

1. Изучить технологию выполнения основных видов термической обработки стали.
2. Изучить превращения, протекающие при изотермической выдержке и непрерывном охлаждении аустенита.
3. Ознакомиться с оборудованием для термической обработки стали.
4. Приобрести практические навыки в назначении режимов термической обработки углеродистой стали.
5. Определить влияние скорости охлаждения при выполнении термической обработки на твёрдость углеродистой стали.

Материальное и методическое обеспечение

1. Муфельные печи с терморегуляторами, ванны с закалочными средами, щипцы, напильники, шлифовальная бумага, салфетки.
2. Образцы из углеродистой стали.
3. Твердомер типа ТК.
4. Плакаты и методические указания.

Домашнее задание

1. Привести классификацию и определения видам термической обработки.
2. По диаграмме изотермического превращения аустенита дать пояснения процессам, протекающим при изотермической выдержке аустенита и мартенситном превращении.
3. Дать определение и краткую характеристику перлиту, сорбиту, трооститу, бейниту и мартенситу.
4. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. По диаграмме состояния «железо – углерод» определить температуру нагрева углеродистой стали для проведения полной закалки.
2. Определить время нагрева и выдержки стали при данной температуре.
3. Произвести нагрев и последующее охлаждение образцов в воде, масле, на воздухе и вместе с печью.
4. Замерить твёрдость образцов на твердомере типа ТК и вычертить зависимость твёрдости стали от скорости охлаждения охлаждающей среды.

Выполнение работы

1. К основным видам термической обработки (ТО) относятся: закалка, нормализация, отжиг и отпуск.

Закалка – ..

Нормализация – ..

Отжиг – ..

Отпуск – ..

2. Диаграмма изотермического превращения аустенита строится в координатах «температура – время»



Рисунок 6.1 – Диаграмма изотермического превращения аустенита

При изотермическом превращении аустенита протекают следующие превращения: перлитное, промежуточное и мартенситное.

Перлитное превращение – ..

Промежуточное превращение – ..

Мартенситное превращение – ..

3. Перлит – ..

Сорбит – ..

Троостит –..

Бейнит верхний –...

Бейнит нижний – ...

Мартенсит – ...

4. 1 Температура нагрева углеродистой стали – сталь 45 определяется по диаграмме состояния «железо-углерод» следующим образом: ..

4.2 Время нагрева и выдержки образца из стали 45 зависит от .

Таблица – Сводные данные по термической обработке углеродистой стали

№ п/ п	Матери- ал и вид термооб- работки	Твер- дость до T 0, HRB	Тем- пера- тура нагрева t, °C	Время вы- держ- ки τ, с	Охла- жда- ющая среда	Скорость охлажде- ния, град /с	Твер- дость после T 0, HRC	HB

HB			
800			
700			
600			
500			
400			
300			
200			
100			
	с печью	воздух	масло
			вода

Рисунок 6.2 – Зависимость твердости закаленной углеродистой стали от скорости охлаждения (охлаждающей среды).

Выводы: (объяснить влияние скорости охлаждения на твёрдость углеродистой стали)

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные виды термической обработки сталей.
2. Как строится график термической обработки стали?
3. Для чего предназначена закалка стали?
4. Для чего проводят отжиг стали?
5. Что такое нормализация стали?
6. Для каких сталей проводят отпуск, и какие виды его бывают?
7. Что называется улучшением стали?
8. Какова должна быть температура нагрева стали 60 для выполнения операции «Закалка».
9. Какова должна быть температура нагрева стали У12 для выполнения операции «закалка».
10. Что называется критической скоростью закалки?
11. Какова будет структура стали 50 после проведения неполной закалки?
12. Объясните сущность промежуточного превращения при изотермической выдержке аустенита.
13. Что такое мартенсит и когда он образуется?
14. Для чего и как проводят прерывистую закалку?
15. Как и почему влияет скорость охлаждения на твёрдость закалённой стали?
16. Приведите основные виды брака при закалке.
17. Для чего и как проводят диффузионный отжиг?
18. В чём заключается сущность рекристаллизационного отжига, и для каких сталей его проводят?
19. Как проводят отжиг на зернистый перлит?
20. Назовите виды охлаждающих сред при закалке.
21. Назначьте режим термической обработки для зубила из стали У10 для получения твёрдости 45 HRC.
22. Назначьте режим термической обработки стали 50 для получения твёрдости 60 HRC.
23. Назначьте режим термической обработки для пружины из стали 65Г.

Работу выполнил _____

Работу принял _____

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУР ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы: *Приобретение практических навыков в проведении микроанализа структур легированных сталей*

Задачи работы:

1. Ознакомиться с классификацией легированных сталей в равновесном состоянии.
2. Приобрести практические навыки в проведении микроанализа структур.
3. Изучить особенности технологии выполнения термической обработки легированной стали.
4. Изучить технологию выполнения термической обработки быстрорежущей стали Р18.

Материальное и методическое обеспечение:

1. Микроскопы МИМ–6 и МИМ–7.
2. Микрошлифы легированных сталей в равновесном состоянии.
3. Фотографии микроструктур легированной стали с различным содержанием легирующих элементов.
4. Плакаты и методические указания.

Домашнее задание

1. Привести классификацию легированных сталей по назначению, химическому составу и структуре.
2. Привести сущность маркировки легированных сталей с указанием сталей.
3. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. Описать особенности термической обработки быстрорежущей стали.
2. Установить увеличение микроскопа в 400...500 раз.
2. Установить микрошлиф легированной стали на предметный столик, зарисовать видимую микроструктуру и привести её описание с указанием наименования по структуре, химическому составу и назначению. Указать область применения стали.

Выполнение работы

1. Легированные стали классифицируют по назначению, химическому составу и структуре.

По назначению стали делят на:

По структуре в равновесном состоянии стали делят на пять классов:

По химическому составу стали делят на три группы:

2. Легированные стали маркируют сочетанием цифр и букв, а именно:

3. Особенности термической обработки легированной стали, в частности быстрорежущей стали, заключаются в следующем (объяснить на основании графика):

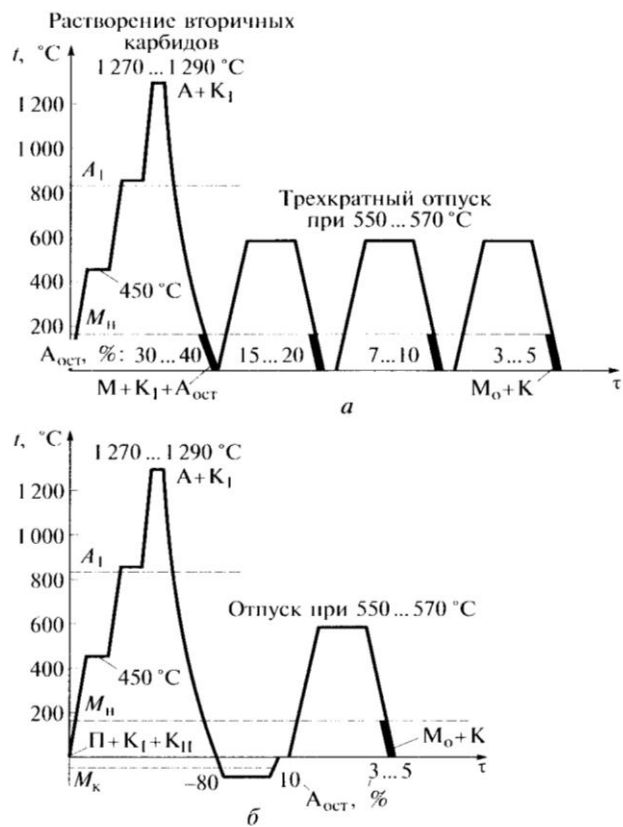
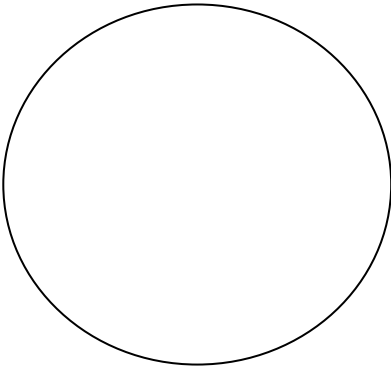
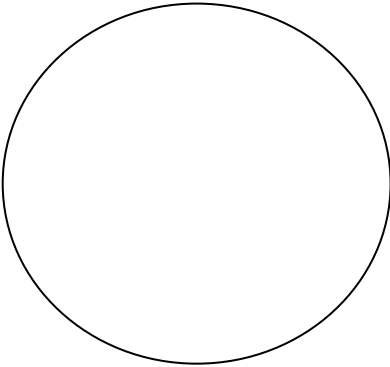
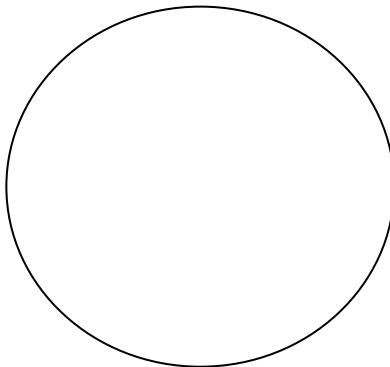
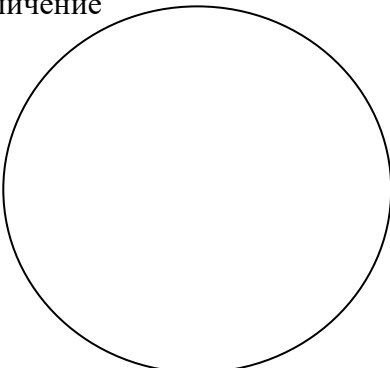


Рисунок – Термическая обработка быстрорежущей стали:

A_1 - ; M_n - ;
 A - ; K_I - ; K_{II} - ;
 $A_{ост}$ - ; M - ; M_o - ;
 Π - ; K - .

4. Схемы микроструктур сталей, их описание, критические точки и наименование сталей по структуре (класс стали по структуре)

№п/п	Схема микроструктуры	Описание
1	Увеличение – 	Марка стали _____ Химический состав _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ Режим термической обработки _____ _____ Наименование стали по структуре _____ _____
2	Увеличение – 	Марка стали _____ Химический состав _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ Режим термической обработки _____ _____ Наименование стали по структуре _____ _____
3	Увеличение – 	Марка стали _____ Химический состав _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ Режим термической обработки _____ _____ Наименование стали по структуре _____ _____
4	Увеличение 	Марка стали _____ Химический состав _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____ Режим термической обработки _____ _____ Наименование стали по структуре _____ _____

Выводы: (указать, какие элементы придают сталям особые свойства, в чём заключается особенность термической обработки легированной стали, области применения конструкционных и инструментальных сталей).

Контрольные вопросы:

1. Какие стали называют легированными?
2. Как влияют легирующие элементы на критические точки сталей?
3. Что образуют в сталях легирующие элементы?
4. Почему при термической обработке легированные стали надо нагревать ступенчато?
5. Как выбрать температуру нагрева легированной стали при закалке?
6. Что применяют в качестве охлаждающей среды при проведении закалки быстрорежущей стали?
7. Для чего проводят отпуск быстрорежущей стали?
8. На какие классы делят легированные стали по структуре в равновесном состоянии?
9. Какие стали относят к малолегированным, среднелегированным и высоколегированным сталям?
10. Расшифруйте следующие марки сталей: 10ХСНД, 12ХН3А, 20Х, 18ХГТ, 25ХГТ, 40ХН2МА.
11. Выберите из приведённых марок шарикоподшипниковые стали и расшифруйте марки: 50ХГА, ШХ15, ШХ15-Ш, 40ХН.
12. Выберите из приведённых марок сталей автоматные стали: 12ХН3А, АС40, 18ХГТ, АС40ХГНМ.
13. Укажите коррозионно-стойкие стали: 20Х, 30Х13, 12Х17, 08Х13, 40Х13, АС40, 25ХГТ.
14. В каких условиях эксплуатации износостойкая сталь 110Г13Л имеет преимущества перед другими сталями?
15. Какой легирующий элемент придаёт быстрорежущим сталям красностойкость?

Работу выполнил _____

Работу принял _____

Лабораторная работа № 8

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУР ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

Цель работы: Приобретение практических навыков в проведении микроанализа структур цветных металлов и их сплавов

Задачи работы:

1. Ознакомиться с маркировкой и химическим составом цветных сплавов и их назначением.
2. Приобрести практические навыки в проведении микроанализа структур.
3. Приобрести практические навыки в выборе цветных сплавов для изготовления конструкций.

Материальное и методическое обеспечение:

1. Микроскопы МИМ–6 и МИМ–7.
2. Микрошлифы цветных сплавов.
3. Фотографии микроструктур цветных сплавов различного химического состава.
4. Плакаты и методические указания.

Домашнее задание

1. Приведите цветные металлы, дайте им характеристику и укажите области применения.
2. Приведите зависимость механических свойств латуни от содержания цинка (рис.).
3. Подготовиться по контрольным вопросам.

Лабораторное задание

1. Изучить под микроскопом микроструктуры цветных металлов и сплавов, зарисовать их.
2. Описать структуры по форме, указанной в таблице.

Выполнение работы

1. Краткая характеристика цветных металлов и их сплавов:

2. Зарисовать зависимость механических свойств латуни от содержания цинка.

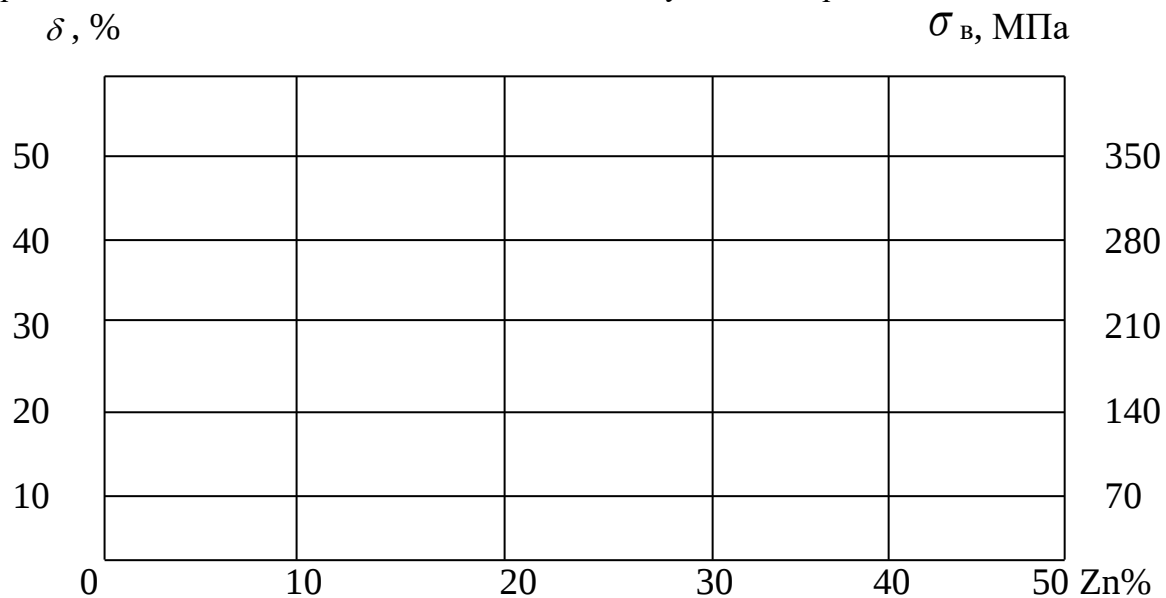
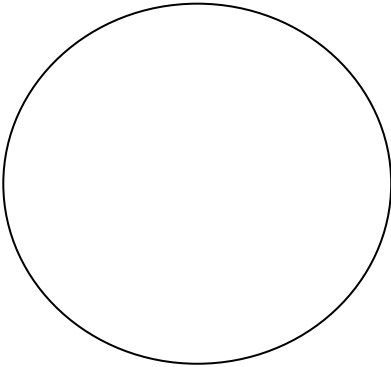
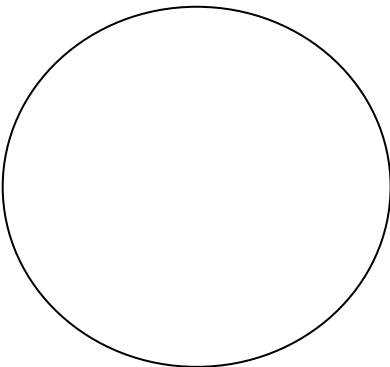
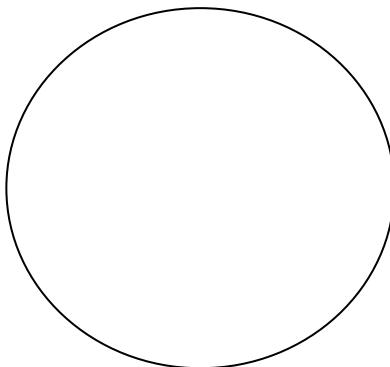
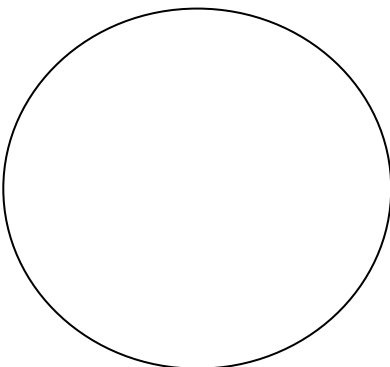


Рисунок 8.1 – Зависимость предела прочности $\sigma_{\text{в}}$ и относительного удлинения δ латуни от содержания в ней цинка

3. Объяснить влияние включений β - фазы на свойства латуней и γ - фазы на свойства бронз.

5. Схемы микроструктур сплавов цветных металлов и их описание

№п/п	Схема микроструктуры	Описание
1	Увеличение – 	Наименование и марка сплава _____ Химический состав _____ _____ Термическая обработка _____ _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____
2	Увеличение – 	Наименование и марка сплава _____ Химический состав _____ _____ Термическая обработка _____ _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____
3	Увеличение – 	Наименование и марка сплава _____ Химический состав _____ _____ Термическая обработка _____ _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____
4	Увеличение 	Наименование и марка сплава _____ Химический состав _____ _____ Термическая обработка _____ _____ Описание микроструктуры _____ _____ _____

Выводы: (применение рассмотренных металлов и сплавов в машиностроении).

Контрольные вопросы:

1. Назовите цветные металлы и приведите области их применения.
2. Что такое латунь? Приведите марки.
3. Что называется бронзой? Приведите марки.
4. На какие группы делятся латуни по способу изготовления?
5. Как маркируются деформируемые латуни и что из них изготавливают?
6. Как маркируются литейные латуни и что из них изготавливают?
7. Какой элемент придает латуни высокую коррозионную стойкость?
8. На какие группы делятся бронзы?
9. Как маркируются литейные и деформируемые бронзы?
10. Какой элемент придает бронзе антифрикционные свойства?
11. Из каких бронз изготавливают пружины?
12. Что предохраняет алюминий от коррозии?
13. На какие группы подразделяются алюминиевые сплавы по технологическим свойствам?
14. Как маркируются алюминиевые сплавы, не упрочняемые термической обработкой?
15. Что такое дюралюмины? Приведите примеры.
16. Какие сплавы называют силуминами? Что придает им высокие литейные свойства?
17. На какие группы делятся магниевые сплавы?
18. Приведите марки и области применения магниевых сплавов.
19. На какие группы по способу производства делятся титановые сплавы?
20. Приведите марки и области применения титановых сплавов.

Работу выполнил _____

Работу принял _____

ЛИТЕРАТУРА

1. Оськин, В.А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн. 1 / В.А. Оськин, В.В. Евсинов. – Москва: КолосС, 2008. – 447 с.
2. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие / Под ред. А.И. Батышева и А.А. Смолькина. – Москва: ИНФРА-М, 2013. – 288 с.
3. Материаловедение и технология металлов: учебник / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др.; под ред. Г.П. Фетисова. – Москва: Высшая школа, 2002. – 638 с.
4. Технология конструкционных материалов: учебник / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.Н. Бухаркин и др.; под общей редакцией А.М. Дальского. - 5-е изд., исправленное. – Москва: Машиностроение, 2003. – 512 с.
5. Китаев, Ю.А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: методические указания для подготовки к практическим занятиям. Вопросы, тесты, ответы / Ю.А. Китаев, Н.И. Потапова. – Пенза: РИО ПГСХА, 2010. – 90с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1 Определение твёрдости металлов.....	3
Лабораторная работа № 2 Анализ диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов.....	8
Лабораторная работа № 3 Микроскопический метод исследования металлов и сплавов	15
Лабораторная работа № 4 Изучение микроструктур углеродистых сталей в равновесном состоянии.....	20
Лабораторная работа № 5 Изучение микроструктур и свойств чугунов.....	24
Лабораторная работа № 6 Термическая обработка углеродистой стали.....	29
Лабораторная работа № 7 Изучение микроструктур легированных сталей.....	34
Лабораторная работа № 8 Изучение микроструктур цветных металлов и их сплавов.....	39
Литература.....	44
Содержание.....	45

**Иван Алексеевич Спицын
Наталья Ивановна Потапова**

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И
ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

РАЗДЕЛ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Рабочая тетрадь для лабораторных работ

Редактор И.А. Спицын
Компьютерная верстка И.А. Спицына

Подписано в печать

Бумага оцветная

.

Тираж 140 экз.

Заказ №

Формат 60х84 1/8

Усл. печ. л.

ПГАУ
440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30