

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ  
Инженерный институт  
Кафедра надёжности и ремонта машин

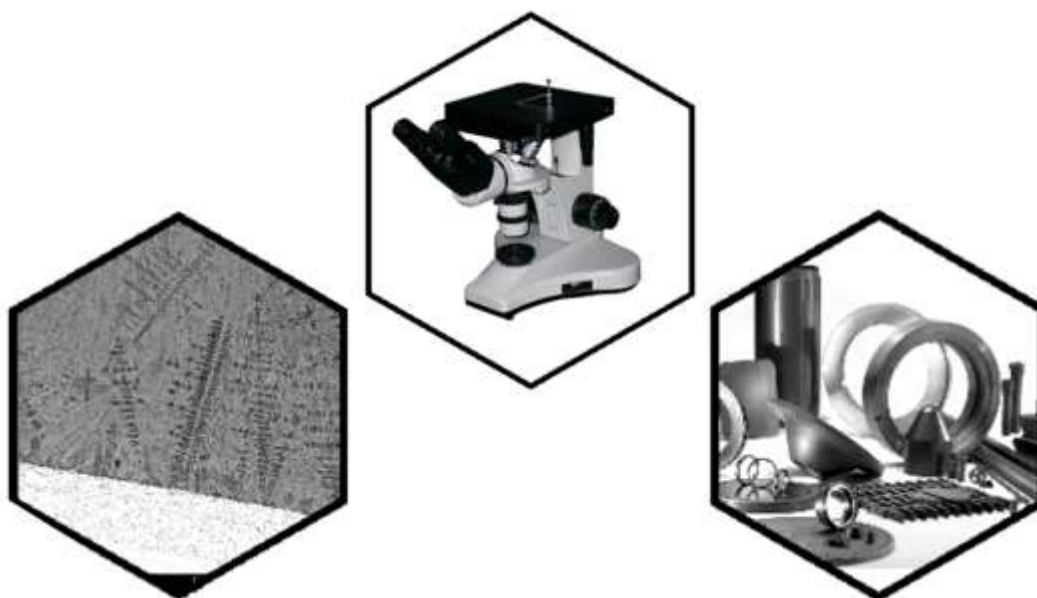
**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И  
ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**  
(для направления подготовки 44.003.04 Профессиональное обучение)

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 и технология конструкционных материалов:** 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. – 52 с.

В рабочей тетради представлены формы отчетов к лабораторным работам по дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов». 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 направлению подготовки Профессиональное обучение (по отраслям).

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

© Новосибирский государственный  
аграрный университет, 2023

© Инженерный институт, 2023

**Лабораторная работа №1**  
**Макроскопический метод исследования металлов и сплавов**

**1. Цель работы** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**2. Краткие теоретические сведения.**

Макроструктурный анализ – это \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

При помощи макроскопического анализа можно установить: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

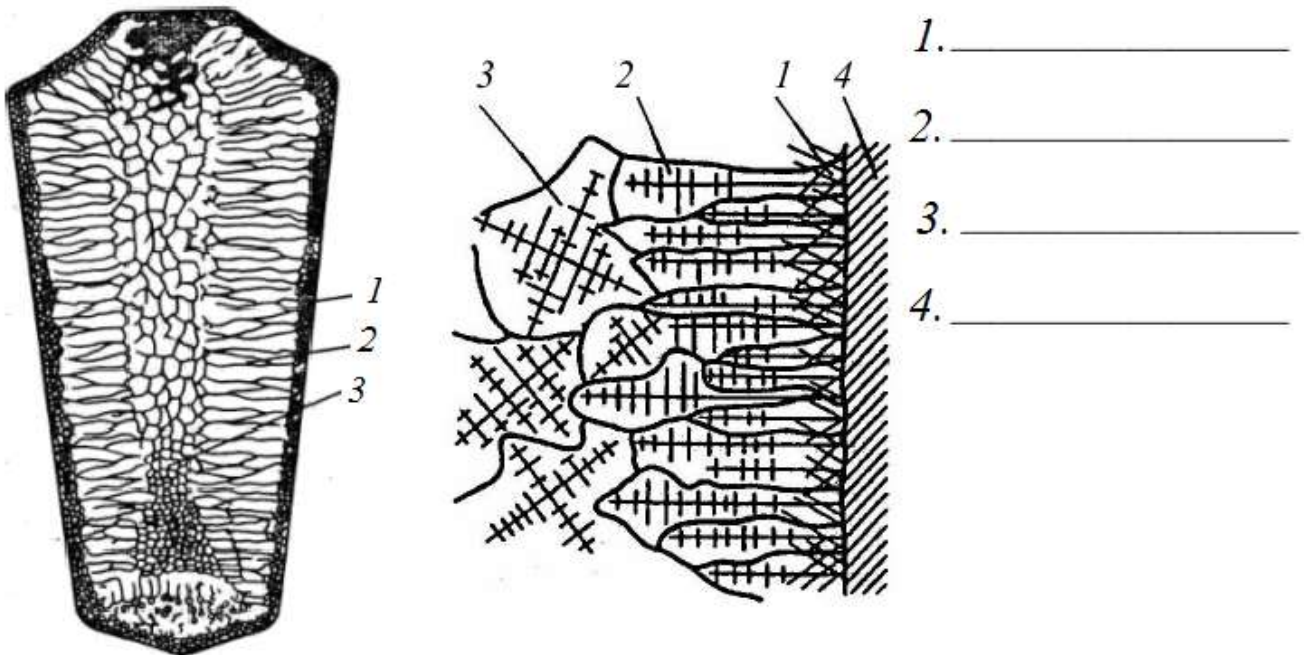
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Метод макрошлифов заключается в \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



*Рис. 1. Схема строения стального слитка*

Макрошлифом называется \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Опишите макроструктуру литой стали \_\_\_\_\_

Опишите макроструктуру деформированного металла \_\_\_\_\_

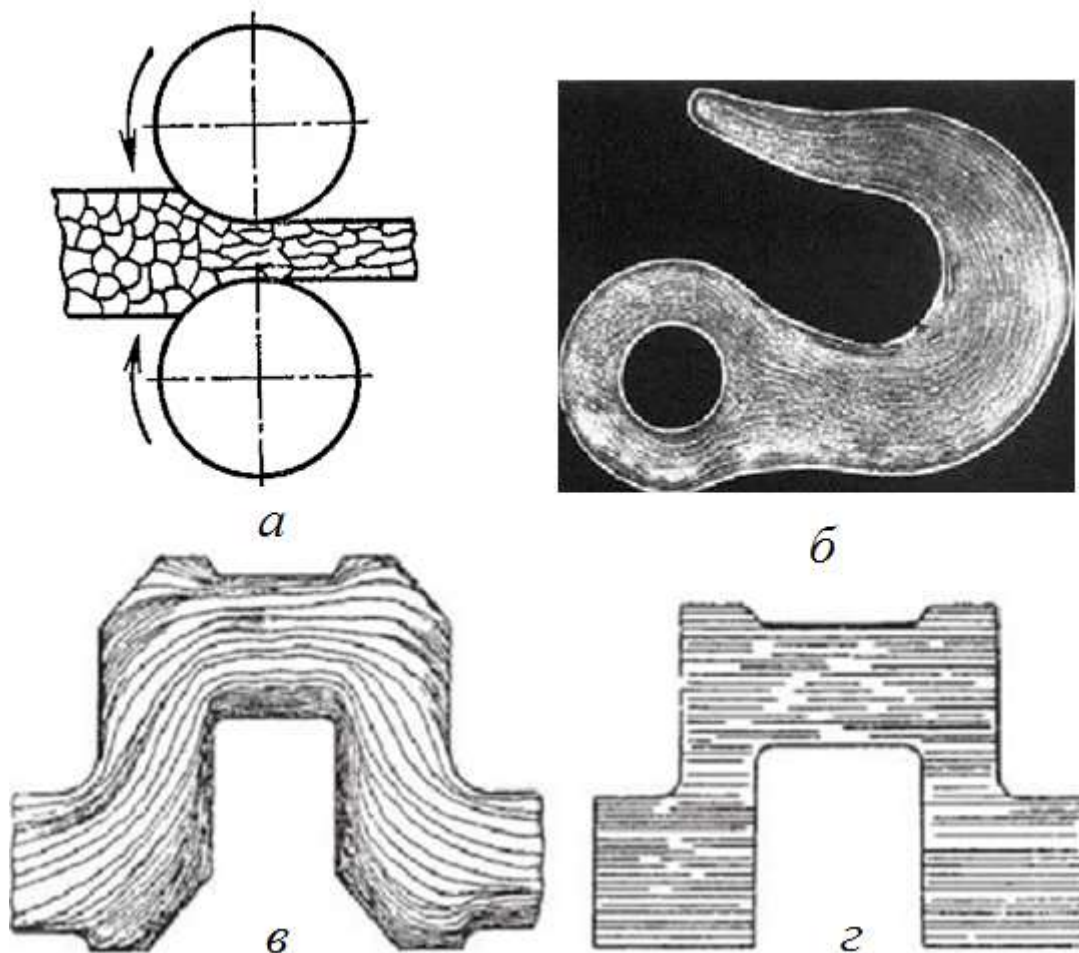


Рис. 2. Макроструктура деталей полученных:

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.

**Лабораторная работа №2**  
**Микроструктурный анализ металлов и сплавов**

**1. Цель работы** \_\_\_\_\_

**2. Краткие теоретические сведения.**

Микроанализ позволяет определить: \_\_\_\_\_

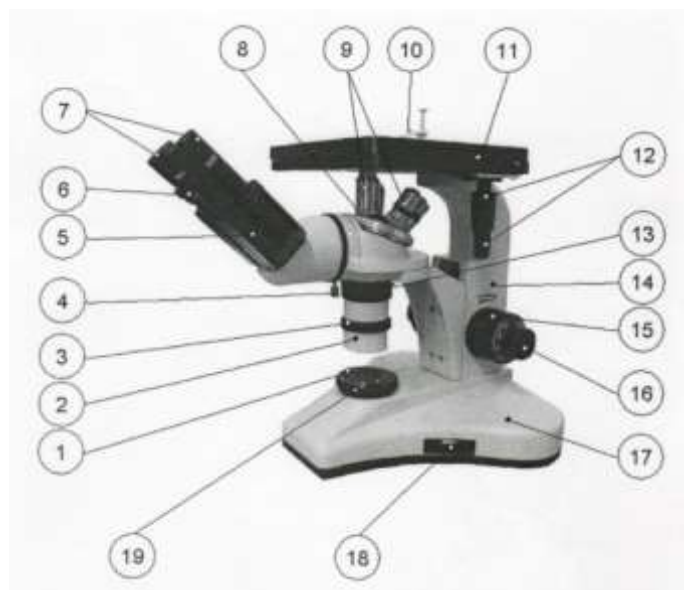
Микроструктура – это \_\_\_\_\_

Отличие микрошлифа от макрошлифа \_\_\_\_\_

Перечислить реактивы, применяемые для травления микрошлифов \_\_\_\_\_

*Рис. 1. 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 – \_\_\_\_\_

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

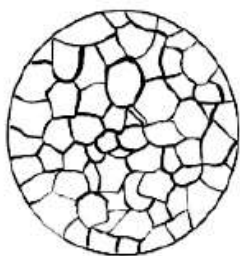
где \_\_\_\_\_

Перечислить неметаллические включения характерные для сталей \_\_\_\_\_

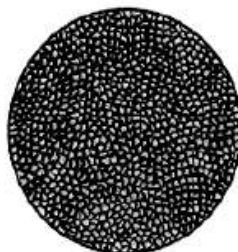
Описать зависимость величины зерна от механических свойств (по рисункам 9-10 в метод. указ.) \_\_\_\_\_

### 3. Результаты работы.

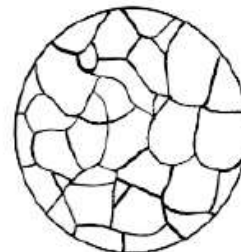
1. Определить величину зерна на рисунке



Зерна № \_\_\_\_\_



Зерна № \_\_\_\_\_



Зерна № \_\_\_\_\_

2. Определить общее увеличение микроскопа

$N_{\text{мик}} =$

3. Определить цену деления  $E$  окулярной шкалы:

$\alpha =$  \_\_\_\_\_

$T =$  \_\_\_\_\_

$A =$  \_\_\_\_\_

$E =$  \_\_\_\_\_

4. Изобразить микроструктуры шлифа после шлифования и травления.



Таблица 1 — Описание микроструктуры

№ п/п	Схема микроструктуры на микрошифе		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. Принцип работы металлографического микроскопа.
7. Как определить размер зерна стали окуляром-микрометром?
8. Какие характеристики имеют объективные линзы?
9. Как определить увеличение микроскопа?
10. Что такое числовая апертура?
11. От чего зависит разрешение оптического микроскопа?
12. Цель и порядок определения цены деления окуляра-микрометра.

**Лабораторная работа №3**  
**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	$\sigma_b$ , 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;  $\sigma_b$  - 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  $\sigma_s$ , от процентного содержания углерода в сталях по данным таблицы 2, откладывая по оси ординат твердость по Бринеллю ( $HB$ ) или предел прочности ( $\sigma_s$ ), а по оси абсцисс процентное содержание углерода.

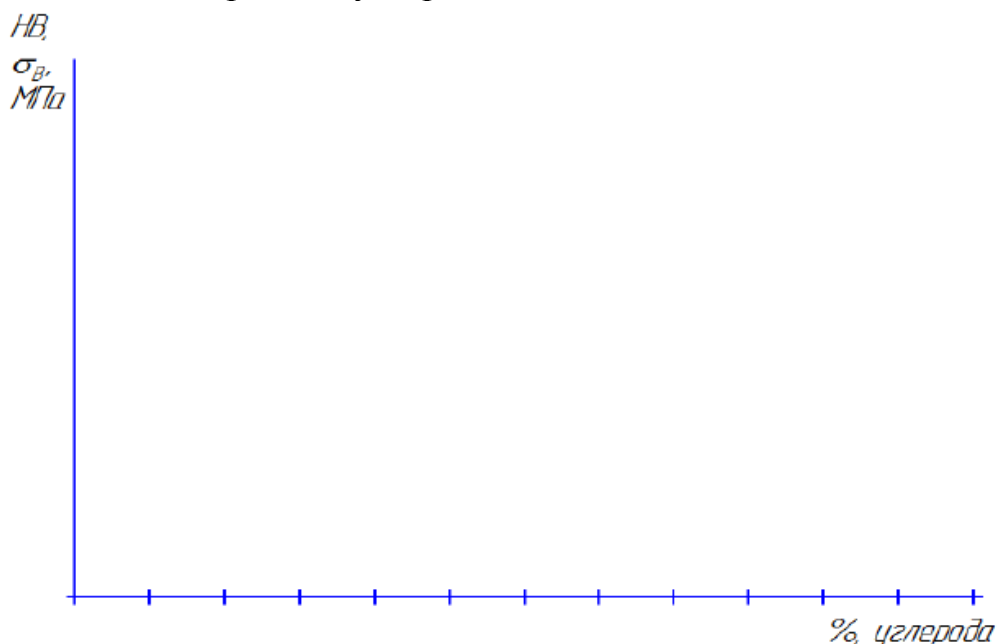


Рис. 3. График зависимости твердости и прочности от содержания углерода

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?

**1. Цель работы** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Охарактеризовать фазы и структуры железоуглеродистых сплавов и их свойства.



14

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	
<b>1</b>	0,1	2,2	<b>8</b>	0,2	2,3	<b>15</b>	0,3	2,4	<b>22</b>	0,4	2,5	<b>29</b>	0,75	5,0
<b>2</b>	0,5	2,6	<b>9</b>	0,6	2,7	<b>16</b>	0,7	2,8	<b>23</b>	0,8	2,9	<b>30</b>	0,85	5,1
<b>3</b>	0,9	3,0	<b>10</b>	1,0	3,1	<b>17</b>	1,1	3,2	<b>24</b>	1,2	3,3	<b>31</b>	0,95	5,2
<b>4</b>	1,3	3,4	<b>11</b>	1,4	3,5	<b>18</b>	1,5	3,6	<b>25</b>	1,6	3,7	<b>32</b>	1,05	5,3
<b>5</b>	1,7	3,8	<b>12</b>	1,8	3,9	<b>19</b>	1,9	4,0	<b>26</b>	2,0	4,1	<b>33</b>	2,1	3,3
<b>6</b>	2,1	4,2	<b>13</b>	2,14	4,3	<b>20</b>	0,15	4,4	<b>27</b>	0,25	4,5	<b>34</b>	1,4	4,3
<b>7</b>	0,35	4,6	<b>14</b>	0,45	4,7	<b>21</b>	0,55	4,8	<b>28</b>	0,65	4,9	<b>35</b>	0,7	4,9

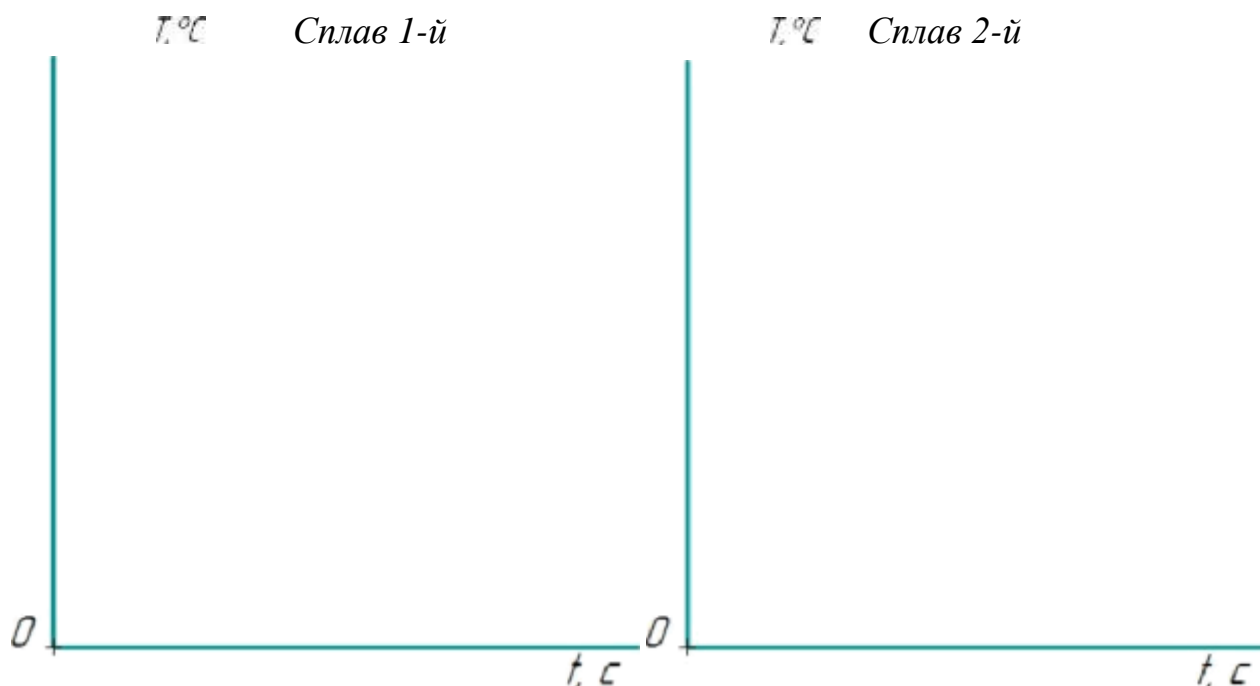


Рис. 2. Кривые охлаждения заданных сплавов

2. Описать превращения при кристаллизации заданных сплавов:

1-ый сплав \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

2-ый сплав \_\_\_\_\_

---

---

---

---

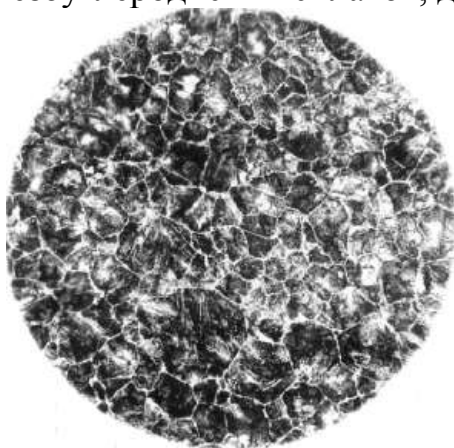
---

---

---

---

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  $\alpha$ -железо и  $\gamma$ -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 №5

### 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	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
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  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0.2}$  при содержании углерода более 1%.
7. Методика определения количества углерода в доэвтектоидных сталях.

**Лабораторная работа №6**  
**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
	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$HB$ , 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.

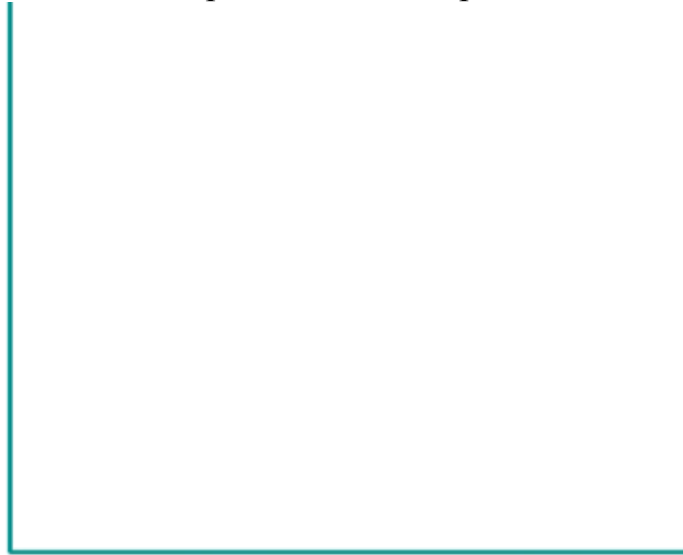
1. Укажите основное отличие чугунов от сталей.
2. В каком состоянии может находиться углерод в чугунах? Какие формы графита существуют в чугунах?
3. Укажите влияние графита на механические свойства чугуна.
4. Какие элементы влияют на условия графитизации? Какое влияние оказывает углерод на качество чугуна?
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 №7**  
**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-Fe<sub>3</sub>C.



*Рис. 1. Стальной участок диаграммы состояния Fe-Fe<sub>3</sub>C 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:

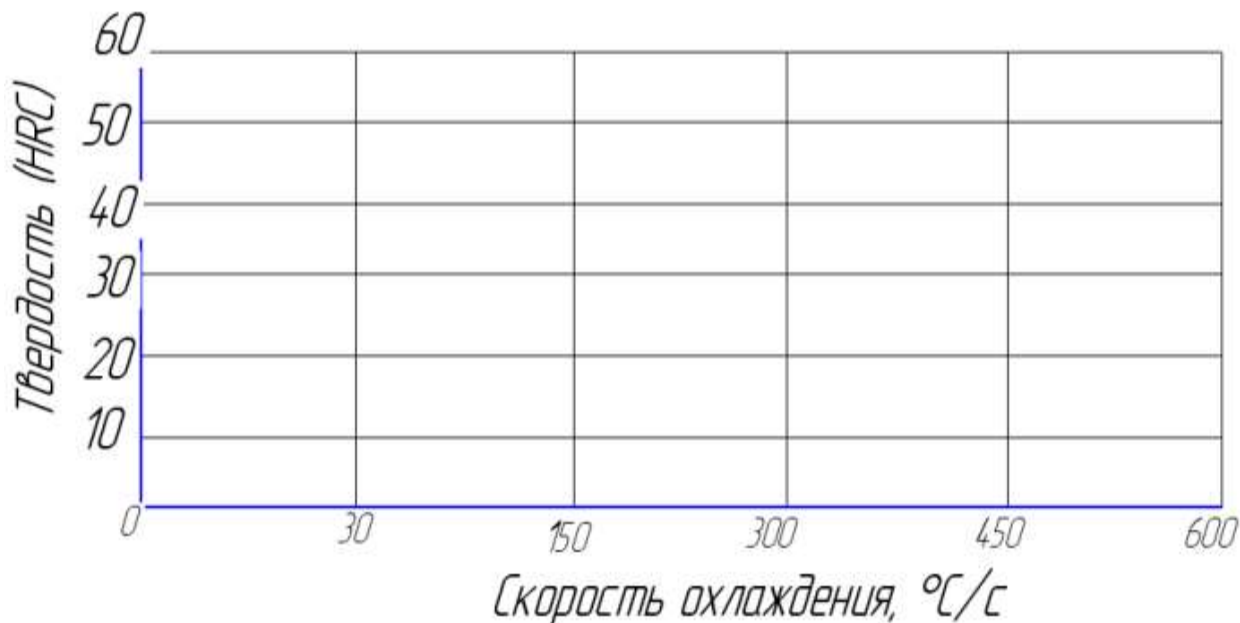


Рис. 2. График зависимости твердости от скорости охлаждения

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.

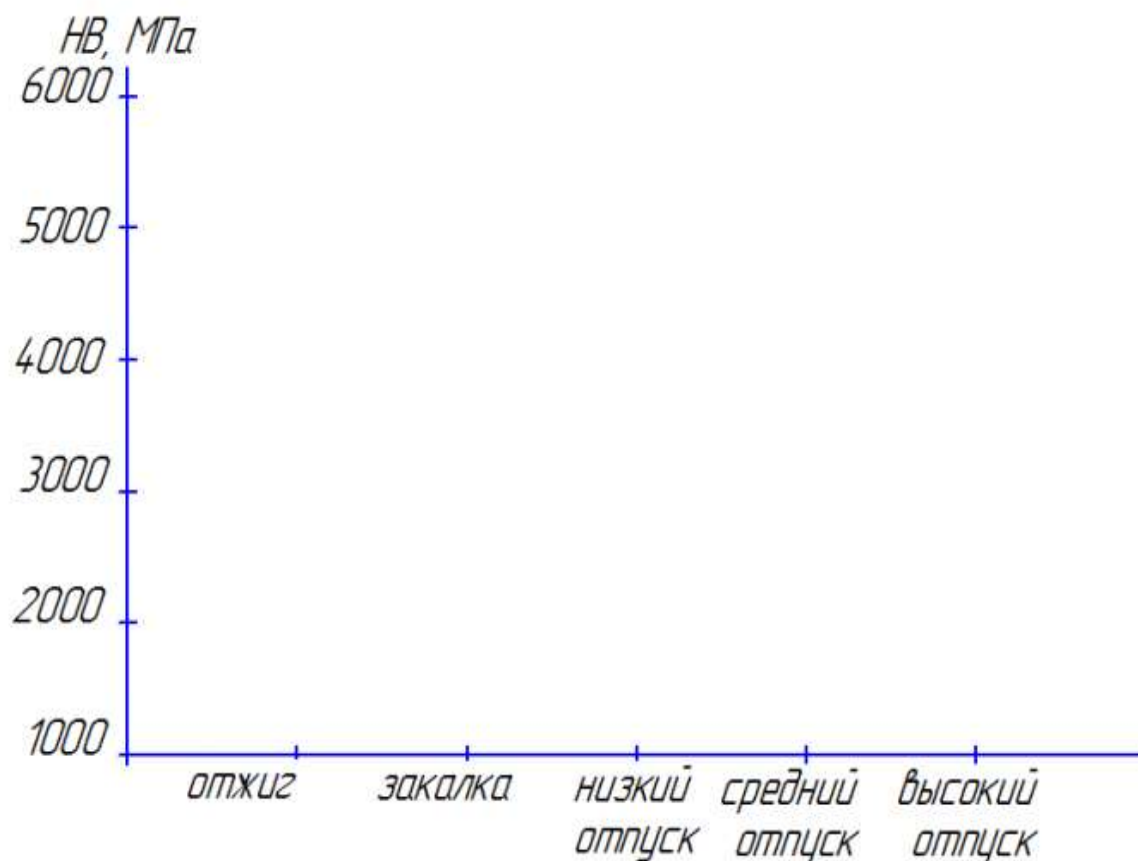


Рис. 3. График зависимости твердости вида термообработки

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 №8**  
**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 \_\_\_\_\_

БрА10Ж3Мц2 \_\_\_\_\_

Литейные алюминиевые сплавы, пример маркировки. Влияние на свойства модифицированием. \_\_\_\_\_

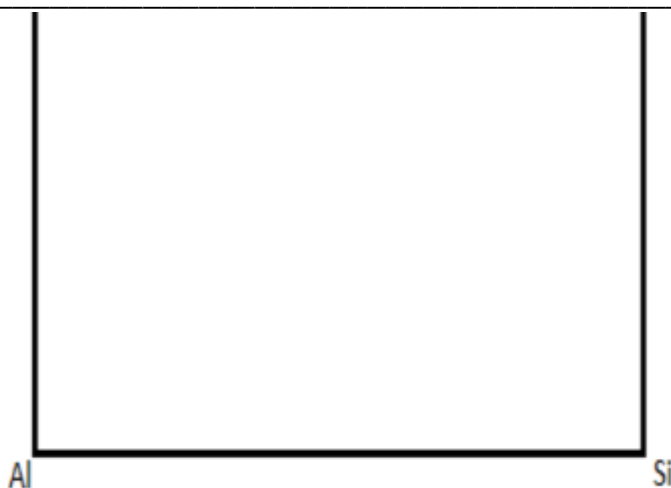


Рис. 4. Зависимость механических свойств немодифицированного и модифицированного силумина от концентрации кремния (изобразить)

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?

# Лабораторная работа №9

## Изучение влияния холодной и горячей пластической деформации на структуру и свойства металлов

### 1. Цель работы

### 2. Краткие теоретические сведения

Преимущества и недостатки свободнойковки \_\_\_\_\_

Оборудование для ручнойковки (перечислить, не указанное на рисунке) \_\_\_\_\_

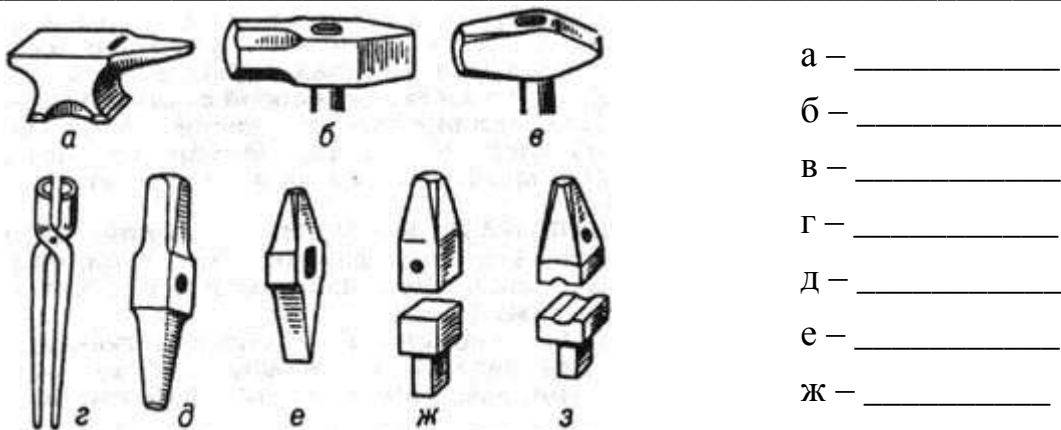


Рис. 1. Инструмент для ручнойковки (заполнить позиции)

Оборудование для машиннойковки (перечислить) \_\_\_\_\_

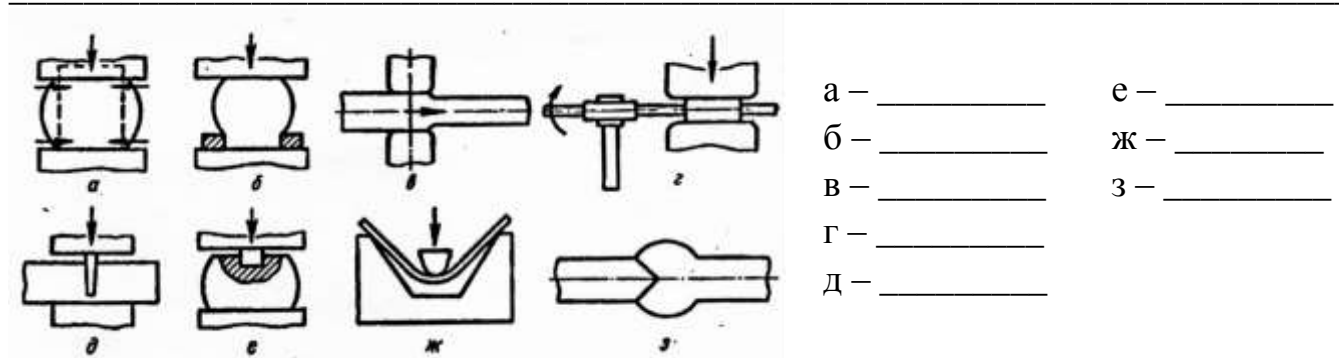


Рис. 2. Операцииковки (заполнить позиции)

Перечислить операцииковки (не указанные на рисунке) \_\_\_\_\_



Дать определения:

припуск - \_\_\_\_\_

допуск - \_\_\_\_\_

напуск - \_\_\_\_\_

Технологический процесс изготовления поковок состоит \_\_\_\_\_

### 3. Результаты работы

1. Виды выполненных операцийковки при изготовлении поковки \_\_\_\_\_

2. Замерить твердость и размеры поковок до и после осадки, выполнить эскизы

Таблица 1 – Эскизы поковок до осадки и после

Эскизы поковок			
до осадки		после осадки	
холодная	горячая	холодная	горячая
HRC _____	HRC _____	HRC _____	HRC _____

Таблица 2 – Результаты осадки заготовок

Обозначение размеров	Размер исходной		Размер поковки после осадки	
	холодная	горячая	холодная	горячая
$H$				
$D$				
$Y$	-----	-----		
$E_H$	-----	-----		

3. Определить для поковки коэффициент уковки:

$$U =$$

и степень деформации  $E_H =$

4. Назначить температурный интервалковки, режимы нагрева заготовки и охлаждения поковки (определить время нагрева заготовки):

\_\_\_\_\_

времени охлаждения  $t =$  \_\_\_\_\_

времени нагрева  $t_H =$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Выводы по работе: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ Подпись студента \_\_\_\_\_

Отметка о сдаче \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Для заметок

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Вопросы для самоконтроля
2. Какой технологический процесс называется кузнечной ковкой?
3. В чем преимущества и недостатки свободнойковки?
4. Для чего металл перед ковкой нагревают?
5. Что такое перегрев и пережог металла?
6. Поясните, что собой представляют основные операцииковки.
7. Что такое коэффициент уковки?
8. В чем разница между деформацией на молоте и на прессе?
9. Перечислите основные части пневматического ковочного молота.
10. Как определяется мощность молота и пресса?
11. Что такое припуск и допуск?

## Лабораторная работа №10

### Изучение технологических приемов изготовления отливок в литейные формы

#### 1. Цель работы

---

---

---

#### 2. Краткие теоретические сведения

Литейное производство \_\_\_\_\_

---

---

---

Перечислить виды литейных форм \_\_\_\_\_

---

---

---

Модельный комплект (определение и элементы) \_\_\_\_\_

---

---

---

Модель \_\_\_\_\_

---

---

---

Отливка \_\_\_\_\_

---

---

---

Формовочные и стержневые смеси (состав, требование, классификация - перечислить) \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Заполнить схему технологического процесса получения отливки в песчано-глинистые формы

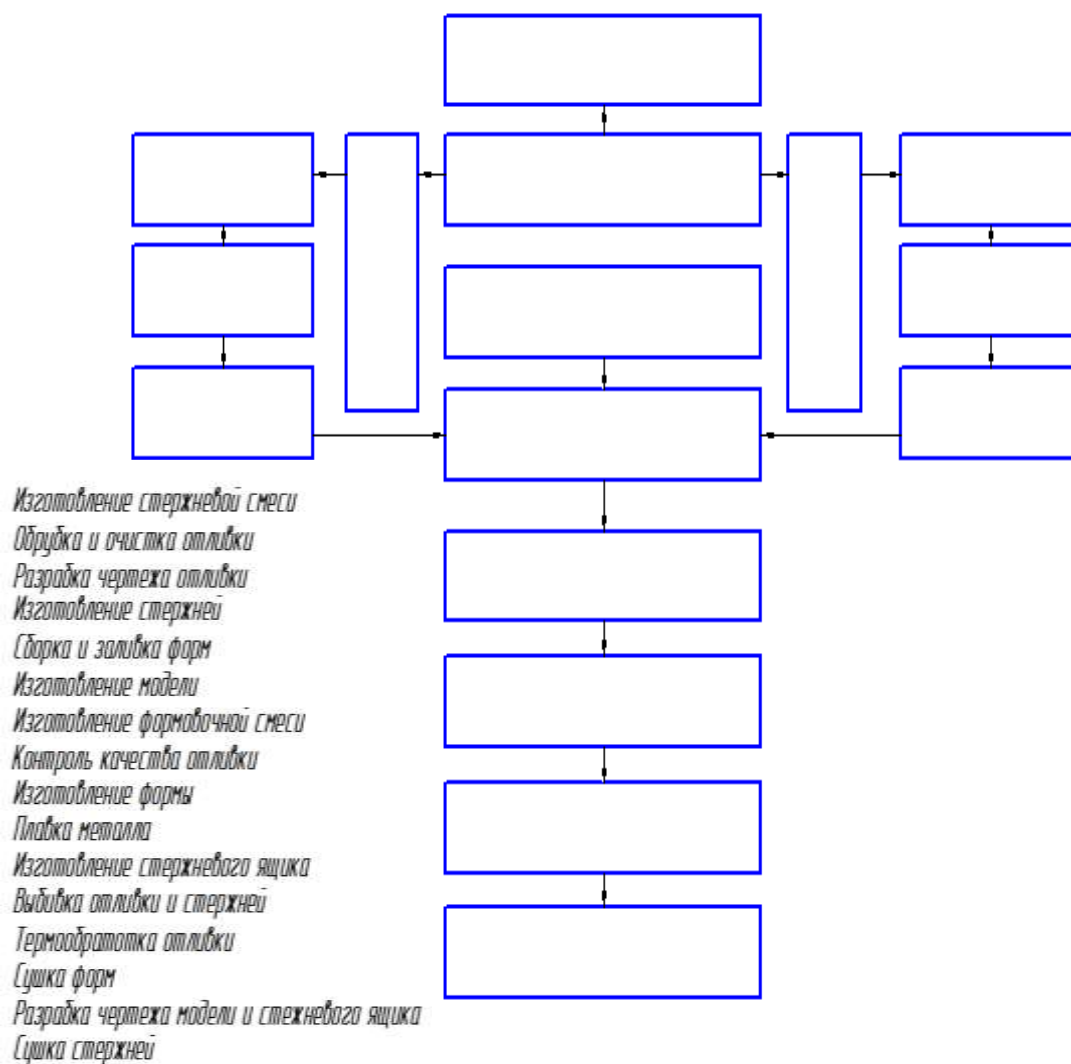


Рис. 1. Схема технологического процесса

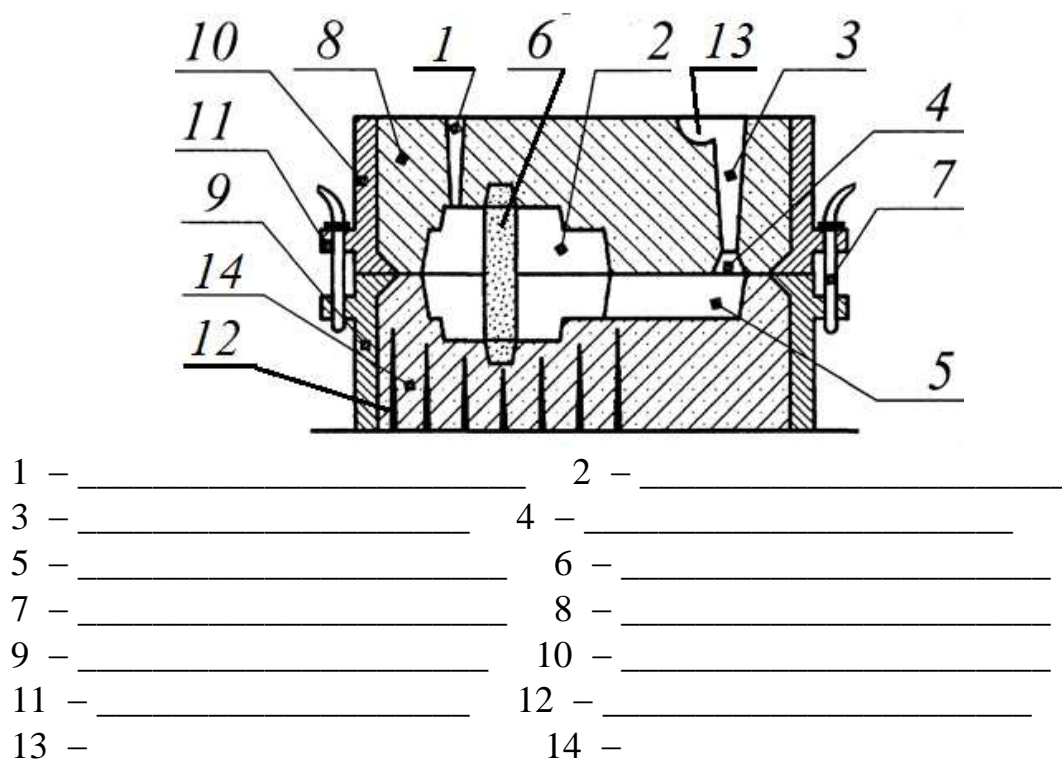


Рис. 2. Литейная форма в сборе (заполнить наименование позиций)

Виды дефектов в отливках (перечислить)\_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

### **3. Результаты работы**

1. Выполнить эскизы отливки, модели, стержня, литейной формы в разрезе для заданной преподавателем детали

Эскиз отливки	
<div></div>	
Эскиз модели	Эскиз стержня
<div></div>	<div></div>
Эскиз литейной формы (указать все позиции)	Наименование позиции
<div></div>	1.
	2.
	3.
	4.
	5.
	6.
	7.

2. Полученную отливку изучить на дефекты, указать причины их образования.

После внешнего осмотра отливки обнаружены следующие дефекты:

---

---

---

---

---

---

---

Выводы по работе: \_\_\_\_\_

---

---

---

Дата \_\_\_\_\_ Подпись студента \_\_\_\_\_

Отметка о сдаче \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Для заметок

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Что называется литейной формой?
2. Для чего необходимы модель и стержневой ящик?
3. С какой целью в форму устанавливается стержень?
4. Что называется литниковой системой?
5. Для чего служат выпоры?
6. Что называется литейной оснасткой?
7. Что входит в состав модельного комплекта?
8. Почему размеры модели отличаются от размеров отливки?
9. Для чего на модели отливки выполняются знаки?
10. Что называется модельной и подмодельной плитой?
11. Из каких материалов изготавливается модельный комплект для ручной формовки?
12. Что представляют собой опоки?
13. Назовите формовочные инструменты и укажите их назначение.
14. В какой последовательности изготавливается литейная форма в двух опоках по разъемной модели при ручной формовке?
15. Какие дефекты возникают в отливках?

## Лабораторная работа №11

### *Изучение влияния режимов различных видов сварки на качество сварного соединения. Изучение строения сварных швов и их дефекты.*

#### 1. Цель работы

1.1 Изучить сущность процесса электродуговой сварки, характеристики сварочной дуги и источника питания дуги.

1.2. Изучить сущность процесса ручной электродуговой сварки и классификацию электродов.

1.3 Ознакомиться с оборудованием для ручной дуговой сварки.

#### 2 Краткие теоретические сведения

Сварка, ее сущность \_\_\_\_\_

Дуга \_\_\_\_\_

Этапы зажигания дуги

а - \_\_\_\_\_

б - \_\_\_\_\_

в - \_\_\_\_\_

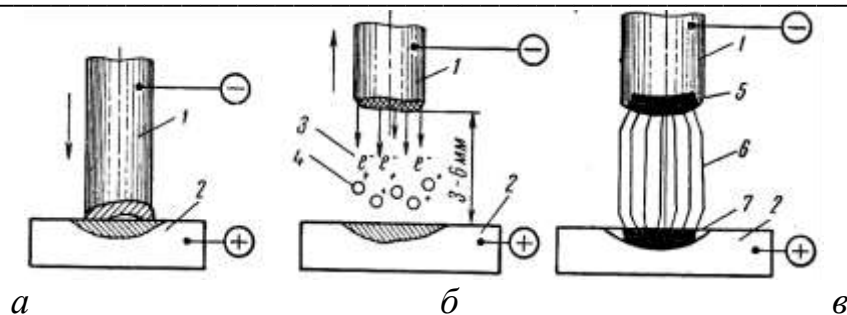


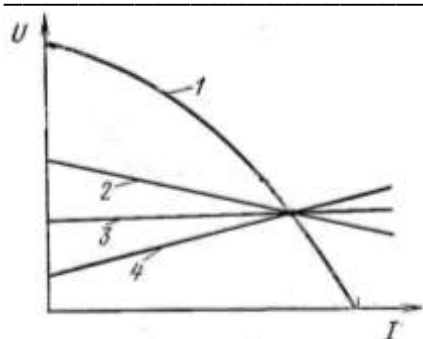
Рис.1. Зажигание дуги при сварке:

1 \_\_\_\_\_; 2 \_\_\_\_\_

Источники питания сварочной дуги. Преимущества и недостатки источников тока (переменных и постоянных) \_\_\_\_\_

Требования, предъявляемые к источникам тока \_\_\_\_\_

Внешние характеристики источников тока \_\_\_\_\_



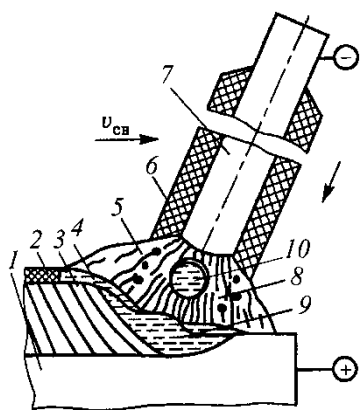
1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

Рис. 2. Внешние характеристики источников питания



1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

6. \_\_\_\_\_

7. \_\_\_\_\_

8. \_\_\_\_\_

9. \_\_\_\_\_

10. \_\_\_\_\_

Рис.3. Схема ручной дуговой сварки

Свариваемостью называют \_\_\_\_\_

Электроды классифицируются по: \_\_\_\_\_

Оборудование для ручной дуговой сварки (перечислить) \_\_\_\_\_



### 3. Результаты работы

1. Записать условное обозначение заданного электрода и описать его назначение и характеристики:

2. Изобразить микроструктуру заданных сварных швов, определить вид сварки и записать режимы сварки

Микроструктура сварных швов и виды дефектов	Режимы сварки

3. Изобразить сварные швы и описать дефекты

Эскизы сварных швов	Дефекты и их причины

Выводы по работе: \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ Подпись студента \_\_\_\_\_

Отметка о сдаче \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Для заметок

#### **4 Контрольные вопросы**

1. Что называется сваркой? В чем сущность сварки?
2. Что представляет собой электрическая дуга, и как происходит процесс ее зажигания?
3. Как определяется тепловая мощность дуги и как она расходуется?
4. Какие источники тока применяются при ручной сварке?
5. Что называется внешней характеристикой источника тока?
6. Какие преимущества и недостатки имеют источники переменного и постоянного тока?
7. Что такое сварка прямой и обратной полярностью?
8. В чем преимущества и недостатки ручной электродуговой сварки?
9. Какие компоненты входят в состав покрытия электродов?
10. Какое оборудование необходимо для ручной дуговой сварки?

## Лабораторная работа №12

### Изучение геометрических параметров, устройства и назначения токарных резцов

#### 1. Цель работы

---

---

#### 2 Краткие теоретические сведения

Перечислить основные виды токарных резцов и их назначение: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

На эскизе резца указать его части и элементы.

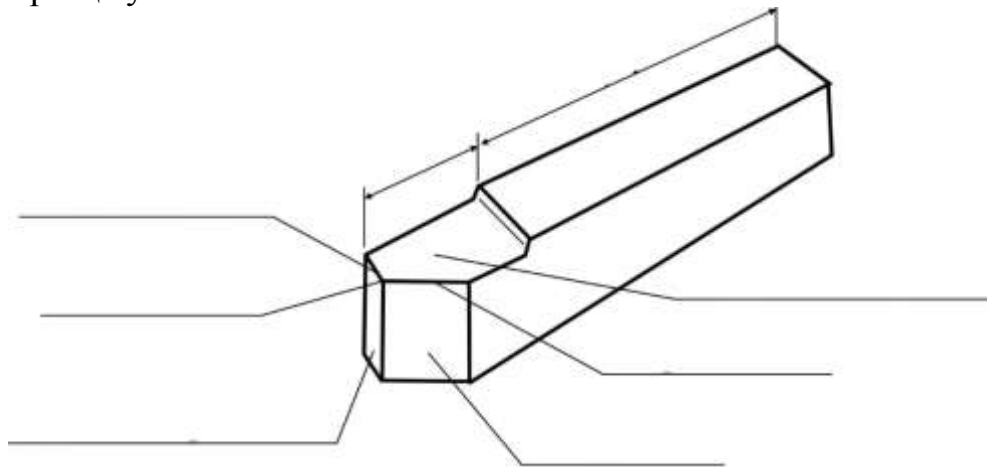


Рис. 1. Эскиз токарного резца

Дать определения углов резца ( $\gamma$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\alpha_1$ ,  $\lambda$ ,  $\phi$ ,  $\phi_1$ ,  $\epsilon$ ):

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Изобразить проекцию в плане с указанием соответствующих углов и секущих плоскостей, сечения в главной и вспомогательной секущей плоскости, вид в плоскости главной режущей кромки с указанием соответствующих углов в общем виде.

*Рис. 2. Геометрические параметры токарного резца (изобразить)*

Преимущества и недостатки различных способов крепления режущих элементов с корпусом инструмента (цельнометаллических, паяных, с механическим креплением, сварных) \_\_\_\_\_

---

---

---

---

### **3. Результаты работы**

1. Измерить углы заданного резца, найти интервал рекомендуемых значений углов.

Таблица 1 – Результат измерения углов резца

Показатели	$\varphi$	$\varphi_1$	$\varepsilon$	$\gamma$	$\alpha$	$\alpha_1$	$\beta$	$\delta$	$\lambda$
Измеренное значение углов, град									
Интервал рекомендуемых значений углов данного типа резцов, град.									

Заключение о годности резца \_\_\_\_\_

Выводы по работе: \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ Подпись студента \_\_\_\_\_

Отметка о сдаче \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Для заметок

#### 4. Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность процесса резания металлов?
2. Какие поверхности различают на обрабатываемой заготовке?
3. Назовите основные части, элементы и углы токарного резца.
4. Что такое основные и секущие плоскости?
5. Какие углы резцов измеряются с помощью универсального угломера ЛМТ?
6. Какие углы определяются расчётом?
7. Как измерить углы резца в плане?
8. Как называются углы  $\alpha$ ,  $\alpha_1$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ ,  $\psi_1$ ,  $\varepsilon$ ,  $\lambda$ ?

## Лабораторная работа №13

### Изучение конструкции и принципа работы токарно-винторезного станка

#### 1. Цель работы

---

---

---

#### 2. Краткие теоретические сведения

На станках токарной группы обрабатывают \_\_\_\_\_

---

---

---

#### Устройство токарно-винторезного станка модели 16K20

Станина \_\_\_\_\_

---

---

---

Передняя бабка \_\_\_\_\_

---

---

---

Задняя бабка \_\_\_\_\_

---

---

---

Коробка подач \_\_\_\_\_

---

---

---

Суппорт \_\_\_\_\_

---

---

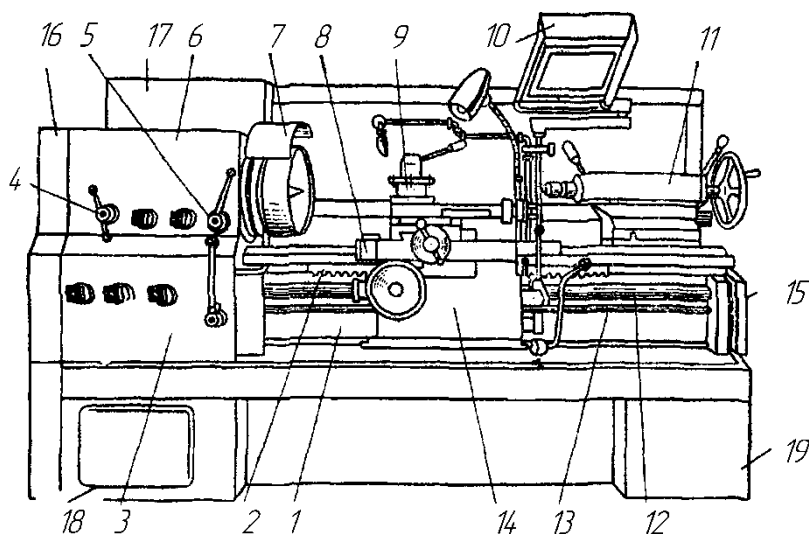
---

Фартук \_\_\_\_\_

---

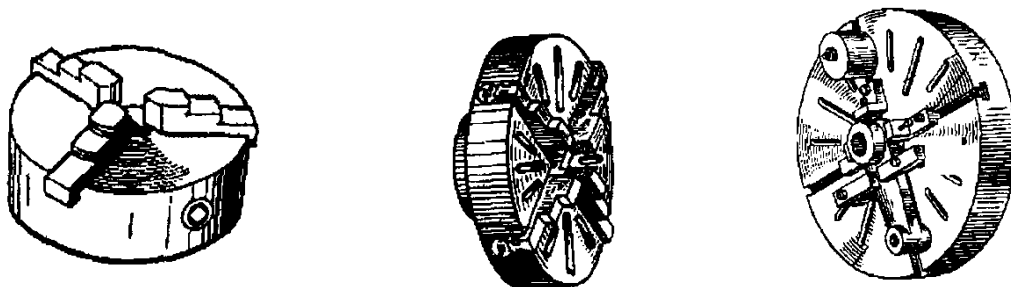
---

---



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

Рис. 1 Общий вид токарно-винторезного станка 16K20



а

б

в

а \_\_\_\_\_, б \_\_\_\_\_, в \_\_\_\_\_

Рис. 2 Патроны и планшайба (указать вид)

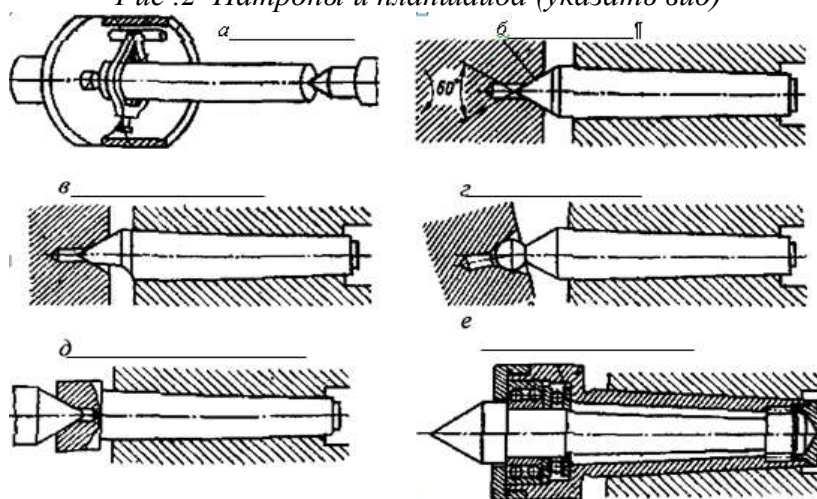
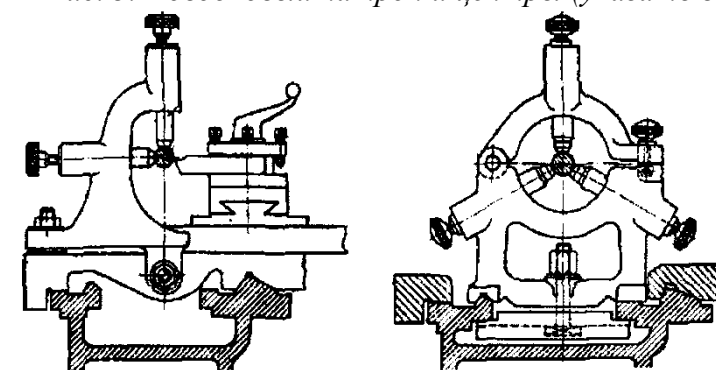


Рис. 3. Поводковый патрон и центры (указать вид)



а

б

а \_\_\_\_\_, б \_\_\_\_\_

Рис. 4. Люнеты (указать вид)

### 3. Результаты работы

Схемы обработки на токарно-винторезном станке

Эскизы схемы обработки (три схемы по указанию преподавателя)	Наименование видов обработки и применяемого приспособления и инструмента


Выводы по работе: \_\_\_\_\_

---



---



---

Дата \_\_\_\_\_ Подпись студента \_\_\_\_\_

Отметка о сдаче \_\_\_\_\_ Подпись преподавателя \_\_\_\_\_

Для заметок

#### **4 Контрольные вопросы**

1. Общее устройство токарно-винторезного станка модели 16K20.
2. Какие существуют способы закрепления заготовки на токарных станках?
3. Какие движения обеспечивают формообразование поверхности заготовки на токарных станках?
4. Какие виды работ выполняются на станках токарной группы?
5. Как обрабатывают цилиндрические поверхности заготовки?
6. Способы обработки конических поверхностей.
7. Способы обработки фасонных поверхностей.
8. Как можно обработать внутренние поверхности заготовки?
9. Какие виды резьб можно нарезать на токарно-винторезных станках и какими инструментами это выполняется?
10. Какие центры применяют на токарных станках и каково их назначение?
11. В каких случаях применяют люнеты и какими они бывают?



## 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. *Материалы и их технологии. В 2 ч. Ч. 2.* [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. - 533 с. [ЭБС ИНФРА-М]
6. *Технология конструкционных материалов* [Электронный ресурс]: учебник / А.А. Афанасьев, А.А. Погонин. — 2-е изд., стереотип. — М. : ИНФРА-М, 2021. — 656 с. [ЭБС ИНФРА-М]
7. *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.
8. *Шарая О.А.* *Материаловедение: учебное пособие/* О.А. Шарая, А.Г. Минасян - Белгород: Изд-во ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2017. – 101 с.
9. *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]
10. *Оськин В.А.* *Материаловедение. Технология конструкционных материалов/* В.А. Оськин и др. Кн. 1 – М.: КолосС, 2008 – 447с.4.
11. *Волкова Н.А.* *Материаловедение: лабораторный практикум/* Н.А. Волкова, А.В. Козырь, И.Ю. Бочкарева. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2008. – 84 с.
12. *Карпенко В.Ф.* *Материаловедение. Технология конструкционных материалов/* В.Ф. Карпенко, В.Н. Байкалова и др. Кн. 2 – М.: КолосС, 2006. – 312с.
13. *Дальский А.М.* *Технология конструкционных материалов /*А.М. Дальский и др.- М.: Машиностроение; 2005. - 592с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Лабораторная работа №1.</b> Макроскопический метод исследования металлов и сплавов.....	3
<b>Лабораторная работа №2.</b> Микроструктурный анализ металлов и сплавов.....	7
<b>Лабораторная работа №3.</b> Измерение твердости металлов.....	10
<b>Лабораторная работа №4.</b> Анализ диаграммы состояния сплавов системы «Fe-Fe <sub>3</sub> C».....	14
<b>Лабораторная работа №5.</b> Изучение микроструктуры и свойств углеродистых сталей в равновесном состоянии.....	18
<b>Лабораторная работа №6.</b> Изучение микроструктуры и свойств чугунов.....	21
<b>Лабораторная работа №7.</b> Термическая обработка углеродистых сталей.....	24
<b>Лабораторная работа №8.</b> Изучение микроструктуры и свойств цветных металлов и сплавов.....	28
<b>Лабораторная работа №9.</b> Изучение влияния холодной и горячей пластической деформации на структуру и свойства металлов.....	32
<b>Лабораторная работа №10.</b> Изучение технологических приемов изготовления отливок в литейные формы.....	35
<b>Лабораторная работа №11.</b> Изучение влияния режимов различных видов сварки на качество сварного соединения. Изучение строения сварных швов и их дефекты.....	39
<b>Лабораторная работа №12.</b> Изучение геометрических параметров, устройства и назначения токарных резцов .....	43
<b>Лабораторная работа №13.</b> Изучение конструкции и принципа работы токарно-винторезного станка .....	46
<b>Библиографический список.</b> ....	49

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 3,25 уч.-изд. Л  
Тираж \_\_\_\_\_ экз. Изд. № \_\_\_\_\_. Заказ № \_\_\_\_\_

---

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

