

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Инженерный институт
Кафедра надёжности и ремонта машин

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ

Выполнил: студент _____ группы

(фамилия, имя, отчество)

Проверил: _____



НОВОСИБИРСК 2023

УДК 621.7.001.5(076.5)

ББК 34.2я73

Кафедра надёжности и ремонта машин

Составители: *Е.В. Агафонова*, ст. преп.

Т.В. Возженникова, ст. преп.

Р.В. Конореев, канд. техн. наук, доц.

Рецензент П.И. Федюнин, канд. техн. наук, доц.

Материаловедение: Рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ /Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; Сост.: Е.В. Агафонова, Т.В. Возженникова, Р.В. Конореев – Новосибирск, 2023. – 48 с.

В рабочей тетради представлены формы отчетов к лабораторным работам по дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов» по разделу «Материаловедение». Отчеты по лабораторным работам содержат теоретические сведения, результаты лабораторных испытаний, необходимые рисунки и таблицы, выводы, которые формулирует студент в конце выполнения лабораторной работы.

Предназначены для студентов Инженерного Института обучающихся по направлениям подготовки Агроинженерия, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Технология транспортных процессов.

Рекомендована к изданию учебно-методическим советом Инженерного института НГАУ (протокол №__ от _____ 2023г.).

© Новосибирский государственный
аграрный университет, 2023

© Инженерный институт, 2023

Лабораторная работа №1
Измерение твердости металлов

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Перечислить методы измерения твердости _____

Твердость — это _____

Определение твердости по Бринеллю

Определение твердости по Бринеллю состоит в том, _____

Рис. 1. Схема определения твердости методом Бринелля (изобразить)

Твердость по Бринеллю (НВ) определяется по формуле:

где _____

Преимущество и недостатки измерения твердости по методу Бринелля_____

Определение твердости по Роквеллу

Определение твердости по Роквеллу состоит в том_____

Рис. 2. Схема испытания металла на твердость по Роквеллу (изобразить)

Числа твердости по Роквеллу обозначаются_____

Преимущество измерения твердости по методу Роквелла_____

Определение твердости **по Виккерсу** состоит в том,_____

Определение **микротвердости** состоит в том, _____

3. Результаты работы.

Таблица 1 – Характерные особенности методов определения твердости

Особенности каждого метода	Методы определения твердости по				
	Бринеллю	Роквеллу			Виккерсу
		шкала В	шкала С	шкала А	
Индентор (материал, размер, форма)					
Величина нагрузки, Н					
Обозначение твердости					
Единицы измерения					
Область применения					

Таблица 2. – Результаты измерения твердости (заполнить таблицу)

№ п/п	Исследуемый материал	% С	d отпечатка, мм	НВ, МПа	HRC / HRB	σ_b , МПа
1	Сталь 30	0,3	5,5			
2	Сталь 50	0,5	4,7			
3	Сталь У13	1,3	3,5			
4	Сталь.....?				

Примечание: НВ – определяется по табл.1 колонки номер 1,2 и 5,6 на стр.5 в методических указаниях; HRC/HRB - определяется по табл.4 стр.15 в методических указаниях; σ_b - определяется по формуле 4 стр.9 в методических указаниях.

Записать марку Сталь?

Таблица 3 – Результаты испытания на твердость по Роквеллу

№	Материал	Шкала	Твердость				Твердость по Бринеллю (перевод)
			1	2	3	среднее	
1							
2							
3							

Построить график зависимости твердости HB и предела прочности σ_s , от процентного содержания углерода в сталях по данным таблицы 2, откладывая по оси ординат твердость по Бринеллю (HB) или предел прочности (σ_s), а по оси абсцисс процентное содержание углерода.

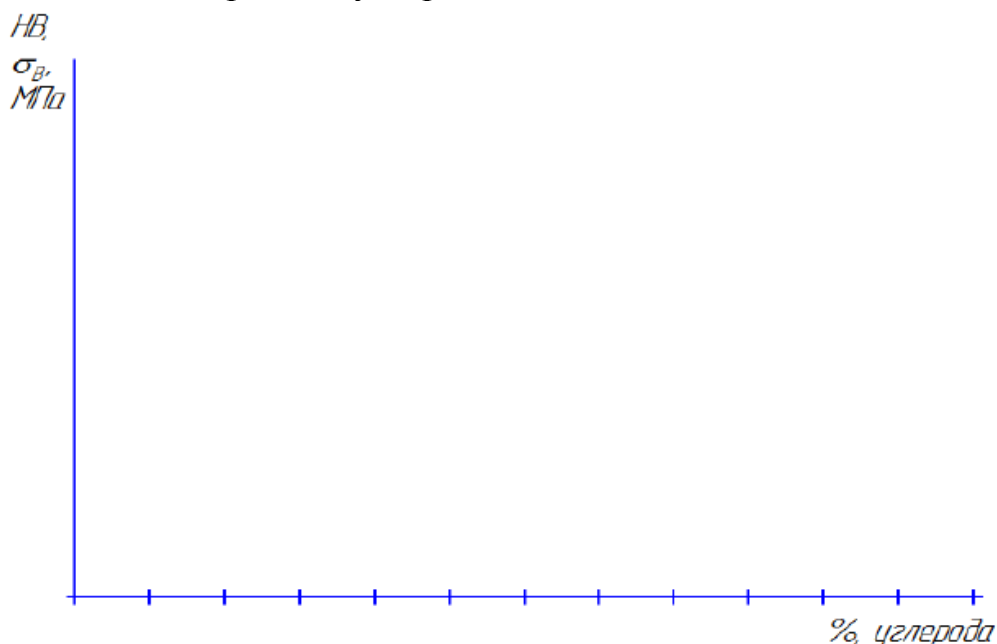


Рис. 3. График зависимости твердости и прочности от содержания углерода

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Что такое твердость?
2. Назовите методы определения твердости.
3. Как настроить и произвести измерения прибором Бринелля.
4. Режимы для определения твердости по Бринеллю.
5. Недостатки измерения твердости по Бринеллю и Роквеллу.
6. Как настроить и произвести измерения прибором Роквелла.
7. Выбор шкалы, величины общей нагрузки и геометрической формы наконечника по Роквеллу.
8. Как настроить и произвести измерения прибором Виккерса.
9. Как определяют микротвердость?

Лабораторная работа №2
Макроскопический метод исследования металлов и сплавов

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Макроструктурный анализ – это _____

При помощи макроскопического анализа можно установить: _____

Метод макрошлифов заключается в _____

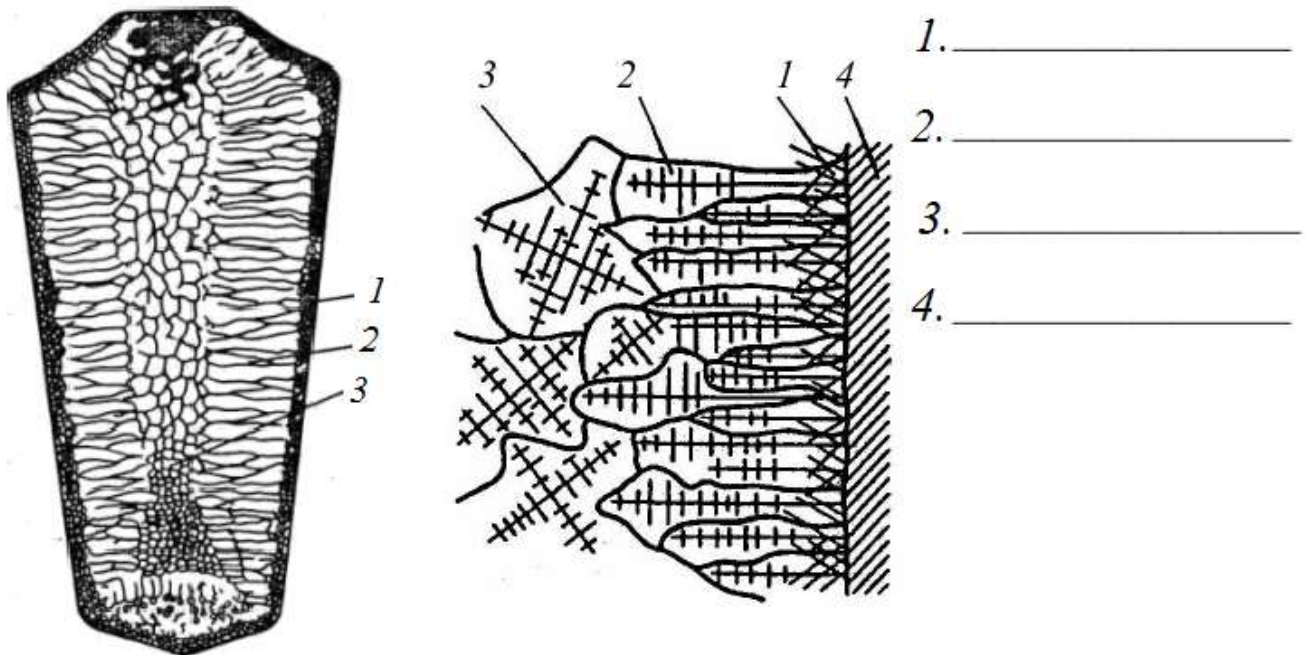


Рис. 1. Схема строения стального слитка

Макрошлифом называется _____

Опишите макроструктуру литой стали _____

Опишите макроструктуру деформированного металла _____

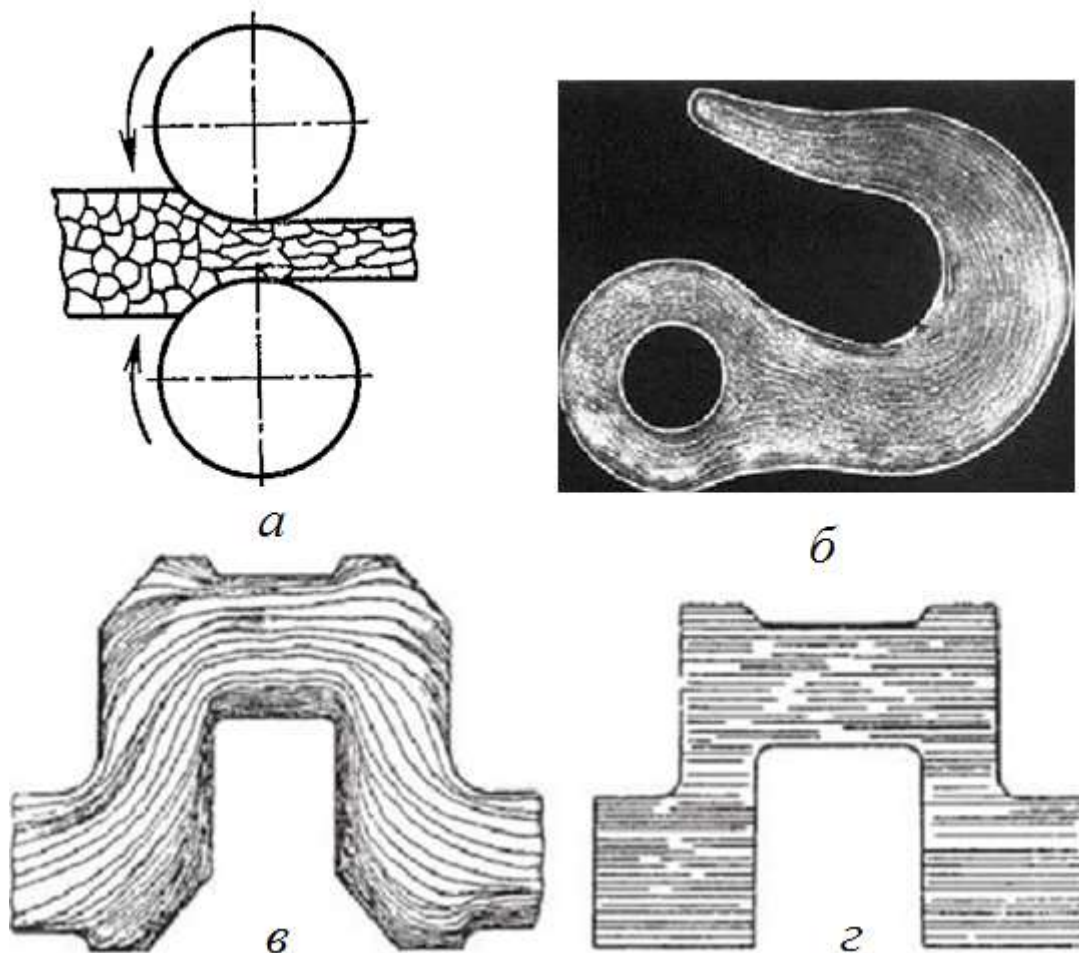


Рис. 2. Макроструктура деталей полученных:

а _____, б _____,
в _____, г _____

Определение неоднородности в структуре, созданной термической или химико-термической обработкой _____



Рис. 3. Макроструктура закаленной детали

Опишите макроструктуру сварных швов _____

Непровары _____

Прожог _____

Пористость _____

Трещины _____

Изучение изломов металла

Различают три вида разрушения _____

Для вязкого разрушения характерны _____

Для хрупкого разрушения характерны _____

Для усталостного разрушения характерны _____

3. Результаты работы.

Таблица 1 – Макроструктура деталей

Схема макроструктуры сварных соединений	Описание макроструктуры
Образец №1 	

Схема макроструктуры сварных соединений	Описание макроструктуры
 <p>Образец №2</p>	

Таблица 2 – Макроструктура изломов деталей

Схема макроструктуры излома	Описание макроструктуры
Образец №1	
Образец №2	

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы

1. Что такое макроанализ?
2. Что такое макрошлиф? Как производится подготовка образцов?
3. Что можно выявить макроструктурным анализом?
4. Перечислите признаки хрупкого и вязкого разрушения на примере изломов.
5. Опишите механизм усталостного разрушения и назовите зоны этого разрушения.
6. Охарактеризуйте факторы, влияющие на переход металлов из вязкого состояния в хрупкое.
7. Объясните сущность ликвации.
8. Что такое красноломкость и хладноломкость?
9. Объясните сущность образования волокнистого строения металла в процессе пластического деформирования.
10. Приведите примеры рационального расположения волокон металла в зависимости от способа изготовления детали.
11. Перечислите дефекты сварных швов.
12. Назовите основные зоны стального слитка и дайте их характеристику.
13. Охарактеризуйте возможные дефекты отливок.

1. Цель работы _____

Металлографический анализ _____

Перечислить и охарактеризовать этапы приготовления микрошлифа _____

11

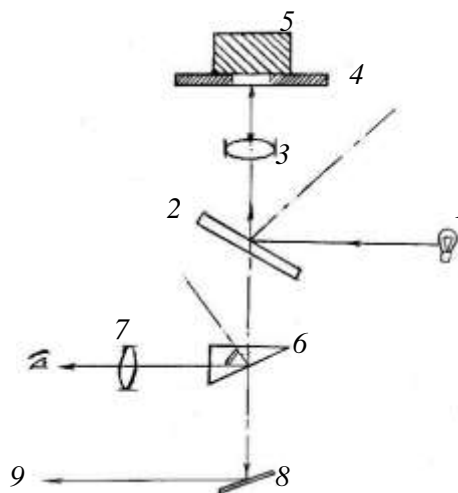


Рис. 1. Схема
видимости структурных
составляющих под
микроскопом (изобразить):

1 - _____
2 - _____

Рис. 2. Схема хода лучей в
оптическом металлографическом
микроскопе:

1 - _____;
2 - _____;
3 - _____;
4 - _____;
5 - _____;
6 - _____;
7 - _____;
8 - _____;
9 - _____



Перечислить реактивы, применяемые для травления микрошлифов _____

Определение объемного содержания пор и измерение величины структурных составляющих _____

Цену деления E окулярной шкалы или сетки вычисляют по формуле (записать формулу) _____

где _____

3. Результаты работы.

1. Определить цену деления E окулярной шкалы:

$\alpha =$ _____

$T =$ _____

$A =$ _____

$E =$ _____

2. Изобразить микроструктуры шлифа после шлифования и травления.

Таблица 1 — Описание микроструктуры

№ п/п	Схема микроструктуры на микрошлифе		Реактив
	после полирования	после травления	
Образец 1			
Образец 2			

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы

1. Какие исследования можно провести под микроскопом на нетравленном шлифе?
2. Для каких металлов и сплавов рекомендуют электролитическое травление?
3. Порядок приготовления микрошлифов?
4. Назначение косого шлифа и способы его приготовления?
5. Какие шлифовальные и полировальные материалы применяют для приготовления шлифов?
6. Какие существуют методы выявления структуры на шлифе?
7. Какие виды микроскопического исследования применяются при исследовании структуры материалов?
8. Какие характеристики имеют объективные линзы?
9. Когда целесообразно применять поляризованный свет?
10. Что такое числовая апертура?
11. От чего зависит разрешение оптического микроскопа?

Лабораторная работа №4

Микроструктурный метод исследования металлов (микроанализ)

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Микроанализ позволяет определить: _____

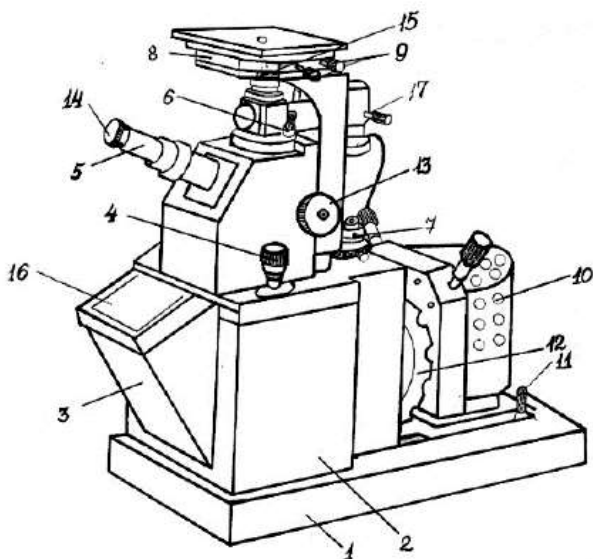
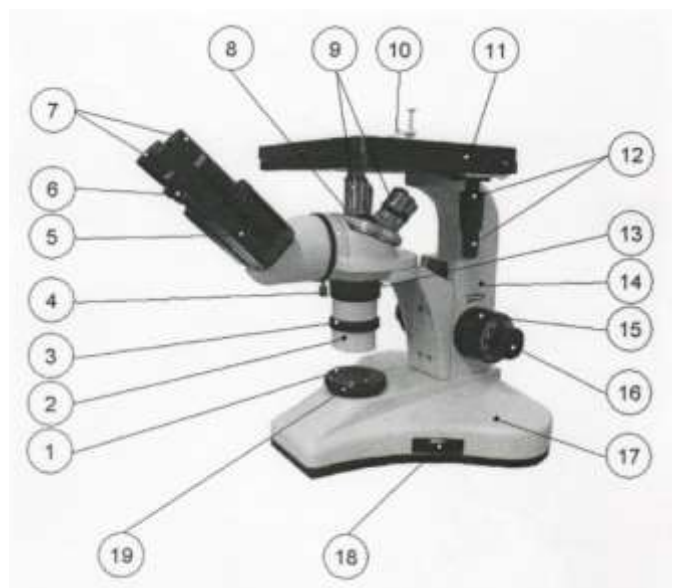


Рис. 1. Общий вид металлографического микроскопа МИМ-7:

- 1 - _____; 2 - _____;
- 3 - _____; 4 - _____;
- 5 - _____;
- 6 - _____;
- 7 - _____;
- 8 - _____;
- 9 - _____;
- 10 - _____; 11 - _____;
- 12 - _____;
- 13 - _____; 14 - _____;
- 15 - _____; 16 - _____.

Рис. 2. Общий вид металлографического микроскопа ВМ-1:

- 1 - _____; 2 - _____;
- 3 - _____; 4 - _____;
- 5 - _____;
- 6 - _____;
- 7 - _____;
- 8 - _____;
- 9 - _____;
- 10 - _____; 11 - _____;
- 12 - _____;
- 13 - _____; 14 - _____;
- 15 - _____; 16 - _____;
- 17 - _____; 18 - _____.



Объект-микрометр – _____

Окуляр-микрометр – _____

Перечислить неметаллические включения _____

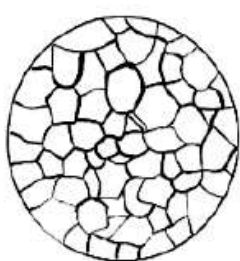
На микрошлифе после полирования изучают _____

На микрошлифе после травления изучают _____

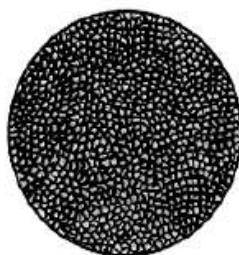
Описать зависимость величины зерна от механических свойств (по рисункам 9-10 в метод. указ.) _____

3. Результаты работы.

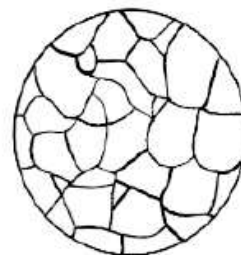
1. Определить величину зерна на рисунке



Зерна № _____



Зерна № _____



Зерна № _____

2. Определить общее увеличение микроскопа

$N_{\text{МИК}} =$

2. По рисунку 7 (в метод. указ.) определить цену деления окуляра-микрометра

$E =$

3. Определение величины зерна при помощи окуляра-микрометра (записать формулы и решение):

а) определение размера зерна в горизонтальном направлении:

$D_{гор} =$ _____, мм,

где... _____

б) определение размера зерна в вертикальном направлении:

$D_{вер} =$ _____, мм,

где... _____

в) определение среднего размера зерна:

$D_{ср} =$ _____, мм,

г) определение площади зерна:

$\Phi =$ _____, мм,

где... _____

д) определение стандартного номера (балла) зерна по таблице 2 (в метод. указ.):

соответствует _____ баллу.

3. Описать микроструктуры заданных образцов.

Таблица 1 – Описание микроструктуры

Схема микроструктуры	Строение сплава	Увеличение, крат.	Реактив

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы

1. Как определяется увеличение на оптическом металлографическом микроскопе?
2. Какие неметаллические включения типичны для стали?
3. Задачи макроскопического анализа.
4. Приготовление объекта исследования и правила обращения с ним.
5. Принцип работы металлографического микроскопа.
6. Укажите на микроскопе предметный столик и объясните его назначение.
7. Порядок настройки микроскопа на визуальное наблюдение.
8. Объясните, с какой целью осуществляется смена оптики.
9. Как определить увеличение микроскопа?
10. Цель и порядок определения цены деления окуляра-микрометра.
11. Как определить размер зерна стали окуляром-микрометром?

Лабораторная работа №5
Определение критических точек и построение диаграмм состояния
двойных сплавов

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Определения терминов:

сплав – _____

фаза – _____

критические точки – _____

термическая кривая охлаждения – _____

диаграмма состояния – _____

Схема установки для исследования металлов термическим методом:

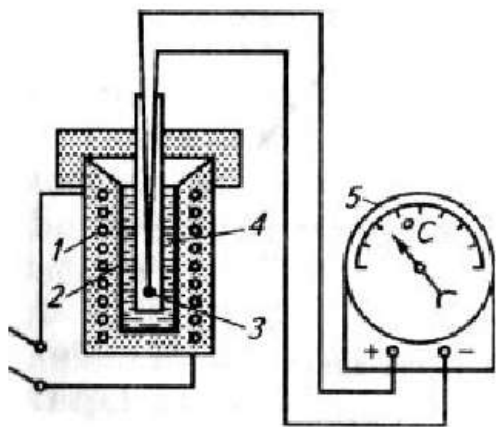


Рис. 1. Схема установки для исследования металлов термическим методом:

1 – _____;

2 – _____;

3 – _____;

4 – _____;

5 – _____.

Опишите методику построения кривых охлаждения _____

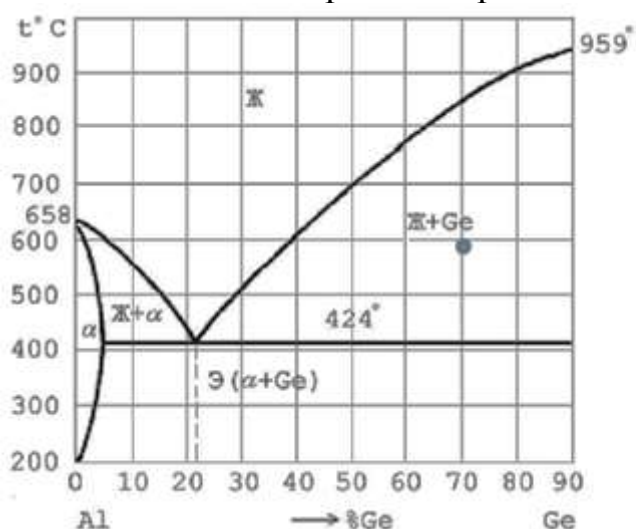
Перечислите и изобразите четыре типа диаграмм состояния двойных сплавов _____

Рис. 2. Типы диаграмм состояния двойных сплавов (изобразить)

Опишите методику построения диаграмм состояния двойных сплавов _____

3. Результаты работы.

1. По диаграмме состояния системы алюминий – германий (рис. 2) определите количественное соотношение фаз в середине температурного интервала первичной кристаллизации (заданная точка на диаграмме) сплава с содержанием 60% Ge и 40%Al с помощью правила отрезков.



твердая фаза (Ge) $Q_{\beta} = \frac{ak}{av} \cdot 100\% =$

жидкая фаза (Ж) $Q_{\text{ж}} = \frac{vk}{av} \cdot 100\% =$

$ak = \dots - \dots = \dots;$

$vk = \dots - \dots = \dots;$

$av = \dots + \dots = \dots$

Рис. 3. Диаграмма состояния системы Al – Ge

2. Построить диаграмму кривую охлаждения заданного сплава (ПОС60, ПОС40 или др.).

Таблица 1 – Данные для построения кривой охлаждения заданного сплава

Сплав	Температурный интервал, T°С	Время охлаждения, τ, с	Сплав	Температурный интервал, T°С	Время охлаждения, τ, с
1	2	3	1	2	3

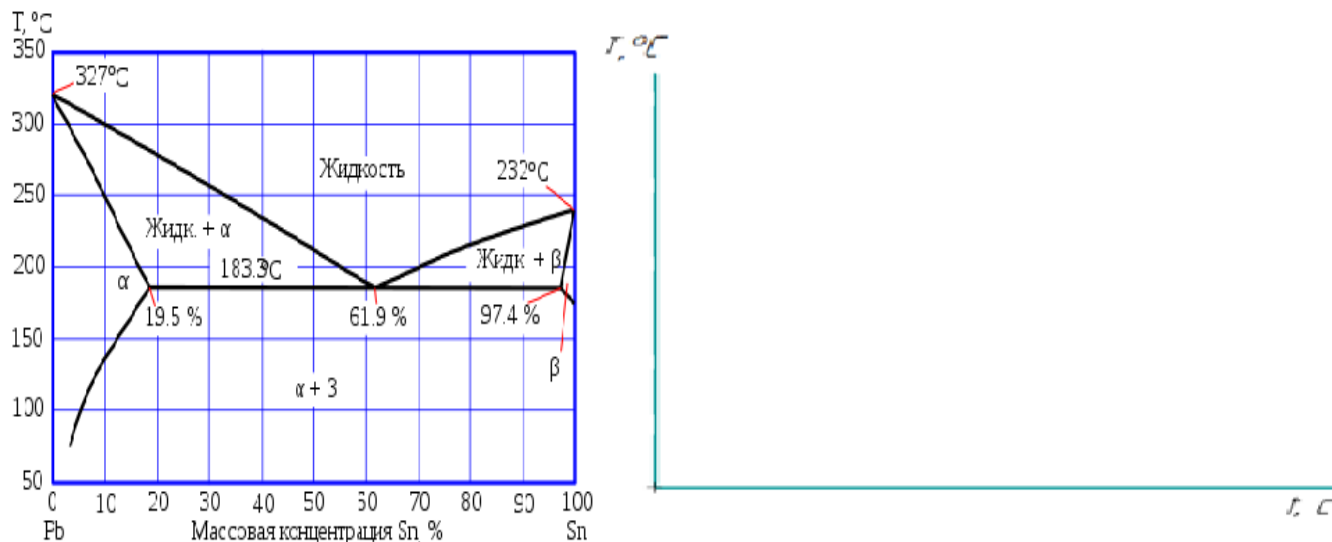


Рис. 3. Кривая охлаждения заданного сплава (построить)

3. По построенной кривой охлаждения определить заданный сплав_____

4. По варианту (выдается преподавателем) из таблицы 2 или 3, постройте диаграмму состояния и обозначьте фазовый состав областей и структуры сплавов. По полученной диаграмме постройте кривые охлаждения сплавов заданных сплавов. Проанализировать зависимость свойств двойных сплавов от их состава

Таблица 2 – Варианты отсчётов температур для диаграммы серебро-медь

№ п/п	100% Ag	5% Cu 95% Ag	14,1% Cu 85,9% Ag	20% Cu 80% Ag	39,9% Cu 60,1% Ag	80% Cu 20% Ag	95% Cu 5% Ag	97,5% Cu 2,5% Ag	100% Cu
1	960	850	870	815	815	950	1020	1070	1083
2	960	838	860	779	796	929	1000	1068	1083
3	960	825	850	779	779	908	980	1060	1083
4	960	812	839	779	779	885	960	1055	1083
5	960	799	829	799	779	864	940	1050	1083
6	960	786	819	779	779	842	920	1045	1083
7	960	772	809	779	779	826	900	1040	1083

Таблица 3 – Варианты отсчётов температур для диаграммы олово-цинк

№п/п	100% Sn	100% Zn	4% Sn 96% Zn	9% Sn 91% Zn	20% Sn 80% Zn	50% Sn 50% Zn
1	232	418	203	200	246	331
2	232	418	200	200	235	322
3	232	418	200	200	223	313
4	232	418	200	200	212	303
5	232	418	200	200	200	294
6	232	418	200	200	200	285
7	232	418	200	200	200	276

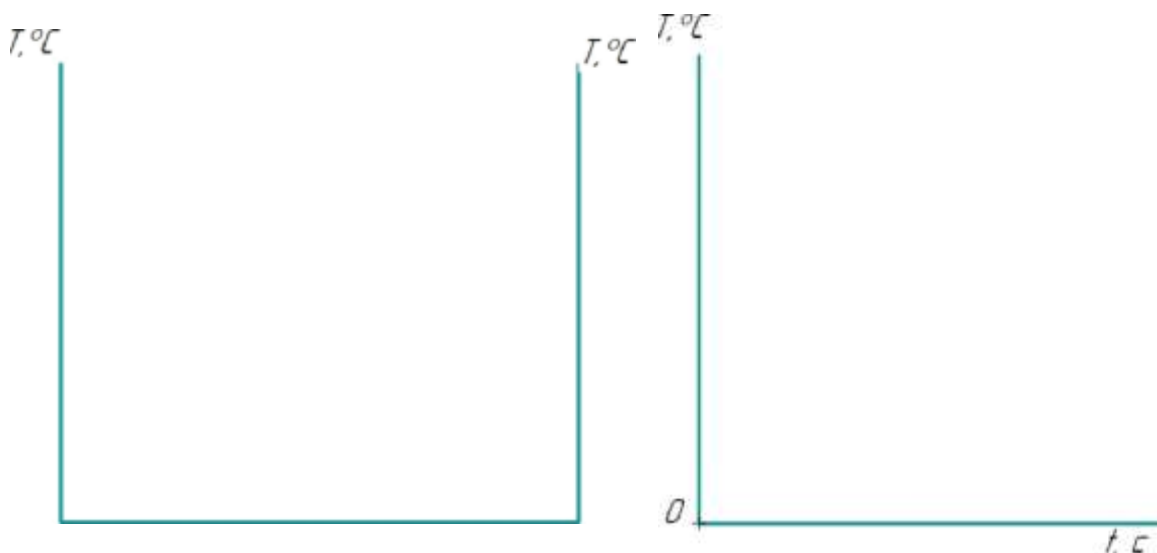


Рис. 4. Диаграмма состояния и кривые охлаждения сплавов

5. Проанализировать зависимость свойств двойных сплавов полученной диаграммы от их состава (правило Курнакова)_____

Выводы по работе:_____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Описать сущность термического метода.
2. Дать определение критическим точкам.
3. Как работает установка для определения критических точек?
4. Дать определения линиям ликвидус, солидус, эвтектического превращения.
6. Что такое твердые растворы, механические смеси, химические соединения?
7. Перечислить типы диаграмм состояния двойных сплавов.
8. Применение и назначение правила Гиббса.
9. Применения и назначения правила отрезков.
10. Какая связь между свойствами сплавов и диаграммами состояния сплавов?

1. Цель работы_____

Охарактеризовать фазы и структуры железоуглеродистых сплавов и их свойства.



22

При $t = 1260^{\circ}\text{C}$ _____

При $t = 1147^{\circ}\text{C}$ _____

При $t = 911^{\circ}\text{C}$ _____

При $t = 727^{\circ}\text{C}$ _____

Классификация железоуглеродистых сталей:

Техническое железо – _____

	Интервал существования	Структура
однофазное		
двухфазное		

Стали – _____

	Интервал существования	Структура
доэвтектоидные		
эвтектоидная		
заэвтектоидные		

Чугуны – _____

	Интервал существования	Структура
доэвтекктические		
эвтекктический		
заэвтекктические		

3. Результаты работы.

1. Построить кривые охлаждения двух заданных сплавов и дать описание процессов превращений с применением правил фаз (вариант выбирается по номеру в списке группы).

Таблица 1- Варианты для построения кривых охлаждения

№ вар.	Содержа ние углерода		№ вар.	Содержа ние углерода		№ вар.	Содержа ние углерода		№ вар.	Содержа ние углерода		№ вар.	Содержа ние углерода	
1	0,1	2,2	8	0,2	2,3	15	0,3	2,4	22	0,4	2,5	29	0,75	5,0
2	0,5	2,6	9	0,6	2,7	16	0,7	2,8	23	0,8	2,9	30	0,85	5,1
3	0,9	3,0	10	1,0	3,1	17	1,1	3,2	24	1,2	3,3	31	0,95	5,2
4	1,3	3,4	11	1,4	3,5	18	1,5	3,6	25	1,6	3,7	32	1,05	5,3
5	1,7	3,8	12	1,8	3,9	19	1,9	4,0	26	2,0	4,1	33	2,1	3,3
6	2,1	4,2	13	2,14	4,3	20	0,15	4,4	27	0,25	4,5	34	1,4	4,3
7	0,35	4,6	14	0,45	4,7	21	0,55	4,8	28	0,65	4,9	35	0,7	4,9

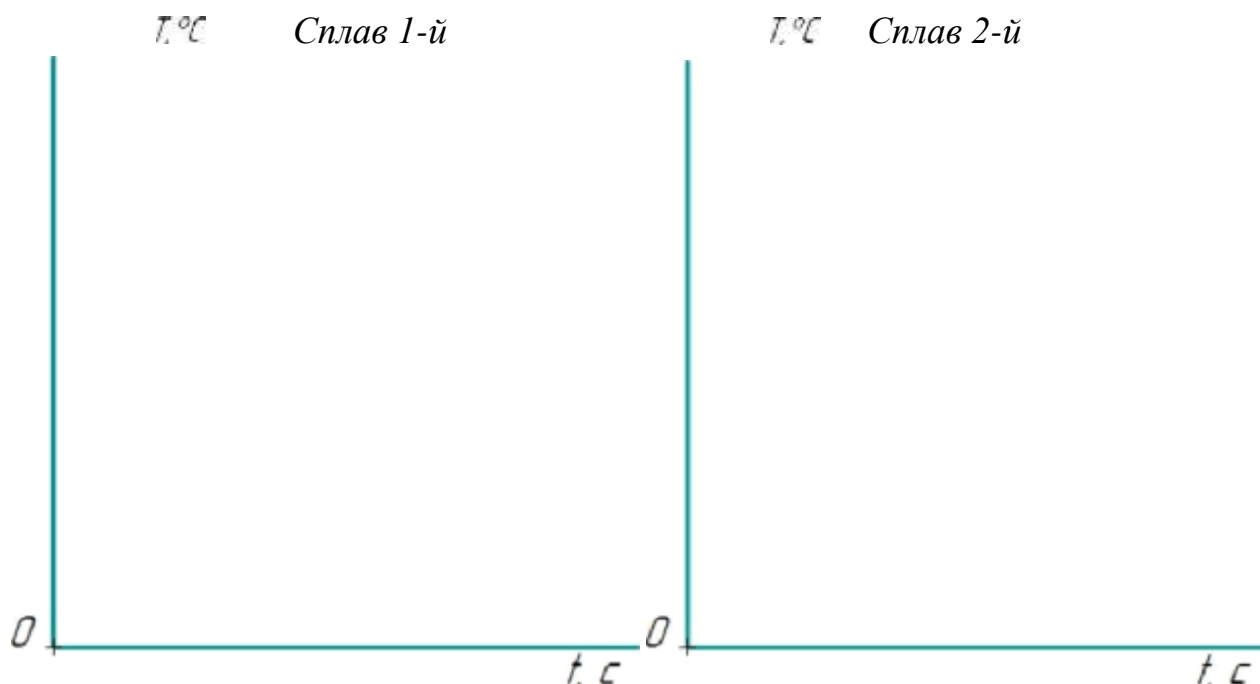


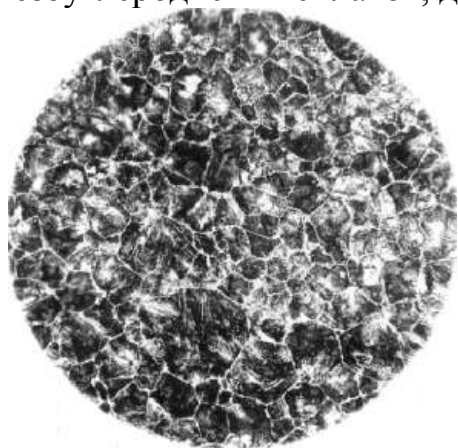
Рис. 2. Кривые охлаждения заданных сплавов

2. Описать превращения при кристаллизации заданных сплавов:

1-ый сплав _____

2-ый сплав _____

3. Описать микроструктуры заданных образцов микрошлифов железоуглеродистых сплавов, данные внести в таблицу 2.



1. Структура – цементит+перлит
(цементит белая сетка)

2. Химический состав – 1,2% углерода,
остальное Fe

3. Марка сплава – Сталь У12

4. Увеличение микроскопа – ×150.

Рис.3. Пример описания микроструктуры.
Таблица 2 – Описание заданной микроструктуры

Схема микроструктуры	Описание микроструктуры
	1. Структура – _____ 2. Химический состав – _____ 3. Марка сплава – _____ 4. Увеличение микроскопа – _____.
	1. Структура – _____ 2. Химический состав – _____ 3. Марка сплава – _____ 4. Увеличение микроскопа – _____.
	1. Структура – _____ 2. Химический состав – _____ 3. Марка сплава – _____ 4. Увеличение микроскопа – _____.

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Что такое феррит, аустенит, цементит, графит, перлит и ледебурит (дайте определение перечисленных фаз, укажите максимальную растворимость углерода, тип кристаллической решётки, свойства)?

2. Что такое перлит и ледебурит (дайте определение перечисленных фаз, укажите максимальную растворимость углерода, свойства)?

3. Укажите различие между α -железо и γ -железо?

4. Укажите линии начала и конца первичной кристаллизации.

5. Как и почему меняется твердость сплавов по мере увеличения концентрации углерода?

6. Отличительны признаки стали от чугунов.

Лабораторная работа №7

Изучение микроструктуры и свойств углеродистых сталей в равновесном состоянии

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Охарактеризовать структуру и структурные составляющие углеродистой стали

Описать механические свойства структурных составляющих углеродистой стали _____

Влияние углерода на механические свойства стали углеродистых сталей _____

Рис. 1. Влияние углерода на механические свойства стали

Расшифровать марочный состав сталей (указать качество, назначение, содержание углерода, степень раскисления, применение):

Сталь ВСт4кп _____

Сталь 25пс _____

Сталь У12 _____

Сталь У8А _____

3. Результаты работы.

1. Изучить микрошлифы углеродистых сталей на микроскопе и заполнить таблицу 1.

Таблица 1 – Микроструктуры сталей

Наименование сплава	Рисунок и описание микроструктуры	Содержание углерода, %	Характеристика сплава и его применение	Механические свойства		
				HV , МПа	σ_B , МПа	δ , %
1	2	3	4	5	6	7

1	2	3	4	5	6	7

2. Расшифровать (по заданию преподавателя) марочный состав легированных сталей: _____

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Приведите классификацию сталей по содержанию углерода. Укажите структуру сталей, содержащих различное количество углерода.
2. Как меняются механические свойства стали с увеличением содержания в ней углерода?
3. Укажите максимальную концентрацию углерода в конструкционных и инструментальных сталях.
4. Напишите обозначение (марку) стали обыкновенного качества любого номера, поставляемой с гарантированными механическими свойствами, кипящей, третьей категории.
5. Укажите содержание серы, фосфора в сталях обыкновенного качества, качественных.
6. Причина снижения σ_b и $\sigma_{0.2}$ при содержании углерода более 1%.
7. Методика определения количества углерода в доэвтектоидных сталях.

Лабораторная работа №8
Изучение микроструктуры и свойств чугунов

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Описать процесс образования структуры белого чугуна с определенным составом, описать свойства и указать область применения белых чугунов _____

Указать химический состав и описать процесс образования структуры серых чугунов, назвать их механические свойства и область применения _____

Объяснить способ получения и указать химический состав высокопрочных чугунов, назвать их свойства и область применения _____

Описать способ получения ковких чугунов, начертить график отжига. Объяснить формирование структуры ковкого чугуна с определенной металлической основой. Указать химический состав, свойства и область применения ковких чугунов _____



Рис. 1. График отжига ковкого чугуна (изобразить)

Расшифровать марки чугунов, назвать их механические свойства и область применения:

Чугун СЧ25 _____

Чугун ВЧ50 _____

Чугун КЧ35-6 _____

3. Результаты работы.

1. Изучить микрошлифы чугунов на микроскопе и заполнить таблицу 1.

Таблица 1 – Микроструктуры чугунов

Наименование и маркировка	Механические свойства			Рисунок и описание микроструктуры	Свойства и применение сплава
	σ_B , МПа	δ , %	$HВ$, МПа		
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Укажите основное отличие чугунов от сталей.
2. В каком состоянии может находиться углерод в чугунах? Какие формы графита существуют в чугунах?
3. Укажите влияние графита на механические свойства чугуна.
4. Какие элементы влияют на условия графитизации? Какое влияние оказывает углерод на качество чугуна?
5. Какое влияние оказывают примеси на качество чугуна, такие как Si, Mn, P, S, Cr?
6. Влияние металлической структуры матрицы на твердость, прочность, износостойкость серого чугуна
7. Что из себя представляет половинчатый чугун?
8. Напишите обозначение (марку) ковкого чугуна, имеющего предел прочности при растяжении 330 МПа и относительное удлинение при растяжении 6%.
9. Напишите обозначение (марку) высокопрочного чугуна, имеющего предел прочности при растяжении 600 МПа.

Лабораторная работа №9
Термическая обработка углеродистых сталей

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Изобразить температурные области нагрева углеродистых сталей для различных видов термической обработки на диаграмме Fe-Fe₃C.

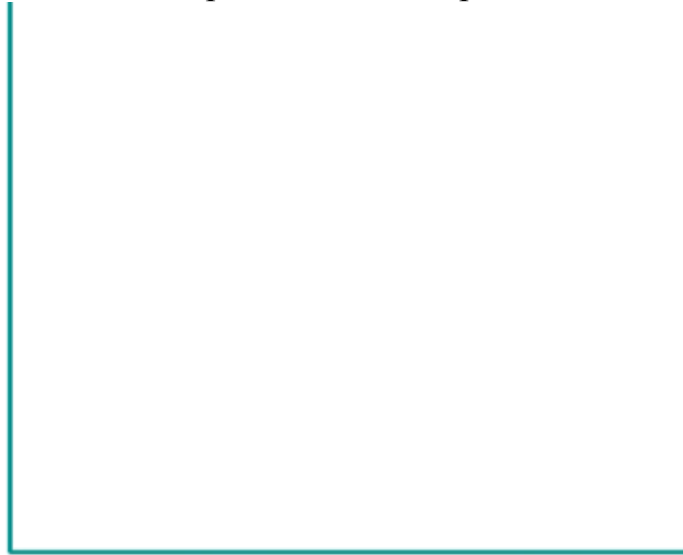


Рис. 1. Стальной участок диаграммы состояния Fe-Fe₃C с температурными интервалами под термическую обработку (изобразить)

Дать краткую характеристику отжигу _____

Дать краткую характеристику нормализации _____

Дать краткую характеристику закалке _____

Дать краткую характеристику видам отпуска:

1. _____

2. _____
3. _____

3. Результаты работы.

1. Заполнить таблицу режимов термообработки и полученных результатов измерений.

Таблица 1 – Зависимость твердость от охлаждающей среды

Охлаждающая среда	Твердость до закалки	Твердость после закалки	Микроструктура
Вода			
Масло			
Воздух			

2. Построить график зависимости влияния скорости охлаждения (закалочной среды) на твердость стали:

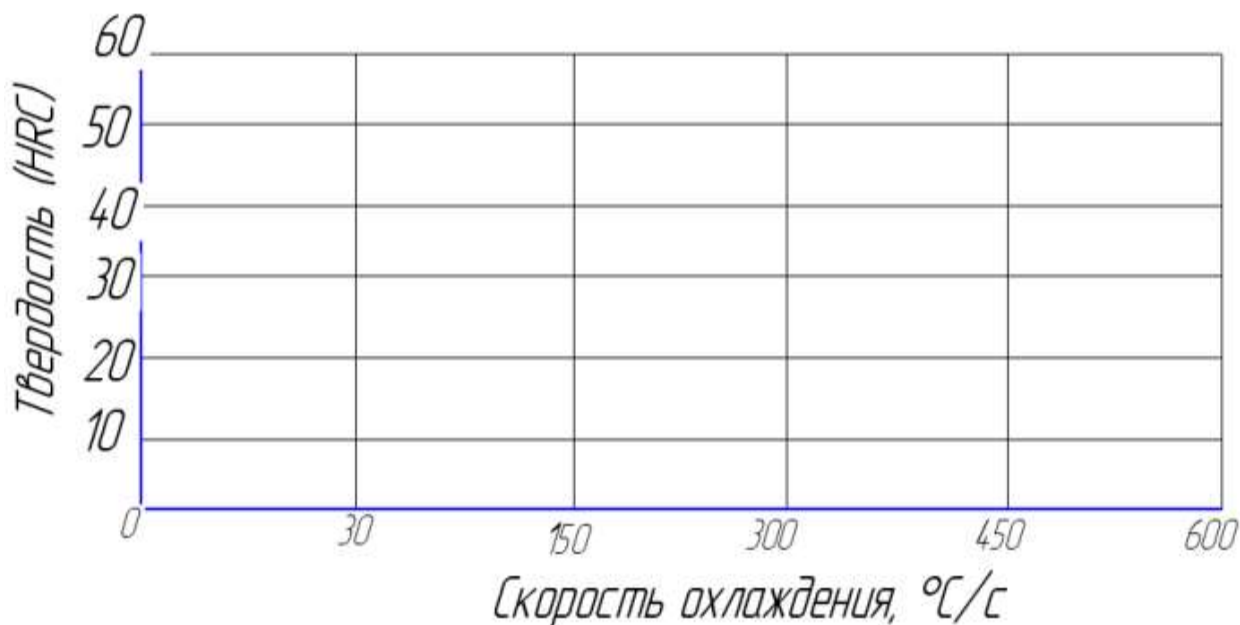


Рис. 2. График зависимости твердости от скорости охлаждения

3. Объяснить полученные результаты зависимости твердости от скорости охлаждения: _____

4. Заполнить в таблице режим термообработки заданных сталей и записать получаемые микроструктуры.

Таблица 2 – Примеры марок сталей и видов термообработок

Марка стали	Виды термической обработки	Температура нагрева, °C	Охлаждающая среда	Твердость		Микроструктуры
				HRC	HB, МПа	
сталь У12	отжиг				2200	
	нормализация				2410	
	закалка			62		
	низкий отпуск			62		
	средний отпуск			52		
	высокий отпуск			32		
сталь 20	отжиг				1900	
	нормализация				2010	
	закалка			24		
	низкий отпуск			20		
	средний отпуск			18		
	высокий отпуск			16		

5. Построить график зависимости твердости HB заданных сталей в таблице 2 от вида термообработки.

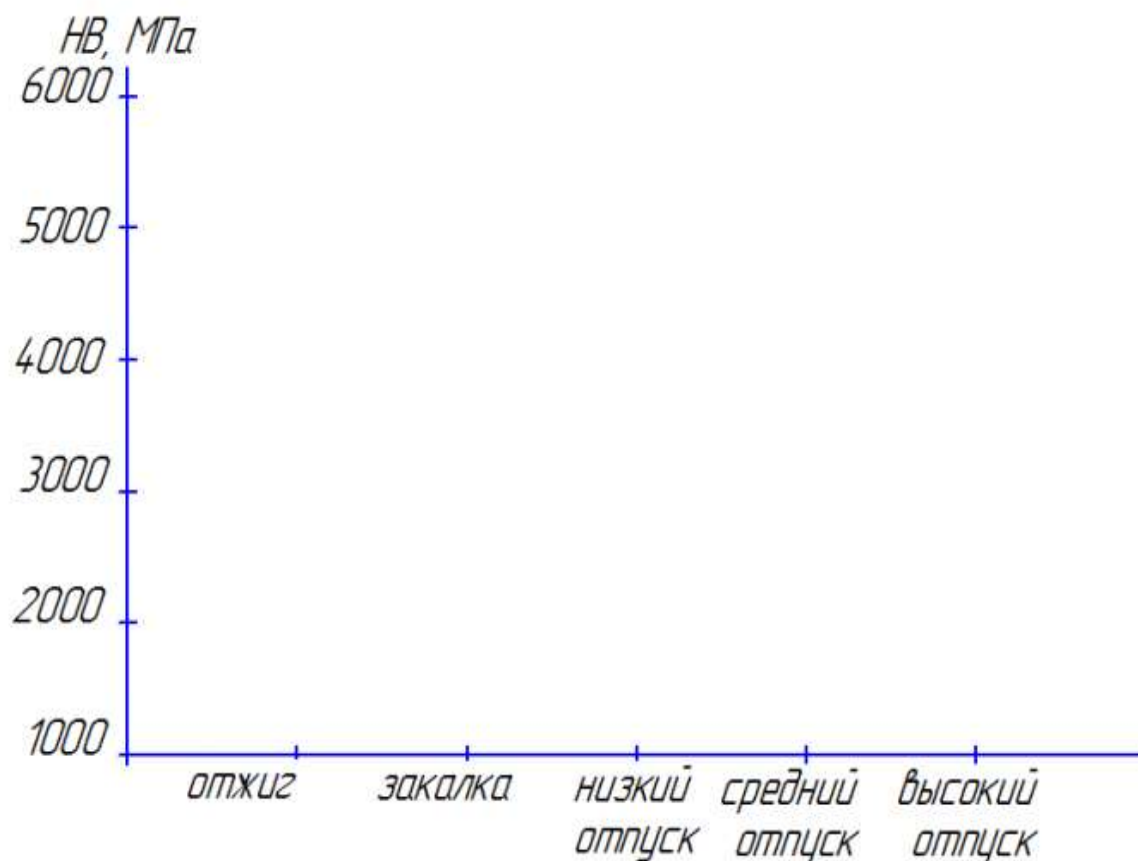


Рис. 3. График зависимости твердости вида термообработки

6. Объяснить полученные результаты зависимости твердости от вида термообработки и марки стали:_____

Выводы по работе:_____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Сущность термической обработки сталей.
2. Какие критические линии обозначают A_1 и A_3 ? Укажите превращения, происходящие при этих температурах.
3. Охарактеризовать все виды термической обработки (отжиг, нормализация, закалка, отпуск).
4. Определить параметры термической обработки для закалки, отпуска (температуру нагрева, время выдержки, способ охлаждения) для стали 40 и У10.
5. Какие структуры получают после всех видов термической обработки.
6. Как изменяются механические свойства после термической обработки (закалка, нормализация, отпуск, отжиг).
7. Дать определение мартенситу, трооститу, сорбиту

Лабораторная работа №10
Химико-термическая обработка стали

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Химико-термическая обработка состоит в _____

Повышает такие свойства, как _____

Различают три основные стадии химико-термического процесса:

- ❖ _____
- ❖ _____
- ❖ _____

Цементация (определение, цель) _____

Технология цементации _____

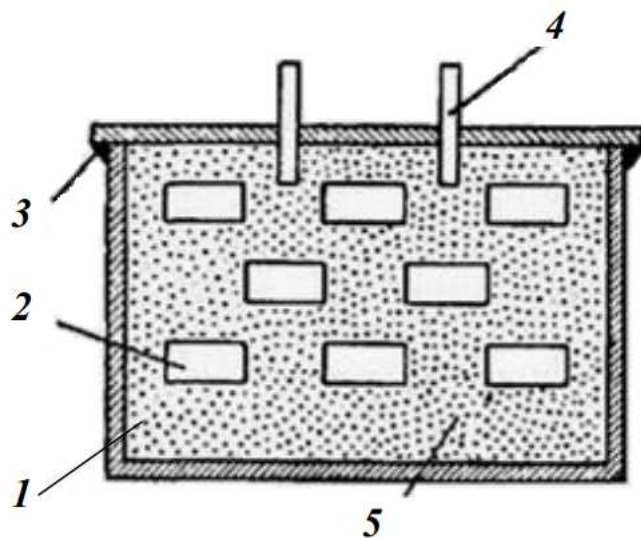
Цементация в твердом карбюризаторе (технология, химические процессы) _____

После цементации детали необходимо подвергать термической обработке – это _____ и _____.

Первая закалка _____

Вторая закалка _____

Низкий отпуск _____



1 _____, 2 _____,
 3 _____, 4 _____,
 5 _____

Рис. 1. Схема расположения деталей в цементационном ящике

Структура цементованной детали после окончательной термообработки состоит: _____

Газовая цементация (технология, преимущество) _____

Азотирование (определение, цель, преимущества, недостатки) _____

Технология азотирования _____

Цианирование (определение, цель, технология, преимущество и недостатки) _____

3. Результаты работы.

1. Построить график режима двойной закалки деталей после цементации

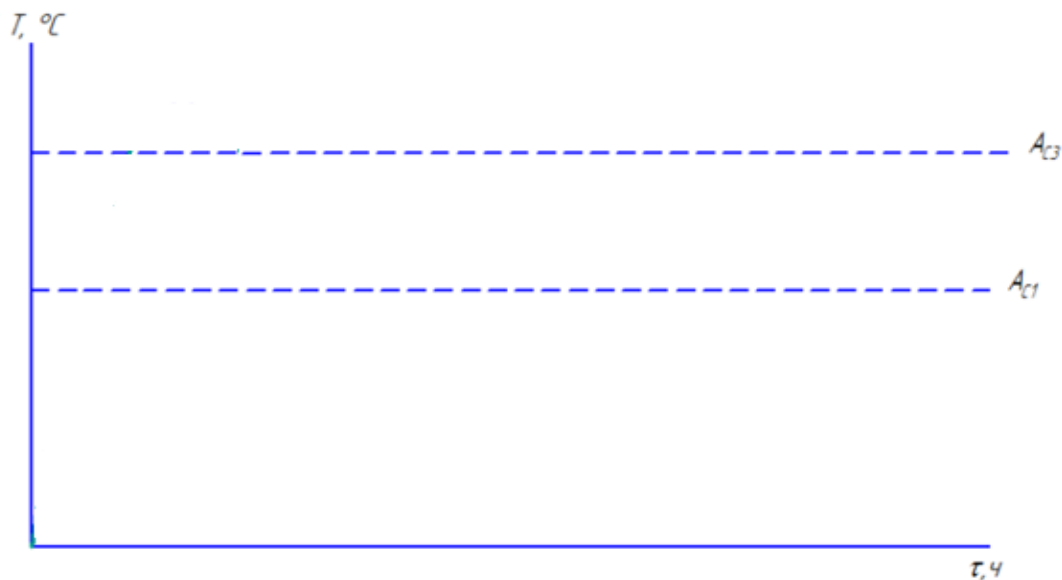


Рис. 2. Графическое изображение режима двойной закалки деталей после цементации

2. Изучить микрошлифы деталей, подвергнутых химико-термической обработке, зарисовать и описать микроструктуры.

Таблица 1 – Микроструктура деталей, подвергнутых химико-термической обработке

Структура стали после цементации	Фазовые составляющие и их свойства
1	2
<i>Пример описания микроструктуры после цементации</i>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заэвтектоидная зона (перлит и цементит вторичный). 2. Эвтектоидная зона (перлит) 3. Доэвтектоидная зона (перлит и феррит) 4. Переходная зона, состоящая из 50% перлита и 50% феррита

1	2

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. В чем сущность цементации стали и для чего ее применяют?
2. В основном, какие стали подвергаются цементации?
3. Какие существуют способы цементации?
4. Какова технология цементации в твердом карбюризаторе?
5. В чем принципиальное отличие цементации в твердом карбюризаторе и газовой цементации?
6. Укажите режим термической обработки после цементации.
7. Что такое азотирование и почему оно необходимо?
8. Какие стали подвергают азотированию?
9. Укажите место азотирования в технологическом процессе упрочнения деталей.
10. Что такое цианирование и с какой целью его применяют?

Лабораторная работа №11

Микроанализ термически обработанных деталей сельскохозяйственных машин

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

По справочной литературе описать условия работы деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин:

валы и пальцы _____

шатунны _____

шестерни _____

пружины и рессоры _____

подшипники качения _____

траки гусениц _____

ножи косилок _____

молотки кормодробилок _____

Указать материалы, рекомендуемые для изготовления этих деталей _____

Описать методы, применяемые для поверхностного упрочнения деталей _____

3. Результаты работы.

1. Провести микроанализ подшипников качения и заполнить таблицу 1

Таблица 1 – Сведения о подшипниках качения

Условия работы	
Требования, предъявляемые к материалам подшипников	
Схема микроструктуры	
Особенности структур	

2. Провести микроанализ заданных деталей и заполнить таблицу 2

Таблица 2 – Микроструктура деталей сельскохозяйственных

Показатель микроструктуры	Образец 1	Образец 1	Образец 1
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Наименование детали			
Марка материала			
Химический состав			
Схема микроструктуры			

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Структурные составляющие			
Условия работы			
Упрочняющая обработка			
Твердость после обработки			

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Какие стали применяются для деталей сельскохозяйственных машин?
2. Какими свойствами обладают детали, изготовленные из низкоуглеродистых сталей?
3. Какими свойствами обладают детали, изготовленные из среднеуглеродистых сталей?
4. Какими свойствами обладают детали, изготовленные из легированных сталей?
5. Какие виды термической обработки применяются для деталей сельскохозяйственных машин?

Лабораторная работа №12
Изучение микроструктуры и свойств цветных металлов и сплавов

1. Цель работы _____

2. Краткие теоретические сведения.

Обозначения легирующих элементов в медных сплавах _____



Рис. 1. Зависимость механических свойств латуни от содержания цинка (изобразить)

Латуни литейные и деформируемые, пример маркировки. Влияние содержания цинка на свойства латуней _____

Расшифруйте марочный состав латуней:

ЛКС80-3-3 _____

ЛЦ38Мц2С2 _____

Бронзы литейные и деформируемые, пример маркировки. Влияние содержания олова на свойства бронзы _____



Рис. 2. Зависимость механических свойств оловянной бронзы от содержания олова (изобразить)

Расшифруйте марочный состав бронз:

БрОЦС-5-5-5 _____

БрА10ЖЗМц2 _____

Литейные алюминиевые сплавы, пример маркировки. Влияние на свойства модифицированием. _____

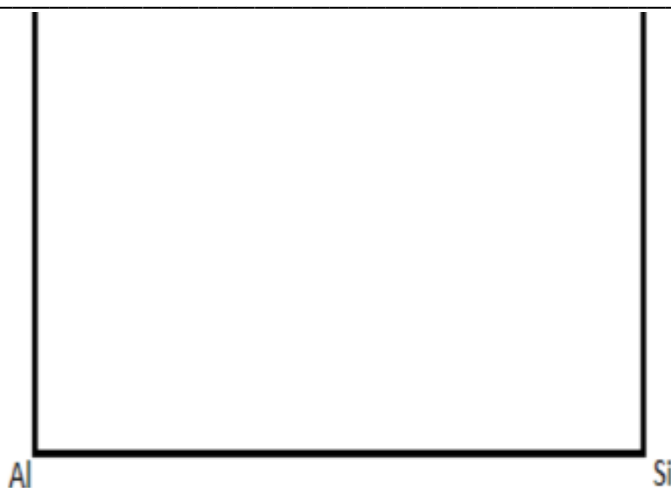


Рис. 4. Зависимость механических свойств немодифицированного и модифицированного силумина от концентрации кремния (изобразить)

Расшифруйте марочный состав литейных алюминиевых сплавов:

АЛ6 _____

АЛ13 _____

Деформируемые алюминиевые сплавы, не упрочняемые термообработкой (привести примеры маркировки, указать основные легирующие элементы и

применение) _____

Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термообработкой
(привести примеры маркировки, указать основные легирующие элементы и применение) _____

Сплавы для подшипников скольжения (антифрикционные материалы):

а) материалы _____

б) условия работы: _____

в) требования, предъявляемые к антифрикционным сплавам: _____

г) особенности микроструктуры _____

3. Результаты работы.

1. По заданным образцам определить вид и марку сплава, результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1 – Микроструктура цветных и антифрикционных сплавов

Деталь и марка сплава	Хим. Состав сплава, %	Схема микроструктуры	Условия работы детали, свойства и применение
1	2	3	4

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4

Выводы по работе: _____

Дата _____ Подпись студента _____

Отметка о сдаче _____ Подпись преподавателя _____

Для заметок

4. Контрольные вопросы.

1. Назовите цветные металлы и приведите области их применения
2. Какие известны сплавы на основе меди?
3. Где применяются латуни, бронзы?
4. Как маркируются латуни и бронзы?
5. Какие существуют сплавы на основе алюминия?
6. Что происходит в результате старения деформируемых алюминиевых сплавов?
7. Область применения дюралюминов.
8. Область использования силуминов.
9. Основные требования к антифрикционным сплавам. Что такое баббит?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Материаловедение и технология материалов* [Электронный ресурс]: учеб. пособие / под ред. А.И. Батышева и А.А. Смолькина. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 288 с. [ЭБС ИНФРА-М]
2. *Материаловедение: учебное пособие к лабораторным работам* /Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инж. ин-т; Сост.: Е.В. Агафонова, Т.В. Возженникова, Р.В., Конореев, Ю.Б. Куроедов. - Новосибирск, 2023. – 120 с.
3. *Материаловедение и технология металлов* [Электронный ресурс]: Учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифулин. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2021. - 397 с. [ЭБС ИНФРА-М]
4. *Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 1.* [Электронный ресурс]: Учебник / В.А. Горохов, Н.В. Беляков, А.Г. Схиртладзе; Под ред. В.А. Горохова. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2021. - 589 с. [ЭБС ИНФРА-М]
5. *Алексеев, Г.В.* Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Материаловедение»: учебное пособие / Г.В. Алексеев, И.И. Бриденко, С.А. Вологжанина. – СПб.: Лань, 2021. – 208 с.
6. *Шарая О.А.* Материаловедение: учебное пособие/ О.А. Шарая, А.Г. Минасян - Белгород: Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. – 101 с.
7. *Михальченков, А. М.* Материаловедение и технология конструкционных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А. М. Михальченков, И. В. Козарез, А. А. Тюрева. – Брянск: Брянский ГАУ, 2017. – 391 с. [Лань]
8. *Оськин В.А.* Материаловедение. Технология конструкционных материалов/ В.А. Оськин и др. Кн. 1 – М.: КолосС, 2008 – 447с.4.
9. *Волкова Н.А.* Материаловедение: лабораторный практикум/ Н.А. Волкова, А.В. Козырь, И.Ю. Бочкарева. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2008. – 84 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. Измерение твердости металлов.	3
Лабораторная работа №2. Макроскопический метод исследования металлов и сплавов.	7
Лабораторная работа №3. Изготовление микрошлифа и исследование его качества под микроскопом.	11
Лабораторная работа №4. Микроструктурный метод исследования металлов.	14
Лабораторная работа №5. Определение критических точек и построение диаграмм состояния двойных сплавов.	18
Лабораторная работа №6. Анализ диаграммы состояния сплавов системы «Fe-Fe ₃ C».	22
Лабораторная работа №7. Изучение микроструктуры и свойств углеродистых сталей в равновесном состоянии.	26
Лабораторная работа №8. Изучение микроструктуры и свойств чугунов.	29
Лабораторная работа №9. Термическая обработка углеродистых сталей.	32
Лабораторная работа №10. Химико-термическая обработка стали.	36
Лабораторная работа №11. Микроанализ термически обработанных деталей сельскохозяйственных машин.	40
Лабораторная работа №12. Микроанализ цветных металлов и сплавов.	44
Библиографический список.	47

Составители:

Агафонова Екатерина Васильевна
Возженникова Татьяна Викторовна
Конореев Роман Викторович

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Рабочая тетрадь для выполнения лабораторных работ

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка Е.В. Агафонова

Подписано в печать _____ 2023 г.
Формат 84*108/32. Объем 3,0 уч.-изд. Л
Тираж _____ экз. Изд. № _____. Заказ № _____

Отпечатано в мини-типографии Инженерного института 630039, г.
Новосибирск, ул. Никитина, 147, офис 225