

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Степанов Павел Иванович  
Должность: Руководитель НТИ НИЯУ МИФИ  
Дата подписания: 27.02.2026 16:19:18  
Уникальный программный ключ:  
8c65c591e26b2d8e460927740cf752622aa3b295

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (НИЯУ МИФИ)

**НОВОУРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

Кафедра технологии машиностроения

УТВЕРЖДЕН

Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ

Протокол № 1 от 30.01.2024 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

текущей и промежуточной аттестации

по учебной дисциплине

«Материаловедение»

Направление подготовки	15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
Профиль подготовки	Технология машиностроения
Квалификация (степень) выпускника	Бакалавр
Форма обучения	Очная, очно-заочная

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Паспорт фонда оценочных средств .....	6
1.1. Область применения .....	6
1.2. Контролируемые компетенции .....	6
2. Программа оценивания контролируемых компетенций.....	9
2.1. Оценочные средства результатов обучения.....	9
2.2. Критерии и шкала оценивания.....	10
3. Материалы, необходимые для оценки результатов обучения .....	12
3.1 Темы рефератов, докладов.....	12
3.1.1 Темы домашнего задания по разделу «Диаграммы двойных систем» .....	12
3.3. Темы рефератов, докладов по разделу «Металлические материалы и их применение .....	12
3.2 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету по теоретической части курса «Материаловедение».....	13
3.3 Тестовые задания.....	18
3.4 Описание лабораторных работ по курсу «Материаловедение».....	39
3.4.1. Лабораторная работа № 1 «Определение твердости металлов и сплавов различными методами» .....	39
3.4.2. Лабораторная работа № 2 «Изучение структуры цветных металлов и сплавов».....	58
3.4.3. Лабораторная работа № 3 «Закалка и отпуск сталей» .....	69
3.4.4. Лабораторная работа № 4 «Изучение свойств чугунов» .....	77
3.4.5. Лабораторная работа № 5 ««Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой»» .....	86
3.5 Контрольные работы по курсу «Материаловедение» по вариантам .....	93
КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ .....	93
ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №1 .....	93
Вариант 1 .....	93
Вариант 2.....	93
Вариант 3.....	94
Вариант 4.....	94
Вариант 5.....	94
Вариант 6.....	95
Вариант 7.....	95
Варианта 8.....	95
Вариант 9.....	96
Вариант 10.....	96
Вариант 11 .....	97
Вариант 12.....	97

Вариант 13.....	97
Вариант 14.....	97
Вариант 15.....	98
Вариант 16.....	98
Вариант 17.....	98
Вариант 18.....	99
Вариант 19.....	99
Вариант 20.....	100
Вариант 21.....	100
Вариант 22.....	100
Вариант 23.....	100
Вариант 24.....	101
Вариант 25.....	101
Вариант 26.....	101
Вариант 27.....	102
Вариант 28.....	102
Вариант 29.....	102
Вариант 30.....	103
Вариант 31.....	103
Вариант 32.....	103
Вариант 33.....	104
Вариант 34.....	104
Вариант 35.....	104
Вариант 36.....	105
Вариант 37.....	105
Вариант 38.....	105
Вариант 39.....	106
Вариант 40.....	106
Вариант 41.....	106
Вариант 42.....	107
Вариант 43.....	107
Вариант 44.....	107
Вариант 45.....	108
Вариант 46.....	109
Вариант 47.....	109
Вариант 48.....	109
Вариант 49.....	110
Вариант 50.....	110

ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №2 .....	110
Вариант 1 .....	111
Вариант 2 .....	111
Вариант 3 .....	111
Вариант 4 .....	112
Вариант 5 .....	112
Вариант 6 .....	112
Вариант 7 .....	113
Вариант 8 .....	113
Вариант 9 .....	113
Вариант 10 .....	114
Вариант 11 .....	114
Вариант 12 .....	114
Вариант 13 .....	115
Вариант 14 .....	115
Вариант 15 .....	115
Вариант 16 .....	116
Вариант 17 .....	116
Вариант 18 .....	116
Вариант 19 .....	117
Вариант 20 .....	117
Вариант 21 .....	117
Вариант 22 .....	118
Вариант 23 .....	118
Вариант 24 .....	118
Вариант 25 .....	119
Вариант 26 .....	119
Вариант 27 .....	120
Вариант 28 .....	120
Вариант 29 .....	120
Вариант 30 .....	121
Вариант 31 .....	121
Вариант 32 .....	121
Вариант 33 .....	122
Вариант 34 .....	122
Вариант 35 .....	122
Вариант 36 .....	123
Вариант 37 .....	123

Вариант 38.....	124
Вариант 39.....	124
Вариант 40.....	124
Вариант 41.....	125
Вариант 42.....	125
Вариант 43.....	125
Вариант 44.....	126
Вариант 45.....	126
Вариант 46.....	126
Вариант 47.....	127
Вариант 48.....	127
Вариант 49.....	127
Вариант 50.....	128
Список литературы, необходимой для выполнения контрольных работ .....	128
ПРИЛОЖЕНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	129
Перечень ГОСТов на стали и сплавы .....	130

## 1. Паспорт фонда оценочных средств

### 1.1. Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) предназначен для контроля и оценки образовательных достижений студентов, освоивших программу учебной дисциплины «Материаловедение». Содержит контрольные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачёта, и методические материалы, характеризующие показатели и критерии оценивания результатов обучения.

ФОС разработан на основе положений основной образовательной программы 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиля подготовки «Технология машиностроения» (квалификация (степень) «бакалавр») и рабочей программы учебной дисциплины «Материаловедение».

### 1.2. Контролируемые компетенции

#### *Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины*

В соответствии с образовательной программой подготовки бакалавров по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профиля подготовки «Технология машиностроения» в результате изучения дисциплины «Материаловедение» обучающийся должен овладеть следующими компетенциями.

Компетенции	Требования профессионального стандарта	Планируемые результаты по компетенциям с учетом требований профстандарта
УКЕ-1. Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	<b>Трудовые действия:</b> Определять технологические свойства материала деталей машиностроения низкой сложности; <b>Необходимые умения:</b> Устанавливать по марке материала технологические свойства материалов деталей машиностроения низкой	<b>Знать:</b> 31 – Основные характеристики материалов, применяемых в машиностроении; 32 – Основы построения двойных диаграмм для различных металлических систем; 33 – Закономерности и практические способы
ОПК-8. Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с		

Компетенции	Требования профессионального стандарта	Планируемые результаты по компетенциям с учетом требований профстандарта
<p>машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа</p>	<p>сложности;</p> <p><b>Необходимые знания:</b></p> <p>Технологические свойства</p>	<p>воздействия на механические свойства металлических сплавов путем изменения их химического состава и структуры;</p>
<p>ПК-2. Способен выполнять технологическую подготовку производства деталей машиностроения</p>	<p>конструкционных материалов деталей машиностроения низкой сложности;</p>	<p>34 – Классификацию, маркировку, механические свойства сталей;</p> <p>35 – Режимы упрочняющей термической обработки и области применения - основных материалов промышленности;</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>У1 – Рационально, т.е. технически и экономически обоснованно выбрать материал для тех или иных изделий</p>
<p>ПК-6. Способен использовать различные методы испытаний физико-механических свойств, контроля технологических показателей материалов и готовых машиностроительных изделий</p>		<p>У2 – Пользоваться оптическим микроскопом для изучения структуры материалов;</p> <p>У3 – Производить термообработку металлов и сплавов;</p> <p>У4 – Измерять твердость для контроля результатов термической обработки;</p> <p>У5 – Выбирать материалы, способы и режимы упрочняющей обработки для изделий различного назначения.</p> <p>В1 – Методами построения диаграмм состояния</p>

Компетенции	Требования профессионального стандарта	Планируемые результаты по компетенциям с учетом требований профстандарта
ПК-1. Способен выполнять технологическую подготовку производства деталей машиностроения		
ПК-5. Способен участвовать в разработке проектов изделий машиностроения с учетом механических, технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров		
В15. Формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии		

## 2. Программа оценивания контролируемых компетенций

### 2.1. Оценочные средства результатов обучения

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	Наименование оценочного материала	Содержание
31 – Основные характеристики материалов, применяемых в машиностроении;  33 – Закономерности и практические способы воздействия на механические свойства металлических сплавов путем изменения их химического состава и структуры;	Тестовое задание Вопросы для подготовки к зачету. Контрольная работа.	Пройти Тест № 1. Строение и свойства металлов. Выбрать правильный ответ. Выполнить контрольную работу №1.
32 – Основы построения двойных диаграмм для различных металлических систем;  34 – Классификацию, маркировку, механические свойства сталей;  У2 – Пользоваться оптическим микроскопом для изучения структуры материалов;  У4 – Измерять твердость для контроля результатов термической обработки;  В1 – Методами построения диаграмм состояния	Тестовое задание Темы рефератов Вопросы для подготовки к зачету. Реферат. Лабораторные работы. Контрольная работа.	Пройти Тест №2 Механические свойства металлов. Кристаллизация. Диаграммы 2-ных металлических сплавов. Выбрать правильный ответ. Пройти Тест №4. Подготовить и защитить реферат на заданную тему. Выполнить и подготовить отчет по лабораторной работе №1, 2,4. Выполнить контрольную работу №1.
35 – Режимы упрочняющей термической обработки и области применения - основных материалов промышленности;  У1 – Рационально, т.е. технически и экономически обоснованно выбрать материал для тех или иных	Вопросы для подготовки к зачету. Тестовое задание. Лабораторные работы. Контрольная работа.	Пройти Тест №3. Диаграмма железо-цементит. Стали и чугуны. Тест № 5. Термическая и химико-термическая обработка сталей и сплавов Тест № 6 Специальные стали. Инструментальные, быстрорежущие, жаростойкие, жаропрочные и нержавеющей.

изделий У3 – Производить термообработку металлов и сплавов; У5 – Выбирать материалы, способы и режимы упрочняющей обработки для изделий различного назначения.		Тест №7 Цветные металлы и сплавы. Порошковые и композиционные материалы. Выполнить и подготовить отчёт по лабораторной работе №3. Выполнить контрольную работу №2.
--	--	---

## 2.2. Критерии и шкала оценивания

Для оценки достижений студента используется рейтинговая система оценок. Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля, и выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5- балльной шкале	Сумма баллов по дисциплине	Оценка (ECTS)	Градация
5 <i>отлично</i>	90-100	A	<i>Отлично</i> – блестящие результаты с незначительными недочётами
4 <i>хорошо</i>	85-89	B	<i>Очень хорошо</i> – выше среднего уровня, с некоторыми недочётами
	75-84	C	<i>Хорошо</i> – в целом серьезная работа, но с рядом замечаний
	70-74	D	<i>Удовлетворительно</i> – неплохо, однако имеются серьезные недочёты
65-69			
3 <i>удовлетворительно</i>	60-64	E	<i>Посредственно</i> – результаты удовлетворяют минимальным требованиям (проходной балл)
2 <i>неудовлетворительно</i>	Ниже 60	F	<i>Неудовлетворительно</i> – требуется выполнение значительного объёма работы (либо повтор курса в установленном порядке, либо основание для отчисления)

### Критерии оценки реферата:

– балл 5 ставится, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

- балл 4 – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.
- балл 3 – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.
- ниже 3 баллов – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

#### **Критерии оценки лабораторной/практической работы:**

- балл 10 выставляется студенту, если он принимал активное участие в работе, расчёты выполнены без ошибок, качественно оформлен отчёт, получены правильные ответы на контрольные вопросы;
- балл 8 выставляется студенту, если он принимал активное участие в работе, расчёты выполнены без ошибок, отчёт оформлен не качественно, полученные ответы на контрольные вопросы не точны;
- балл 5 выставляется студенту, если принималось пассивное участие в работе, расчёты выполнены с ошибками, отчёт оформлен с ошибками, полученные ответы на контрольные вопросы не точны;
- менее 5 баллов выставляется студенту, если не оформил отчёт, не ответил на вопросы.

#### **Критерии оценки теста:**

- балл 9-10 выставляется студенту, если получены правильные ответы на 90-100% вопросов;
- балл 7-8 выставляется студенту, если получены правильные ответы на 70-80% вопросов;
- балл 6 выставляется студенту, если получены правильные ответы на 60-70% вопросов;
- менее 6 баллов выставляется студенту, если получены правильные ответы на менее 60 % вопросов;

### **3. Материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

#### **3.1 Темы рефератов, докладов**

##### **3.1.1 Темы домашнего задания по разделу «Диаграммы двойных систем»**

- 3.1.1. Диаграмма системы «медь-цинк»
- 3.1.2. Диаграмма системы «железо-углерод»
- 3.1.3. Диаграмма системы «медь-олово»
- 3.1.4. Диаграмма системы «медь-фосфор» \
- 3.1.5. Диаграмма системы «никель-медь»
- 3.1.6. Диаграмма системы «олово-свинец»
- 3.1.7. Диаграмма системы «железо - фосфор»
- 3.1.8. Диаграмма системы «железо-никель»
- 3.1.9. Диаграмма системы «железо-неодим»
- 3.1.10. Диаграмма системы «железо-медь»
- 3.1.11. Диаграмма системы «железо-медь»
- 3.1.12. Диаграмма системы «железо-кремний»
- 3.1.13. Диаграмма системы «железо-кобальт»
- 3.1.14. Диаграмма системы «алюминий-титан»
- 3.1.15. Диаграмма системы «алюминий-никель»
- 3.1.16. Диаграмма системы «алюминий- магний»
- 3.1.17. Диаграмма системы «алюминий-германий»
- 3.1.18. Диаграмма системы «алюминий-кремний»
- 3.1.19. Диаграмма системы «алюминий-медь»
- 3.1.20. Диаграмма системы «медь-золото»
- 3.1.21. Диаграмма системы «медь-серебро»
- 3.1.22. Диаграмма системы «железо-цинк»
- 3.1.23. Диаграмма системы «висмут- свинец»
- 3.1.24. Диаграмма системы «никель-лантан»
- 3.1.25. Диаграмма системы «свинец-сурьма»
- 3.1.26. Диаграмма системы «золото-серебро»

##### **3.3. Темы рефератов, докладов по разделу «Металлические материалы и их применение**

- 1 Оловянистые бронзы. Составы, свойства и области применения.
- 2 Латуни. Составы, свойства и области применения.
- 3 Дюралюминиевые сплавы. Составы, свойства и области применения.
- 4 Силумины. Составы, свойства и области применения.
- 5 Жаростойкие металлические материалы. Составы, свойства и области применения.
- 6 Чугуны. Составы, свойства и области применения.
- 7 Порошковые материалы. Составы, свойства и области применения.
- 8 Композиционные материалы. Составы, свойства и области применения.
- 9 Нержавеющие стали. Составы, свойства и области применения.
- 10 Инструментальные и быстрорежущие стали и сплавы.
- 11 Графитные материалы. Составы, свойства и области применения.
- 12 Керамические материалы. Составы, свойства и области применения.
- 13 Тугоплавкие материалы. Составы, свойства и области применения.

- 14 Сплавы атомной энергетики. Составы, свойства и области применения.
- 15 Магнитные материалы. Составы, свойства и области применения.
- 16 Автоматные стали. Составы, свойства и области применения.
- 17 Жаропрочные стали и сплавы. Составы, свойства и области применения.
- 18 Сверхтвердые и абразивные материалы.
- 19 Титановые сплавы. Составы, свойства и области применения.
- 20 Цинковые сплавы. Составы, свойства и области применения.

### **3.2 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету по теоретической части курса «Материаловедение»**

1. Наука о материалах. История становление и развития. Роль в решении задач в технологии машиностроения.
2. Какие связи реализуются в твердых телах?
3. Зависимость свойств тел от типа связи.
4. Какие типы решеток характерны для металлов?
5. Какие фазы встречаются в металлах и сплавах?
6. Какие аллотропические фазы характерны для железа и углерода?
7. Фазовые превращения в металлах.
8. Изменение свободной энергии при фазовых превращениях.
9. Изменение энтальпии и энтропии при кристаллизации.
10. Зависимость скорости кристаллизации от переохлаждения и времени.
11. Записать и объяснить уравнение Авраами-Колмогорова.
12. Какова структура слитка?
13. Как образуются ликвации и поры в слитках?
14. Чем отличаются механические смеси от твердых растворов?
15. Построить диаграмму эвтектического типа.
16. Построить диаграмму с неограниченной растворимостью .
17. Построить диаграмму с интерметаллическим соединением.
18. Раскрыть правило рычага.
19. Общие представления построения тройной диаграммы.
20. 21 Построить диаграмму растяжения металлов. Указать области упругих, пластичных деформаций.
21. Объяснить сущность хрупкого разрушения.
22. Роль дислокаций и примесных дефектов на упрочнение.
23. Рассказать о механизме упрочнения после закалки.
24. Указать все возможные фазы в системе железо-цементит.
25. Указать все возможные превращения в системе железо-углерод.
26. Структурная схема классификации сталей.

27. Как влияют примеси Si, C, P и S на свойства стали.
28. Как влияют легирующие компоненты ( Cr, Ti, Ni, Mo и др. на свойства стали).
29. Какие легирующие компоненты повышают жаростойкость
30. Серые чугуны, их классификация по форме графита и строению металлической основы. Влияние скорости охлаждения и примесей на процесс графитизации. Маркировка различных типов серых чугунов.
31. Модифицированные чугуны. Условия получения высокопрочного и ковкого чугунов. Связь между структурой и механическими свойствами этих чугунов.
32. Сравнительный анализ свойств серых, белых чугунов и углеродистых сталей. Области применения различных типов серых чугунов.
33. Превращения в стали при охлаждении. Диаграмма изотермического превращения переохлаждённого аустенита. Структура и свойства продуктов превращения.
34. Диаграмма изотермического превращения переохлаждённого аустенита. Структура и свойства продуктов превращения, образуемых при различных скоростях охлаждения.
35. Критическая скорость закалки. Мартенситное превращение и его особенности. Структура и свойства мартенсита. Причина его высокой твёрдости.
36. Остаточный аустенит, причины его сохранения при закалке; влияние на свойства изделий. Обработка стали холодом, её назначение и способ осуществления.
37. Зависимость твёрдости закалённой стали от содержания углерода. Дефекты закалённой стали, причины их возникновения и меры предупреждения. Преимущества и недостатки различных видов закалки.
38. Превращения в закалённой стали при отпуске. Изменение структуры и механических свойств стали в результате отпуска. Отличие структур, получаемых в результате отпуска, от аналогичных структур, образующихся при превращении переохлаждённого аустенита.
39. Отпускная хрупкость сталей, её разновидности и способы предотвращения.
40. Отжиг стали, его разновидности. Назначение различных видов отжига и режимы их проведения. Структура и свойства стали после отжига.

41. Термомеханическая обработка стали и её разновидности. Изменение структуры и свойств стали при термомеханической обработке.
42. Прокаливаемость, её влияние на эксплуатационные свойства закалённой стали. Факторы, влияющие на прокаливаемость и критическую скорость закалки.
43. Цели легирования стали. Наиболее распространённые легирующие элементы. Влияние легирующих элементов на превращения переохлаждённого аустенита и прокаливаемость стали, мартенситное превращение и количество остаточного аустенита
44. Классификация легированных сталей по структуре и назначению. Маркировка легированных сталей. Примеры легированных сталей различных классов и назначений.
45. Конструкционные легированные стали, их классификация, свойства и назначение. Примеры сталей каждого типа. Цементуемые и улучшаемые стали. Режимы термической обработки, структура, механические свойства и области применения этих сталей.
46. Цементация стали, её назначение и способы осуществления. Стали, подверженные цементации. Термическая обработка цементированных изделий, их структура и свойства.
47. Азотированные стали, его назначение и способы осуществления. Стали для азотирования. Особенности химико-термической обработки изделий при азотировании. Структура азотированных изделий.
48. Цианирование стали, его назначение, разновидности и способы осуществления. Борирование и диффузное насыщение стали металлами.
49. Строительные (низколегированные) стали; их маркировка, химический состав, свойства, области применения.
50. Рессорно-пружинные стали; их маркировка, химический состав, термическая обработка, структура и механические свойства.
51. Подшипниковые стали; их маркировка, химический состав, термическая обработка, структура и механические свойства.
52. Износостойкие стали перлитного и аустенитного классов, их назначение, маркировка, химический состав, термическая обработка, причина высокой износостойкости.
53. Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали, природа их коррозионной стойкости; их химический состав, классификация и маркировка.

- Межкристаллитная коррозия нержавеющей сталей, её природа и способы предупреждения.
54. Жаропрочность, её характеристики. Факторы, способствующие повышению жаропрочности. Классификация жаропрочных материалов; примеры сплавов различных классов, их химический состав, маркировка, применения.
  55. Жаростойкость, её зависимость от химического состава материала. Принцип легирования жаростойких сплавов. Примеры жаростойких сталей и сплавов, их химический состав, маркировка, применения.
  56. Магнитомягкие и магнитотвёрдые стали и сплавы; их назначение, химический состав, структура и свойства, цели и режимы термической обработки.
  57. Сплавы с высоким электрическим сопротивлением; их назначение, химический состав и классификация. Структурная особенность этих сплавов. Примеры сплавов каждого класса.
  58. Сплавы с особенностями теплового расширения и упругих свойств, их назначение, химический состав, свойства.
  59. Классификация инструментальных сталей по назначению. Нетеплостойкие стали для режущего инструмента; их химический состав, маркировка, термическая обработка, структура и механические свойства.
  60. Быстрорежущие стали; химический состав, маркировка, природа их красностойкости. Изменение структуры и свойств на различных этапах термической обработки.
  61. Твёрдые сплавы, их характерные свойства и назначение. Технология получения, структура и маркировка твёрдых сплавов.
  62. Штампованные стали для холодного и горячего деформирования металла; химический состав, маркировка, термическая обработка, структура и механические свойства сталей различных групп.
  63. Классификация сплавов на основе меди. Влияние содержания цинка на структуру, механические и технологические свойства латуней. Классификация и маркировка латуней.
  64. Классификация бронз. Влияние содержания олова на структуру, механические и технологические свойства оловянных бронз. Маркировка, свойства и применения оловянных и безоловянных бронз.

65. Сплавы для подшипников скольжения, их свойства и структурные особенности. Химический состав, структура и свойства распространенных марок подшипниковых (антифрикционных) сплавов.
66. Классификация алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой. (маркировка, химический состав, свойства, применения). Основы упрочняющей термической обработки алюминиевых сплавов.
67. Литейные алюминиевые сплавы, их химический состав, маркировка, свойства и применения. Модифицирование и термическая обработка сплавов данной группы.
68. Сплавы на основе титана, их свойства и области применения. Классификация титановых сплавов по структуре; химический состав и характерные свойства сплавов каждой группы.
69. Сплавы на основе магния; классификация и маркировка. Химический состав, технологические и механические свойства сплавов различных классов.
70. Композиционные материалы с металлической матрицей; их классификация, особенности строения и свойств; области применения.
71. Классификация неметаллических материалов. Полимеры; основные понятия, особенности высокомолекулярного строения полимеров.
72. Форма макромолекул. Линейные и сетчатые (замкнутые пространственные) полимеры; связь между их строением и свойствами.
73. Физические состояния полимеров (стеклообразное, высокоэластичное, вязкотекучее). Связь между строением (формой макромолекул) и физическим состоянием полимера. Термопластичные и терморезистивные полимеры.
74. Механические свойства полимеров. Типичные диаграммы растяжения термопластичных и терморезистивных полимеров в стеклообразном состоянии. Природа высокой эластичности. Вынужденная эластичность
75. Влияние температуры и скорости нагружения на прочность полимеров. Долговечность полимеров, факторы, от которых она зависит. Старение полимеров, пути его сдерживания.
76. Пластмассы; их состав, роль различных компонентов. Классификация пластмасс по типу наполнителя и природы полимерной основы. Термопластичные и терморезистивные пластмассы; пресспорошки,

волокниты, слоистые пластики. Характерные свойства соответствующих типов пластмасс.

### 3.3 Тестовые задания

*Вопросы для тестирования студентов по курсу «Материаловедение»*

#### **ТЕСТ 1**

##### *Строение и свойства металлов*

*?1 Металлическая связь это:*

- способность валентных электронов свободно перемещаться по всему объему кристалла
- =взаимодействие между «ионным скелетом» и «электронным газом»
- способность металлов легко отдавать свои валентные электроны

*?2 Металлы какой подгруппы относятся к черным:*

- легкие (Be, Al, Mg)
- легкоплавкие (Zn, Sn, Pb)
- =тугоплавкие (W, V, Ti)
- благородные (Au, Pt, Ag)

*?3 Металлы какой подгруппы относятся к цветным:*

- железные (Co, Ni, Mg)
- =легкоплавкие (Zn, Sn, Pb)
- тугоплавкие (W, V, Ti)
- щелочноземельные (R, Ca, Na)

*?4 С уменьшением температуры электросопротивление металлов:*

- =падает
- повышается
- остается постоянным
- изменяется по закону выпуклой кривой с максимумом

*?5 Отсутствие собственного объема характерно для:*

- жидкости
- =газа
- твёрдого тела
- металла

*?6 К тугоплавким металлам относятся:*

- свинец
- =вольфрам
- олово
- алюминий

*?7 К легкоплавким металлам относятся:*

- =свинец
- вольфрам
- ванадий
- титан

?8 При температуре, меньшей, чем температура плавления, наименьшей свободной энергией обладают системы атомов:

- в газообразном состоянии
  - в жидком состоянии
  - в твердом состоянии
- =в виде плазмы

?9 Компоненты, не способные к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступающие в химическую реакцию с образованием соединения образуют:

- твердые растворы внедрения
  - химические соединения
- =смеси
- твердые растворы замещения

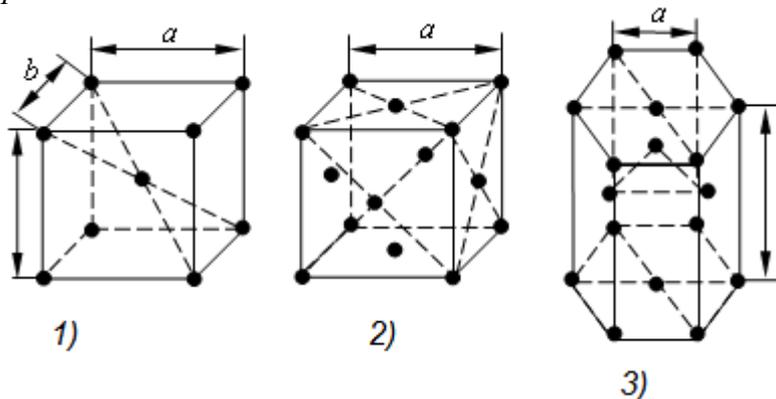
?10 Зерна со специфической кристаллической решеткой, отличной от решеток обоих компонентов, характеризующиеся определенной температурой плавления и скачкообразным изменением свойств при изменении состава представляют собой:

- твердые растворы внедрения
- =химические соединения
- смеси
  - твердые растворы замещения

?11 При расположении атомов одного компонента в узлах кристаллической решетки другого компонента (растворителя) образуются:

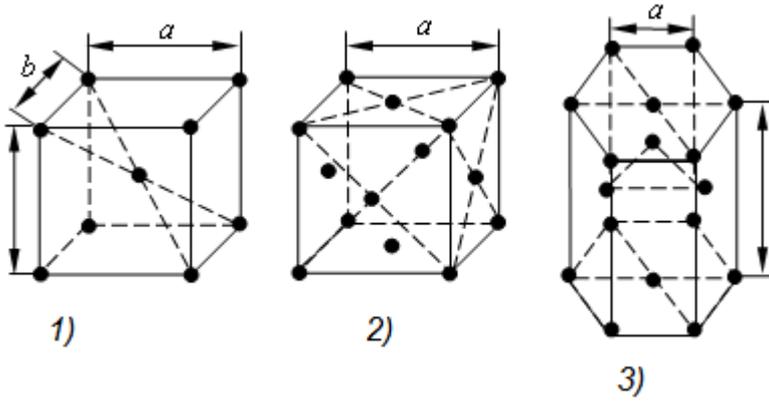
- твердые растворы внедрения
  - химические соединения
- =смеси
- =твердые растворы замещения

?12 Какая из форм кристаллических решеток является объемноцентрированной кубической решеткой?



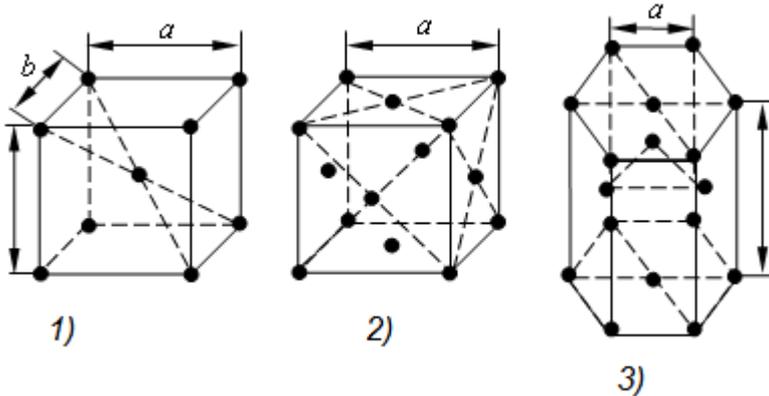
- =1
- 2
- 3

?13 Какая из форм кристаллических решеток является гранецентрированной кубической решеткой?



-1  
 =2  
 -1

?14 Какая из форм кристаллических решеток является гексагональной плотноупакованной решеткой?



-1  
 -2  
 =3

?15 Зависимость свойств кристалла от направления, возникающая в результате упорядоченного расположения атомов в пространстве, называется:

-полиморфизмом  
 =анизотропией  
 -аллотропией  
 -текстурой

?16 Прочностные свойства металлов вдоль различных кристаллографических направлений:

-не зависят числа атомов, расположенных на этих направлениях  
 =зависят от числа атомов, расположенных на этих направлениях  
 -зависят только от коэффициента компактности

?17 Существование одного металла в нескольких кристаллических формах носит название:

=полиморфизма  
 -анизотропии  
 -кристаллизации  
 -текстуры

?18 Кристаллы неправильной формы называются:

=кристаллитами или зернами

- монокристаллами
- блоками
- дендритами

?19 К поверхностным дефектам относятся:

- пустоты, поры, включения
- =большеугловые и малоугловые границы
- атомы внедрения, атомы замещения и вакансии
- краевые и винтовые дислокации

?20 К точечным дефектам относятся:

- пустоты, поры, включения
- большеугловые и малоугловые границы
- =атомы внедрения, атомы замещения и вакансии
- краевые и винтовые дислокации

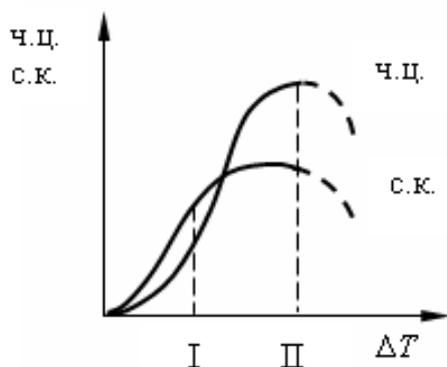
?21 К линейным дефектам относятся:

- пустоты, поры, включения
- большеугловые и малоугловые границы
- атомы внедрения, атомы замещения и вакансии
- =краевые и винтовые дислокации

?22 К объемным дефектам относятся:

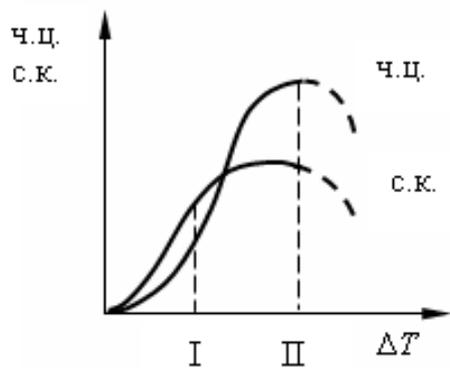
- =пустоты, поры, включения
- большеугловые и малоугловые границы
- атомы внедрения, атомы замещения и вакансии
- краевые и винтовые дислокации

?23 По графику зависимости скорости роста кристаллов и числа центров кристаллизации от степени переохлаждения укажите величину зерна в зоне I:



- равноосное зерно
- =крупное зерно
- мелкое зерно

?24 По графику зависимости скорости роста кристаллов и числа центров кристаллизации от степени переохлаждения укажите величину зерна в зоне II:



- равноосное зерно
- крупное зерно
- =мелкое зерно

?25 Последовательность образования зон в процессе кристаллизации слитка: зона столбчатых кристаллов (1), усадочная раковина (2), зона равноосных кристаллов (3), мелкозернистая корка (4):

- 1-2-3-4
- =4-1-3-2
- 2-1-4-3
- 4-1-2-3

### **Тест №2 Механические свойства металлов. Кристаллизация. Диаграммы 2-ных металлических сплавов.**

?1 Деформацией называется:

- перестройка кристаллической решетки
- изменение угла между двумя перпендикулярными волокнами под действием внешних нагрузок
- =изменения формы или размеров тела (или части тел) под действием внешних сил, а также при нагревании или охлаждении и других воздействиях, вызывающих изменение относительного положения частиц тела
- удлинение волокон под действием растягивающих сил

?2 Какие из перечисленных свойств относятся к механическим?

- плотность  $\rho$
- =твёрдость по Бринеллю НВ
- коэффициент теплопроводности  $\lambda$
- удельная теплоемкость  $C_V$

?3 При испытании образца на растяжение определяется:

- =предел прочности  $\sigma_B$
- относительные и истинные деформации
- твёрдость по Бринеллю НВ
- ударная вязкость КСУ

?4 Измерение твердости, основанное на том, что в плоскую поверхность металла вдавливают под постоянной нагрузкой закаленный шарик используется:

- =в методе Бринелля
- в методе Шора

-в методе Роквелла по шкалам А и С

-в методе Виккерса

*?5 Измерение твердости, основанное на том, что в плоскую поверхность металла вдавливают под постоянной нагрузкой алмазный индентор в виде конуса с углом при вершине  $120^\circ$  (шкалы А и С), используется:*

-в методе Бринелля

-в методе Шора

=в методе Роквелла по шкалам А и С

-в методе Виккерса

*?6 Измерение твердости, основанное на вдавливании в поверхность образца алмазного индентора (наконечника, имеющего форму правильной четырехгранной пирамиды с двугранным углом при вершине  $136^\circ$ , используется:*

-в методе Бринелля

-в методе Шора

-в методе Роквелла по шкалам А и С

=в методе Виккерса

*?7 При испытаниях на маятниковом копре определяют:*

-предел прочности при растяжении

=ударную вязкость

-относительное удлинение

-предел ползучести

-пределы текучести, упругости, пропорциональности

*?8 Способность материала сопротивляться динамическим нагрузкам характеризуется:*

=ударной вязкостью

-пределом прочности

-пределом ползучести

*?9 Изменение структуры и свойств металла, вызванное пластической деформацией называется:*

=упрочнением

-разупрочнением

-динамическим возвратом

*?10 В результате наклепа пластичность:*

-не изменяется

-увеличивается

=уменьшается

*?11 В результате наклепа предел текучести:*

-не изменяется

=увеличивается

-уменьшается

*?12 Анизотропная поликристаллическая среда, состоящая из кристаллов с преимущественной ориентировкой называется:*

-наклепом

-двойникованием

=текстурой

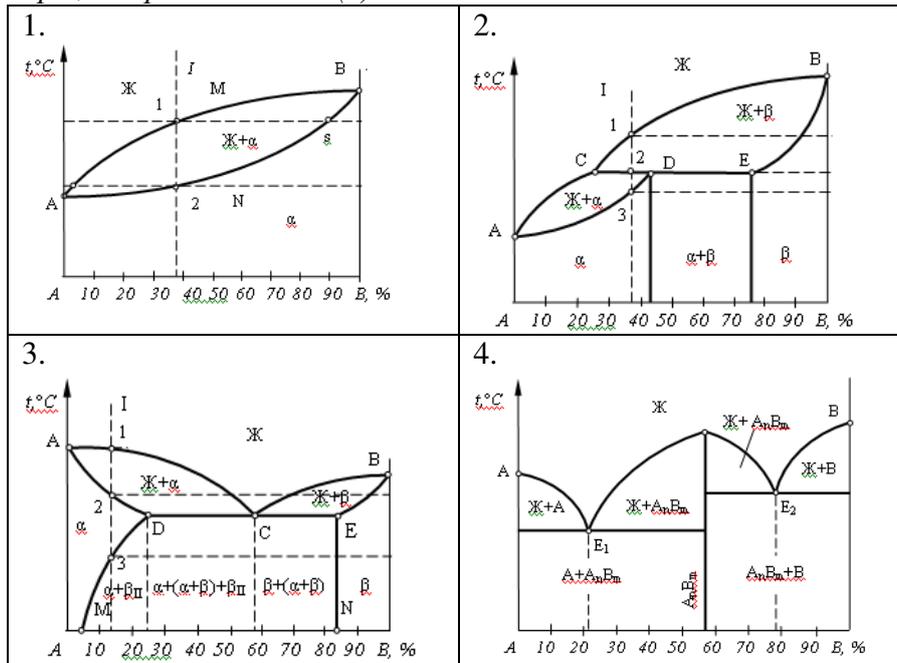
?13 Пластическая деформация называется холодной, если она происходит:

- при температуре ниже температуры кристаллизации
- =при температуре ниже температурного порога рекристаллизации
- при температуре выше или равной температурному порогу рекристаллизации
- при температуре ниже 200 °С

?14 Температурный порог рекристаллизации металла (сплава):

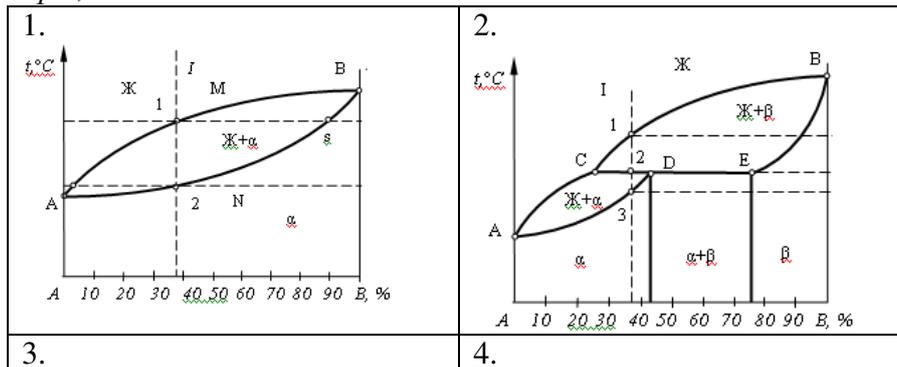
- является постоянной физической величиной
- не зависит от степени предварительной деформации
- =зависит от степени предварительной деформации

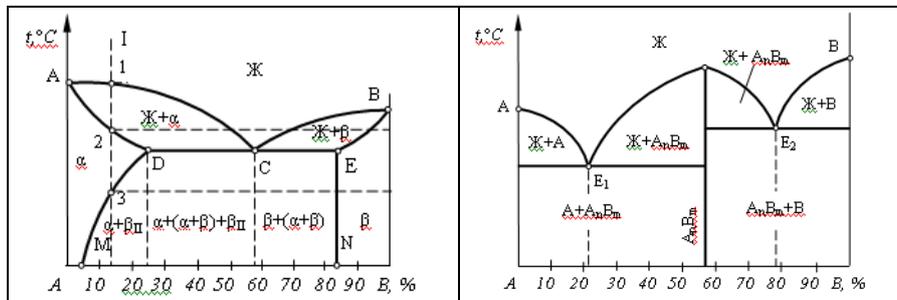
?15 На каком рисунке изображена диаграмма состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы, с перитектикой: (2)\*



- 1
- =2
- 3
- 4

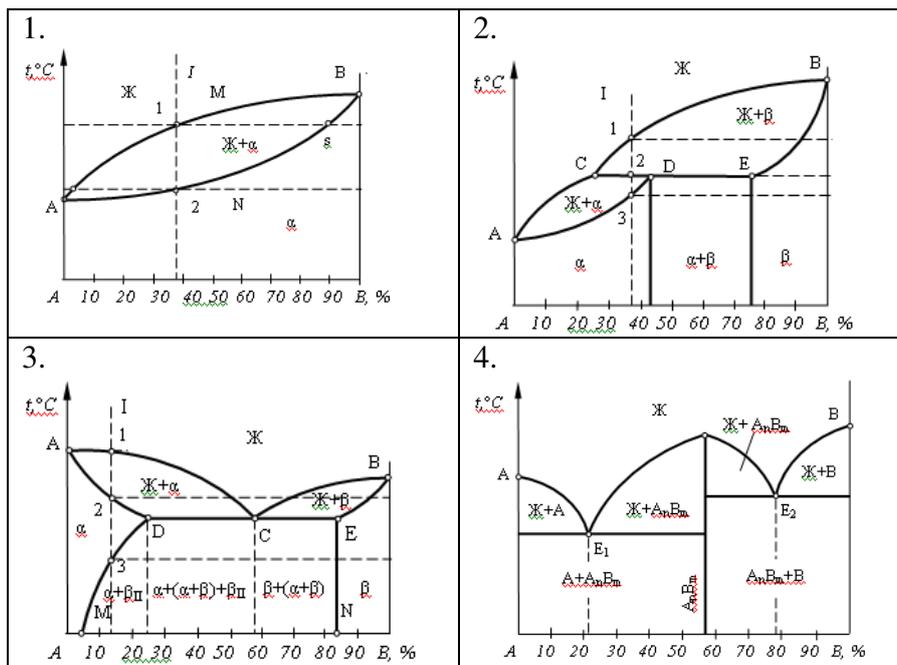
?16 На каком рисунке изображена диаграмма состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы, с эвтектикой:





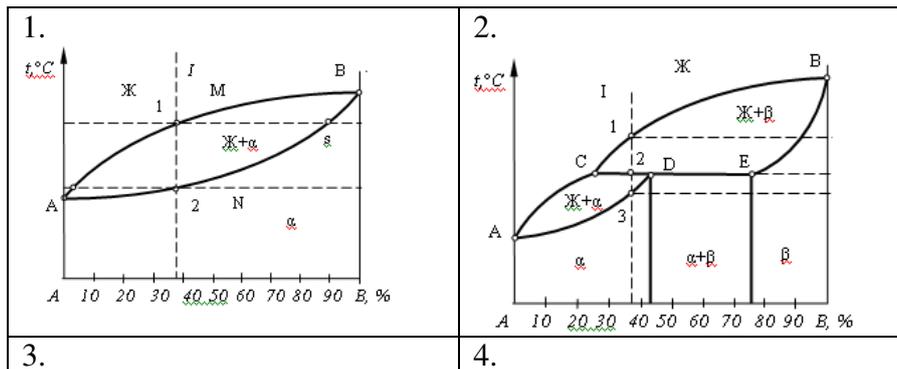
- 1
- 2
- =3
- 4

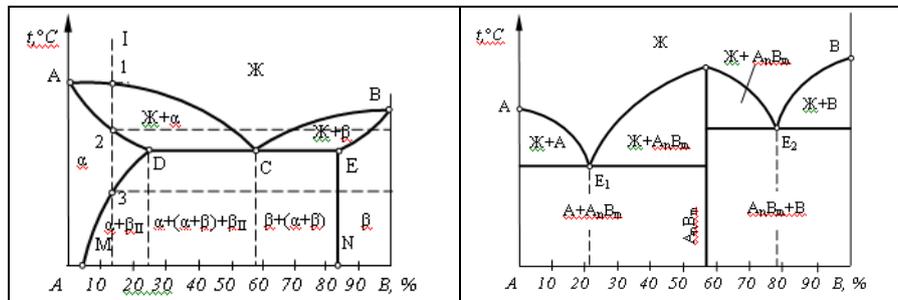
?17 На каком рисунке изображена диаграмма состояния сплавов, образующих неограниченные твердые растворы:



- =1
- 2
- 3
- 4

?18 На каком рисунке изображена диаграмма состояния сплавов, образующих химическое соединение:





- 1
- 2
- 3
- =4

?19 Линией «Ликвидус» называют температуру, соответствующую:

- = началу кристаллизации
- полиморфному превращению
- соответствующую эвтектическому превращению
- концу кристаллизации

?20 Линией «Солидус» называют температуру, соответствующую:

- началу кристаллизации
- полиморфному превращению
- соответствующую эвтектическому превращению
- = концу кристаллизации

### Тест №3 Диаграмма железо-цементит. Стали и чугуны.

?1 Твердый раствор внедрения углерода в Fe $\alpha$  называется:

- цементитом
- = ферритом
- аустенитом
- ледебуритом

?2 Твердый раствор внедрения углерода в Fe $\gamma$  называется:

- цементитом
- ферритом
- = аустенитом
- ледебуритом

?3 Химическое соединение Fe $_3$ C называется:

- = цементитом
- ферритом
- аустенитом
- ледебуритом

?4 Упорядоченный перенасыщенный твердый раствор углерода в Fe $\alpha$  называется:

- цементитом
- ферритом
- аустенитом
- = мартенситом

?5 Сталями называют:

- сплавы железа с углеродом, содержащие до 0,02% C
- = сплавы железа с углеродом, содержащие от 0,02 до 2,14% C

- сплавы железа с углеродом, содержащие от 2,14 до 6,67% С
- сплавы железа с углеродом, содержащие 0,8% С

?6 Чугунами называют:

- сплавы железа с углеродом, содержащие до 0,02% С
- сплавы железа с углеродом, содержащие от 0,02 до 2,14% С
- =сплавы железа с углеродом, содержащие от 2,14 до 6,67% С
- сплавы железа с углеродом, содержащие 0,8% С

?7 Техническим железом называется:

- =сплавы железа с углеродом, содержащие до 0,02% С
- сплавы железа с углеродом, содержащие от 0,02 до 2,14% С
- сплавы железа с углеродом, содержащие от 2,14 до 6,67% С
- сплавы железа с углеродом, содержащие 0,8% С

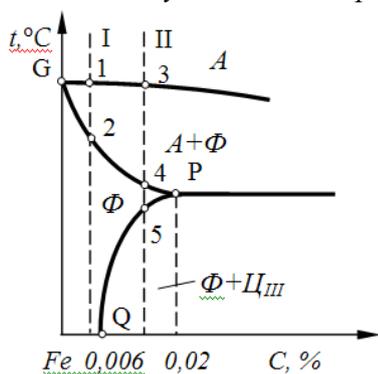
?8 Эвтектическая смесь аустенита и цементита называется:

- перлитом
- сорбитом
- =ледебуритом
- трооститом

?9 Эвтектоидная смесь феррита и цементита называется:

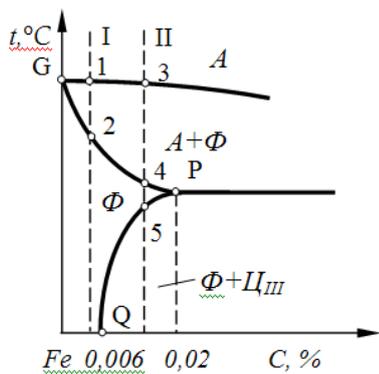
- =перлитом
- сорбитом
- ледебуритом
- трооститом

?10 Сплав I, указанный на рисунке 1, называется:



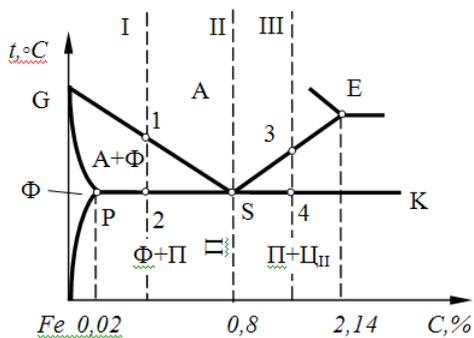
- доэвтектоидной сталью
- =однофазным техническим железом
- двухфазным техническим железом
- доэвтектическим чугуном

?11 Сплав II, указанный на рисунке называется:



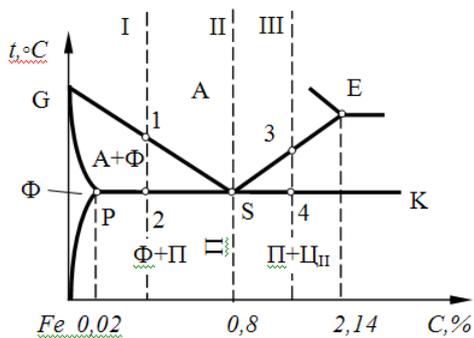
- доэвтектоидной стали
- однофазным техническим железом
- =двухфазным техническим железом
- доэвтектическим чугуном

?12 Сплав I, указанный на рисунке называется:



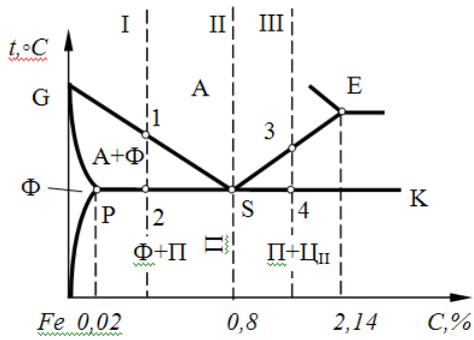
- заэвтектоидной стали
- =доэвтектоидной стали
- техническим железом
- эвтектоидной стали

?13 Сплав II, указанный на рисунке называется:



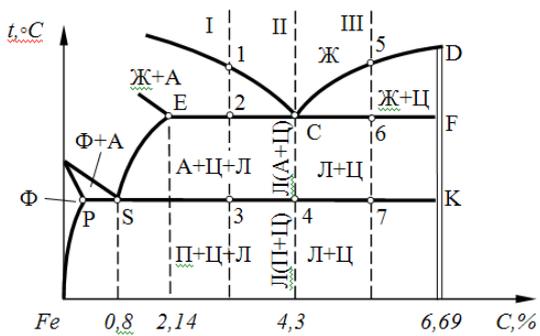
- заэвтектоидной стали
- доэвтектоидной стали
- техническим железом
- =эвтектоидной стали

?14 Сплав III, указанный на рисунке называется:



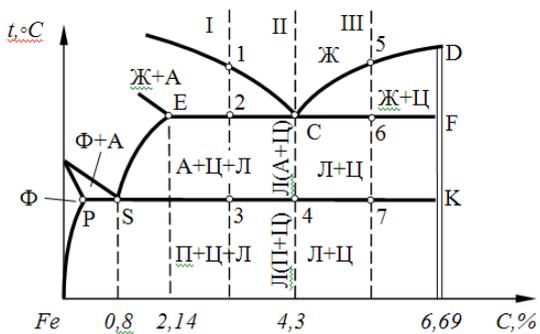
- =заэвтектоидной сталью
- доэвтектоидной сталью
- техническим железом
- эвтектоидной сталью

?15 Сплав I, указанный на рисунке называется:



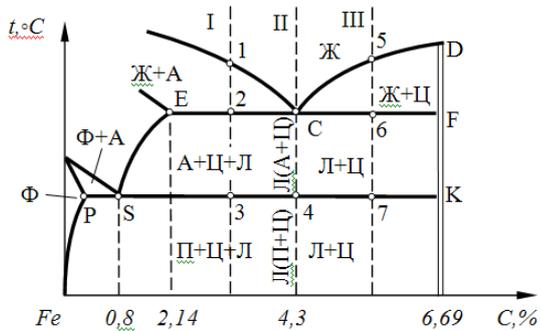
- заэвтектоидной сталью
- доэвтектоидной сталью
- =довтектическим чугуном
- завтектическим чугуном

?16 Сплав II, указанный на рисунке называется:



- =эвтектическим чугуном
- доэвтектоидной сталью
- довтектическим чугуном
- завтектическим чугуном

?17 Сплав III, указанный на рисунке называется:



- эвтекктическим чугуном
- доэвтектоидной сталью
- довтекктическим чугуном
- =завтекктическим чугуном

?18 Укажите структуру доэвтектоидной стали:

- перлит
- перлит + цементит
- =феррит + перлит
- феррит + цементит III

?19 Укажите структуру заэвтектоидной стали:

- перлит
- =перлит + цементит
- феррит + перлит
- феррит + цементит III

?20 Укажите структуру эвтектоидной стали:

- =перлит
- перлит + цементит
- феррит + перлит
- феррит + цементит III

?21 Укажите структуру доэвтекктического чугуна:

- ледебурит
- =перлит + цементит + ледебурит
- ледебурит + цементит
- перлит

?22 Укажите структуру эвтекктического чугуна:

- =ледебурит
- перлит + цементит + ледебурит
- ледебурит + цементит
- перлит

?23 Укажите структуру заэвтекктического чугуна:

- ледебурит
- перлит + цементит + ледебурит
- =ледебурит + цементит
- перлит

?24 Какие примеси в железоуглеродистых сталях относятся к вредным:

- кремний, марганец

- марганец, алюминий
- =сера, фосфор
- медь, титан

?25 Какие примеси в железоуглеродистых сталях относятся к полезным:

- =кремний, марганец
- фосфор, алюминий
- сера, фосфор
- водород, титан

?26 В каких сталях в наибольшей степени удален кислород:

- в кипящих «кп»
- =в спокойных «сп»
- в полуспокойных «пс»
- в низкоуглеродистых

#### **Тест №4 курса «Материаловедение»**

?1 Стали, характеризующиеся низким содержанием вредных примесей и неметаллических включений, называются:

- малопрочными и высокопластичными
- =углеродистыми качественными
- углеродистыми сталями обыкновенного качества
- автоматными сталями

?2 Укажите марку углеродистой стали обыкновенного качества:

- 08пс
- =ст4
- 15
- 08кп

?3 Укажите марку качественной стали:

- =08пс
- ст4
- АС14
- ст3Гпс

?4 Чугун, в котором весь углерод находится в виде химического соединения  $Fe_3C$ , называется:

- серым
- ковким
- =белым
- высокопрочным

?5 Чугуны с пластинчатой формой графита, называются:

- =серыми
- ковкими
- белыми
- высокопрочными

?6 Чугуны, в которых графит имеет шаровидную форму, называются:

- серыми

- ковкими
- белыми
- =высокопрочными

?7 Чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму называется:

- серыми
- =ковкими
- белыми
- высокопрочными

?8 Среднее значение предела прочности чугуна СЧ15 в МПа равно:

- 15
- =150
- 1,5
- 1500

?9 Среднее значение предела прочности чугуна ВЧ50 в МПа равно:

- =500
- 50
- 5
- 0,5

?10 Среднее значение предела прочности чугуна КЧ37–12 в МПа равно:

- 37
- 3,7
- =370
- 12

?11 Шаровидная форма высокопрочных чугунов получается путем модифицирования:

- =магнием
- литием
- никелем
- молибденом

?12 Признаками неисправимого брака при термической обработке стали является:

- образование мелкозернистой структуры
- образование крупного действительного зерна
- получение видманштеттовой структуры
- =появление участков оплавления по границам зерна и их окисление

?13 Какие структуры термообработанной стали образованы диффузионным превращением переохлажденного аустенита?

- троостит отпуска, сорбит отпуска
- =перлит, сорбит, троостит
- мартенсит отпуска
- мартенсит

?14 Какие структуры термообработанной стали образованы бездиффузионным превращением переохлажденного аустенита?

- троостит отпуска, сорбит отпуска
- перлит, сорбит, троостит
- графит

=мартенсит

?15 Укажите кристаллическую решетку мартенсита:

- объемно-центрированная кубическая
- гранецентрированная кубическая
- ромбическая
- =тетрагональная

?16 Термическая операция, состоящая в нагреве металла в неустойчивом состоянии, полученном предшествующими обработками, выдержке при температуре нагрева и последующем медленном охлаждении для получения структур, близких к равновесному состоянию, называется:

- нормализацией
- =отжигом
- закалкой
- отпуском

?17 Термическая обработка стали, заключающаяся в нагреве, выдержке и последующем охлаждении на воздухе, называется:

- =нормализацией
- отжигом
- закалкой
- отпуском

?18 Термическая обработка (нагрев и последующее быстрое охлаждение), после которой материал находится в неравновесном структурном состоянии, несвойственном данному материалу при нормальной температуре, называется:

- нормализацией
- отжигом
- =закалкой
- отпуском

?19 Вид термической обработки сплавов, осуществляемой после закалки и представляющей собой нагрев до температур, не превышающих  $A_1$ , с последующим охлаждением, называют:

- нормализацией
- отжигом
- закалкой
- =отпуском

?20 Какая из предложенных форм графита характерна для серого чугуна?

- =пластинчатая
- шаровидная
- хлопьевидная

?21 Какая из предложенных форм графита характерна для высокопрочного чугуна?

- вермикулярная
- пластинчатая
- =шаровидная
- хлопьевидная

?22 Какая из предложенных форм графита характерна для ковкого чугуна?

- вермикулярная

- пластинчатая
- шаровидная
- =хлопьевидная

?23 СЧ15 – одна из марок серого чугуна с пластинчатым графитом. Цифра 15 означает:

- содержание углерода в процентах
- относительное удлинение
- =предел прочности при растяжении
- твёрдость по Бринеллю

?24 К отжигу I рода относятся:

- полный
- =рекристаллизационный
- неполный
- изотермический

?25 К отжигу II рода относятся:

- =полный
- рекристаллизационный
- диффузионный
- отжиг для снятия напряжений

?26 При отжиге деталь охлаждают:

- на воздухе
- в воде
- =с печью
- в масле

?53 При нормализации деталь охлаждают:

- =на воздухе
- в воде
- с печью
- в масле

### **Тест № 5 Термическая и химико-термическая обработка сталей и сплавов**

1. К отжигу I рода относятся:

- 1) полный;
- 2) рекристаллизационный\*;
- 3) неполный;
- 4) изотермический.

2. К отжигу II рода относятся:

- 1) полный\*;
- 2) рекристаллизационный;
- 3) диффузионный;
- 4) отжиг для снятия напряжений.

3. При отжиге деталь охлаждают:

- 1) на воздухе;
- 2) в воде;
- 3) с печью\*;

4) в масле.

4. При нормализации деталь охлаждают:

- 1) на воздухе\*;
- 2) в воде;
- 3) с печью;
- 4) в масле.

5. Какая температура необходима для нагрева под закалку стали Ст 45

- 1) выше линии  $A_1$  на  $30+50$  °C
- 2) выше линии  $A_3$  на  $30+50$  °C\*
- 3) выше линии  $A_3$

6. Какая температура необходима для нагрева под закалку стали У12?

- 1) выше линии  $A_1$  на  $30+50$  °C\*
- 2) выше линии  $A_3$  на  $30+50$  °C
- 3) выше линии  $A_3$

7. Что такое мартенсит?

- 1) это пересыщенный твердый раствор углерода в  $Fe_\alpha$ \*
- 2) это пересыщенный твердый раствор углерода  $Fe_\gamma$
- 3) это химическое соединение  $Fe_3C$ .

8. Какая температура требуется при цементации стали ?

- 1) 900-970 °C\*
- 2) 500-600 °C
- 3) 600-900 °C

9. Какая температура требуется при азотировании стали ?

- 1) 900-970 °C
- 2) 500-600 °C\*
- 3) 600-900 °C

10. Какое фазовое превращение происходит при закалке

- 1) аустенит превращается в мартенсит\*
- 2) аустенит превращается в феррит,
- 3) цементит превращается в аустенит

11. От каких величин зависит углубление прокаливаемости стали

- 1) от содержания углерода,
- 2) от размеров зерна аустенита и количества легирующих элементов\*
- 3) от скорости охлаждения

12. Если температура отпуска равна 500 °C, то это

- 1) средний отпуск
- 2) высокий отпуск\*
- 3) низкий отпуск

13. Нормализация это есть процесс

- 1) охлаждения детали с печкой,
- 2) охлаждения детали на воздухе,\*
- 3) охлаждения детали в воде

14. Когда мы имеем большую глубину прокаливаемости?

- 1) при охлаждении в масле,
- 2) при охлаждении в воде\*,
- 3) при охлаждении в керосине.

**Тест № 6 Специальные стали. Инструментальные, быстрорежущие, жаростойкие, жаропрочные и нержавеющие.**

1. Какая из сталей относится к автоматной:

- 1) 40А;\*
- 2) А12;
- 3) 08пс;
- 4) 18ХГТ.

2. *Какая из сталей относится к подшипниковой:*

- 1) 40Х;
- 2) АС4;
- 3) ШХ15;\*
- 4) 18ХГТ.

3. *Какая из сталей относится к износостойкой:*

- 1) 40Х;
- 2) АС4;
- 3) 110Г13Л;\*
- 4) 18ХГТ.

4. *Какая из сталей относится к коррозионно-стойкой:*

- 1) 40Х;
- 2) 40Х13;\*
- 3) 40;
- 4) 40ХГ.

5. *Металлические материалы, способные сопротивляться разрушению в агрессивных средах, называются:*

- 1) жаростойкими;
- 2) жаропрочными;
- 3) коррозионно-стойкими;\*
- 4) износостойкими.

6. *Металлические материалы, способные сопротивляться ползучести и разрушению при высоких температурах при длительном действии нагрузки, называются:*

- 1) жаростойкими;
- 2) жаропрочными;\*
- 3) коррозионно-стойкими;
- 4) износостойкими.

7. *Металлические материалы, обладающие повышенным сопротивлением химическому взаимодействию с газами при высоких температурах, называются:*

- 1) жаростойкими;\*
- 2) жаропрочными;
- 3) коррозионно-стойкими;
- 4) износостойкими.

8. *Напряжение, которое вызывается за установленное время испытания при заданной температуре, заданное удлинение образца или заданную скорость деформации, называется:*

- 1) пределом ползучести;\*
- 2) пределом прочности;
- 3) пределом текучести;
- 4) пределом длительной прочности.

9. *Какая из перечисленных ниже структур имеет более высокие жаропрочные свойства:*

- 1) ферритная;
- 2) перлитная;
- 3) мартенситная;
- 4) аустенитная.\*

10. Расположите следующие группы режущих инструментальных материалов в порядке возрастания их теплостойкости: 1 – твердые сплавы, 2 – быстрорежущие стали, 3 – углеродистые инструментальные стали, 4 – природный алмаз:

- 1) 1, 2, 3, 4;
- 2) 4, 2, 3, 1;
- 3) 2, 4, 1, 3;
- 4) 3, 4, 2, 1.\*

11. Расположите следующие группы режущих инструментальных материалов в порядке возрастания их твердости: 1 – твердые сплавы, 2 – быстрорежущие стали, 3 – углеродистые инструментальные стали, 4 – природный алмаз:

- 1) 1, 2, 3, 4;
- 2) 2, 1, 3, 4;
- 3) 3, 2, 1, 4;\*
- 4) 4, 3, 2, 1.

12. Цель легирования:

- 1) создание сталей с особыми свойствами (жаропрочность, коррозионная стойкость и т. д.);\*
- 2) получение гладкой поверхности;
- 3) повышение пластических свойств;
- 4) уменьшения поверхностных дефектов.

13. Какой легирующий элемент обозначается буквой С при маркировке сталей?

- 1) Селен;
- 2) углерод;
- 3) кремний;\*
- 4) свинец.

14. Буква А при маркировке стали (например, 39ХМЮА, У12А) обозначает:

- 1) азот;
- 2) высококачественную сталь;\*
- 3) автоматную сталь;
- 4) сталь ферритного класса.

15. Укажите состав стали 35Х2АФ:

- 1) 0,35% С; 2% Cr, ≈1% N и V;\*
- 2) 3,5% С; 2% Cr, ≈1% N и V;
- 3) 0,35% С; 2% Cr, ≈1% V, высококачественная;
- 4) 0,35% Cr, 2% N и 1% V;

16. В сталях, используемых для изготовления строительных конструкций, содержание углерода должно быть:

- 1) до 0,8%;
- 2) от 0,35 до 0,45%;
- 3) не более 0,25%;\*

4) до 1,2%.

17. Для изготовления мелкогазмерных режущих (слесарных) инструментов (метчиков, напильников, развёрток и др.) применяются:

- 1) У10А – У13А;\*
- 2) 18ХГТ, 20ХГМ;
- 3) 110Г13Л;
- 4) 03Х18Н10, 17Х18Н9.

18. Какие карбиды составляют основу твёрдого сплава Т5К10?

- 1) Карбид вольфрама + карбид титана;\*
- 2) карбид хрома + карбид молибдена;
- 3) карбид марганца + карбид хрома;
- 4) карбид молибдена + карбид вольфрама.

19. Какие карбиды составляют основу твёрдого сплава ВК8?

- 1) Карбид вольфрама + карбид титана;
- 2) карбид хрома + карбид молибдена;
- 3) карбид вольфрама;\*
- 4) карбид молибдена + карбид вольфрама.

**Тест №7 Цветные металлы и сплавы. Порошковые и композиционные материалы.**

20. Латунн и бронзы – это сплавы на основе:

- 1) алюминия;
- 2) меди;\*
- 3) цинка;
- 4) магния.

21. Латунь Л80. Цифра в маркировке обозначает:

- 1) твёрдость;
- 2) временное сопротивление;
- 3) содержание меди;\*
- 4) содержание цинка.

22. Из предложенных марок сплавов выберите марку свинцовистой бронзы:

- 1) БрА7;
- 2) ЛК 80–3;
- 3) Бр ОЦС 4–4–2,5;
- 4) Бр С30.\*

23. Высокая коррозионная стойкость алюминиевых сплавов обусловлена:

- 1) типом кристаллической решетки;
- 2) наличием тонкой окисной плёнки  $Al_2O_3$ ;\*
- 3) наличием примесей;
- 4) легированием хромом.

24. Какой из предложенных деформируемых алюминиевых сплавов подвергается упрочняемой термообработке?

- 1) АМц1;
- 2) АМг5;
- 3) Д16;\*

4) АМг2.

25. Основным легирующим элементом литейных алюминиевых сплавов (силуминов) является:

- 1) магний;
- 2) титан;
- 3) кремний;\*
- 4) медь.

26. Какой метод используется для производства порошков технического железа

- 1) Электролиз расплавленных солей
- 2) Карбонильное разложение
- 3) Восстановление из окислов \*

27. Какой метод используется для производства порошков меди

- 1) электролиз расплавленных солей,
- 2) карбонильное разложение
- 3) электролиз водных растворов \*

28. Как определяется температура спекания изделий ( $T_{пл}$ - температура плавления)

- 1)  $T=0,7-0,8 T_{пл}$  \*
- 2)  $T= T_{пл}$
- 3)  $T= \sqrt{T_{пл}}$

29. Как определяется текучесть порошка?

- 1) это время, за которое вытекает 50 г порошка через отверстие диаметром 2 мм\* ,
- 2) это время, за которое вытекает 100 г порошка через отверстие диаметром 2 мм,
- 3) это время, за которое вытекает 50 г порошка через отверстие диаметром 1 мм?

### 3.4 Описание лабораторных работ по курсу «Материаловедение»

#### 3.4.1. Лабораторная работа № 1 «Определение твердости металлов и сплавов различными методами»

##### ВВЕДЕНИЕ

Под термином «ТВЕРДОСТЬ» в настоящее время понимают характеристику сопротивления, которое оказывает испытываемое тело при внедрении (вдавливании) в него другого, более твердого тела.

В машиностроении понятие твердости перешло из минералогии, где за единицу твердости была принята твердость различных минералов. В таблице 1 приведена твердость некоторых минералов.

Таблица 1. Твердость минералов по Моосу

Минерал	Твердость по Моосу
Тальк	1
Гипс	2
Известковый шпат	3
Плавиновый шпат	4

Минерал	Твердость по Моосу
Полевой шпат	6
Кварц	7
Топаз	8
Корунд	9

Апатит	5
--------	---

Алмаз	10
-------	----

В настоящее время методы определения качества изделий, базирующиеся или учитывающие влияние твердости, применяются очень широко. Причины этого в следующем:

1. Твердость коррелирует с прочностными характеристиками материала детали, поэтому измерение твердости можно использовать для контроля уровня механических свойств.

2. Измерение твердости - неразрушающий метод контроля, поэтому контролю можно подвергнуть 100% изделий.

3. Методы измерения твердости, как правило, не требуют изготовления специальных образцов и являются экспрессными.

4. Различные методы позволяют измерить как усредненные по большому объему значения твердости, так и твердость в микрообъемах, твердость малых деталей и тонких покрытий.

## 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ВДАВЛИВАНИЕМ

Наибольшее распространение получили методы измерения твердости вдавливанием. При этом методе индентор (наконечник), изготовленный из определенного материала и имеющий определенную форму, медленно и непрерывно вдавливают в испытываемый материал с определенной силой. В результате в испытываемом материале возникает упругая и пластическая деформация. Упругая деформация исчезает после снятия нагрузки, а по оставшейся пластической деформации судят о твердости материала. Величины твердости, определенные на одной и той же детали различными методами, могут различаться, поэтому величина твердости должна иметь еще обозначение метода, по которому твердость определялась. Различают определение микротвердости (нагрузка менее 0,2 кг.) и макротвердости (нагрузка более 0,2 кг.)

### 1.1 Измерение твердости по методу Бринелля

При определении твердости по методу Бринелля согласно ГОСТ 9012-75 в испытуемый металл под определенной нагрузкой вдавливается стальной закаленный шарик диаметром 2,5; 5,5 или 10,0 мм. Проба шариком осуществляется при отношении  $P/D^2$ , равном от 30 до 2,5.

Выдержка под нагрузкой составляет от 10 до 60 с. в зависимости от материала.

Число твердости по Бринеллю  $HВ$  характеризуется отношением нагрузки, действующей на шарик, к поверхности отпечатка:

$$HВ = \frac{P}{F} \quad (1)$$

где  $HВ$  - число твердости по Бринеллю

$P$  – нагрузка в КГС;

$F$  – шаровая поверхность отпечатка (сегмента), мм.

Поверхность шарового сегмента:

$$F = \pi \cdot D \cdot h \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр шарика, мм;

$h$  – глубина отпечатка, мм.

Так как удобнее измерять не глубину отпечатка, а его диаметр, то можно записать (см. рисунок1).

$$F = \frac{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2} \quad (3)$$

Подставляя (3) в (1) имеем:

$$HB = \frac{P}{F} = \frac{P}{\pi \cdot D \cdot h} = \frac{P}{\frac{\pi}{2} \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (4)$$

Получаемое число твердости при прочих равных условиях определяется диаметром отпечатка  $d$ . Последний тем меньше, чем выше твердость испытуемого металла.

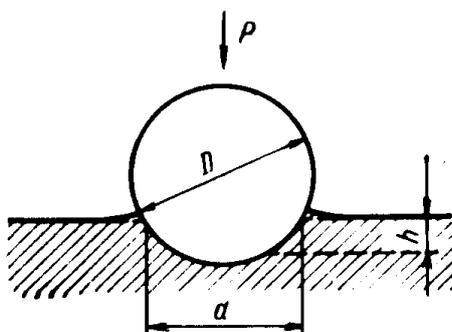


Рисунок 1. Схема испытаний твердости по Бринеллю

Однако, получение постоянной и одинаковой зависимости между величиной нагрузки и диаметром отпечатка, необходимое для точного определения твердости, сравнительно надежно достигается только при соблюдении определенных условий. При вдавливании шарика на разную глубину, т. е. с разной нагрузкой для одного и того же материала, не соблюдается закон подобия (т. е. отношение  $P/D^2 = \text{const}$ ) между получаемыми диаметрами отпечатка. Поэтому твердость измеряют при постоянном соотношении между величиной нагрузки  $P$  и квадратом диаметра шарика  $D^2$ . Это соотношение должно быть различным для металлов разной твердости.

В процессе вдавливания наряду с пластической деформацией измеряемого металла происходит также упругая деформация вдавливаемого шарика. Величина этой деформации, искажающей результаты определения, возрастает при измерении твердых материалов. Поэтому испытания вдавливанием шарика ограничивают измерением металлов небольшой и средней твердости (для стали не более HB 450).

Известное влияние оказывает также длительность выдержки металла под нагрузкой. Легкоплавкие металлы (свинец, цинк, баббиты), имеющие низкую температуру рекристаллизации, испытывают пластическую деформацию не только в момент вдавливания, но и в течение некоторого времени после приложения нагрузки. С увеличением выдержки под нагрузкой пластическая деформация этих металлов практически стабилизируется.

Стандартом установлены нормы для испытаний по Бринеллю (табл. 2).

В практике определения твердости по Бринеллю вычислений по формуле (4) не делают, а пользуются таблицей, составленной для установленных диаметров, шариков, отпечатков и нагрузок.

Между пределом прочности и числом твердости HB различных металлов существует следующая корреляционная зависимость.

Сталь с твердостью HB:	$\sigma_B$ , кг·с/мм <sup>2</sup>
	0,34 HB
	0,35 HB
Медь, латунь, бронза:	
отожженная	0,55 HB
наклепанная	0,40 HB
Алюминий и алюминиевые сплавы с твердостью HB:	
20-45	(0,33-0,36) HB
Дуралюмин	
отожженный	0,36 HB
после закалки и старения	0,35 HB
Серый чугун	$\frac{HB - 40}{6}$
Цинковые сплавы	0,09 HB

Таблица 2. Определение HB по ГОСТ 9012-75

Материал	Интервал твердости в числах Бринелля	Минимальная толщина испытуемого образца, мм	P/D <sup>2</sup>	Диаметр шарика ±0,01мм	Нагрузка Р, кг.с	Выдержка под нагрузкой, с
Черные металлы	140-450	Более 6 От 4 до 2 Менее 2	30	10,0 5,0 2,5	3000 7500 187,5	10
	<140	Более 6 От 6 до 3 Менее 3	10	10,0 5,0 2,5	1000 250 62,5	10
Цветные металлы и сплавы: медь, латунь, бронза	130	Более 3 От 4 до 2 Менее 2	30	10,0 5,0 2,5	3000 750 187,5	30
	35-130	Более 6 От 6 до 3 Менее 3	10	10,0 5,0 2,5	1000 250 62,5	30
Алюминий, подшипниковые сплавы	8-35	Более 6 От 6 до 3 Менее 3	2,5	10,0 2,5 2,5	250 62,6 15,6	60

Твердость по Бринеллю определяют на прессах с гидравлическим или механическим приводом нагружения.

Схема пресса Бринелля (типа ТШ) с механическим приводом показана на рисунке 2а. Диаметр отпечатка измеряют с помощью специальной лупы (лупа Бринелля) или отсчетного микроскопа (рис. 2б).

К недостаткам метода Бринелля следует отнести:

- а) невозможность испытания металлов, имеющих твердость более HB 450;
- б) невозможность испытания тонкого поверхностного слоя (менее 1-2 мм);
- в) после испытания остаются заметные следы на поверхности изделия.

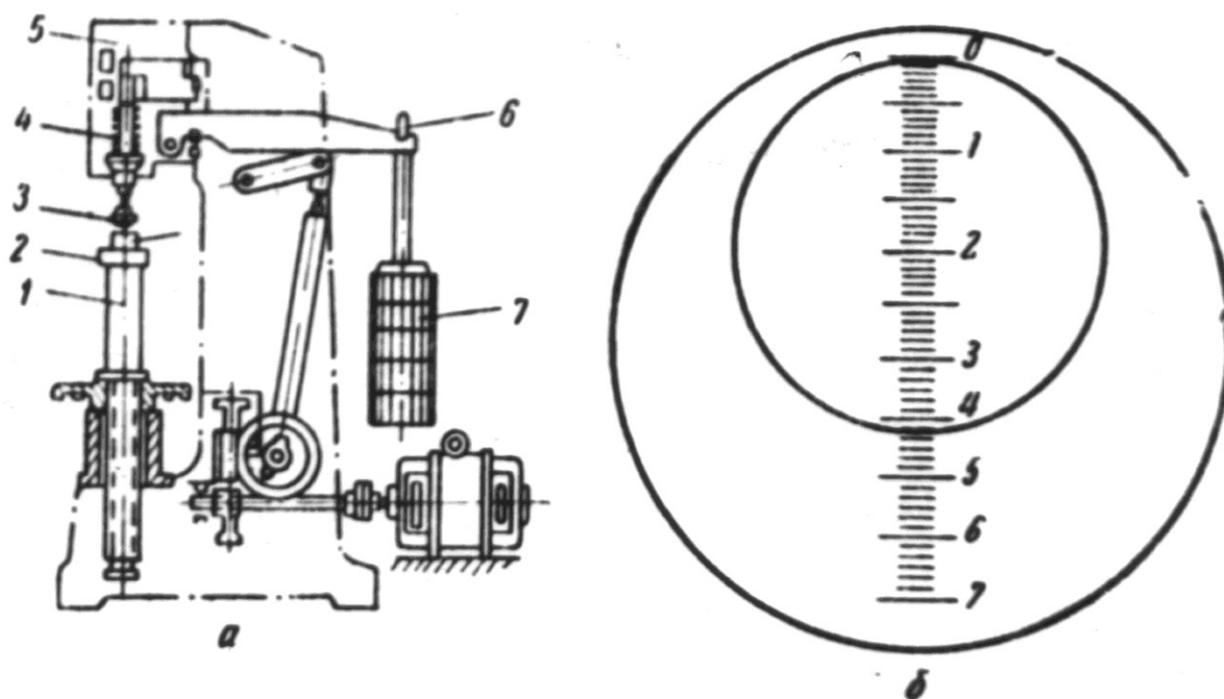


Рисунок 2. Измерение твердости по Бринеллю:

- а) схема пресса Бринелля с механическим приводом (1 - подъемный винт; 2 - столик; 3 - шарик; 4 - пружина; 5 - станина; 6 - рычаг; 7 - съемные грузы);  
 б) схема замера диаметра отпечатка микроскопом (лупой) Бринелля.

### 1.1.1 Порядок измерения твердости по Бринеллю на приборе типа ТШ-2М:

а) изготавливают (подготавливают) образцы к испытанию.

Образец должен быть толщиной не менее десятикратной глубины отпечатка и шириной не менее двух диаметров шарика. Поверхность образца зачищается бархатным напильником или абразивным кругом;

б) пользуясь таблицей 2, выбирают, в зависимости от заданных условий и типа образца, диаметр шарика, нагрузку и время выдержки под нагрузкой;

в) закрепляют шариковый наконечник в шпинделе установочным винтом;

г) устанавливают на подвеску требуемое количество сменных грузов. Устанавливают упор на нужную продолжительность выдержки и закрепляют стопорным винтом;

д) устанавливают на столик (испытание круглых образцов производят с помощью специальной подставки) испытуемый образец и вращением маховика поднимают его к шариковому наконечнику до упора в ограничители. Центр отпечатка должен находиться от края образца на расстоянии не менее диаметра шарика, а от центра соседнего отпечатка - на расстоянии не менее двух диаметров шарика;

е) включают электродвигатель нажатием кнопки пускателя мотора и следят за ходом испытания. Нагрузка на образец, выключение мотора и освобождение образца от нагрузки происходит автоматически. Приложение полной нагрузки и выдержка сигнализируется зажиганием лампочки;

ж) после окончания испытания опускают столик, снимают образец и измеряют диаметр отпечатка при помощи лупы Бринелля в двух взаимно-перпендикулярных направлениях и берут среднее арифметическое из двух измерений;

з) по величине диаметра отпечатка по справочным материалам находят число твердости НВ;

## 1.2 Метод измерения твердости вдавливанием конуса или шарика (твердость по Роквеллу)

Принципиальное отличие данного способа от рассмотренного выше состоит в том, что твердость определяют по глубине отпечатка, (ГОСТ 9013-75 “Измерение твердости по Роквеллу”) получаемого при вдавливании алмазного конуса с углом при вершине  $120^\circ$  или стального шарика диаметром  $1/16''$  (1,59мм), а не по площади отпечатка.

Этот метод имеет то преимущество по сравнению с измерением по Бринеллю, что позволяет изменять нагрузку в широких пределах без искажения значений твердости, т.к. при вдавливании конуса сохраняется закон подобия, а условия деформации под вершиной конуса с увеличением давления не изменяются.

Схема измерений твердости по Роквеллу представлена на рисунке 3. При испытании сначала накладывают предварительную нагрузку  $P_0$ , равную 10 кгс. Предварительное нагружение (как и в методе Бринелля) проводят для того, чтобы исключить влияние упругой деформации и поверхностного наклепа на результаты измерений. Затем прикладывают нормальную нагрузку  $P$ , равную 60, 100 или 150 кгс. Разность глубин проникновения шарика или алмаза под нагрузками  $P_0$  и  $P$  характеризуют твердость.

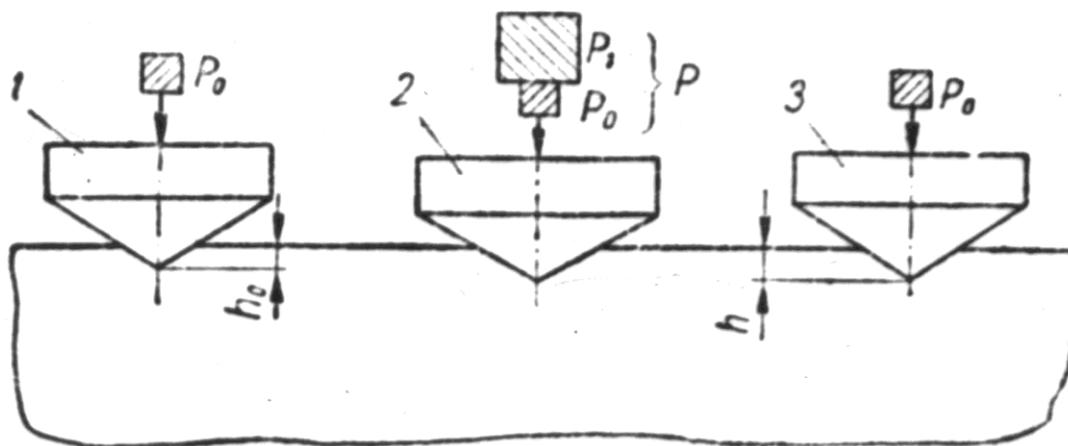


Рисунок 3. Схема испытаний твердости по Роквеллу:  
 $P_0$  - предварительная нагрузка;  $P=P_0+P$  - общая нагрузка

Число твердости по Роквеллу определяют по формуле:

$$HR = \frac{k - (h - h_0)}{c} \quad (5)$$

где  $h_0$  - глубина внедрения наконечника под действием силы  $P_0$ , мм;

$h$  - глубина внедрения наконечника под действием общей нагрузки, мм;

$k$  - постоянная величина; для шарика (красная шкала)  $k = 0,26$  и для конуса (черная шкала)  $k=0,02$ ;

$c$  - цена деления циферблата индикатора; соответствующая глубине вдавливания наконечника 2 мкм.

Стрелка индикатора отмечает не указанную величину вдавливания  $h$ , а величину  $100 - h$  по черной шкале при измерении алмазом и величину  $130 - h$  по красной шкале при измерении шариком. Очевидно, чем тверже материал, тем больше число твердости. Вместе с

тем числа твердости по Роквеллу не имеют той размерности и того физического смысла, который имеют числа твердости по Бринеллю. Однако числа твердости по Роквеллу можно пересчитать на числа твердости по Бринеллю с помощью справочной литературы.

Твердость по Роквеллу измеряют на приборе ТК-2, схематически изображенном на рисунке 4.

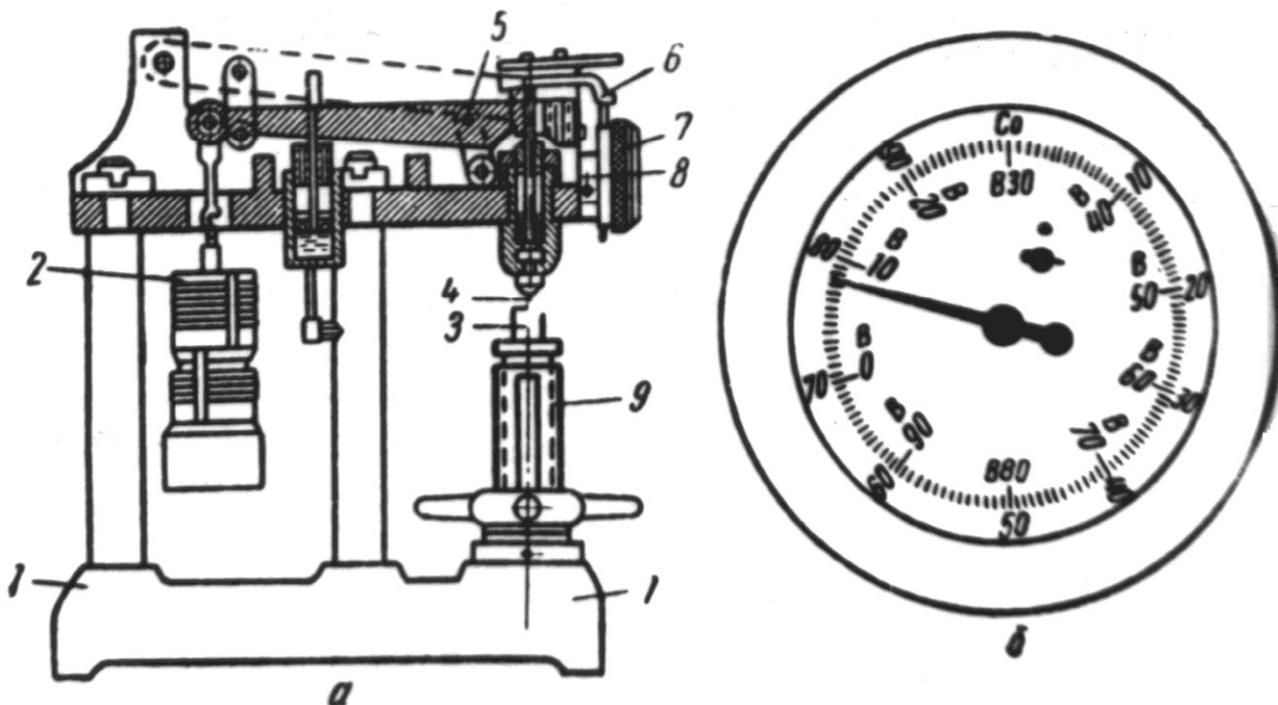


Рисунок 4. Измерение твердости по методу Роквелла:  
 а) Схема прибора Роквелла (1 - станина; 2 - съемные грузы; 3 - образец; 4 - наконечник; 5 - рукоятка; 6 - рычаг; 7 - индикатор; 8 - призма; 9 - подъемный винт); б) Индикатор.

На этом приборе можно измерять:

а) твердость алмазным конусом с общей нагрузкой 1471 Н (150 кгс). Значение твердости отсчитывается по черной шкале С циферблата и обозначается HRC. Например, HRC 65 означает, что твердость материала составляет 65 единиц по Роквеллу по шкале С.

б) алмазным конусом с общей нагрузкой 588,4 Н (60 кгс). Число твердости обозначается HRA;

в) стальным шариком с общей нагрузкой 980,7 Н (100 кгс), в этом случае значение твердости характеризуется цифрой, указываемой стрелкой по красной шкале В циферблата, и обозначаются HRB.

Измерения алмазным конусом с нагрузкой 150 кгс (HRC) проводят:

а) для закаленной или низкоотпущенной стали (с твердостью более HB 450) т.е. в условиях, когда вдавливание стального шарика может вызвать деформацию шарика и искажение результатов;

б) для материалов средней твердости (более HB 230) как более быстрым способом определения, оставляющим кроме того, меньший след на измеряемой поверхности, чем при испытании по Бринеллю.

Измерения алмазным конусом с нагрузкой 60 кгс. (HRA) применяют для очень твердых металлов (>HRC 70), например, для твердых сплавов, когда вдавливание алмазного конуса с

большой нагрузкой может вызвать выкрашивание алмаза, а также для измерения твердых поверхностных слоев (0,3-0,5 мм) или тонких образцов.

С помощью стального шарика при нагрузке 100 кгс. (HRB) твердость определяют для мягкой (отожженной) стали или отожженных цветных сплавов в деталях или образцах толщиной 0,8-3 мм., т.е. в условиях, когда измерения по Бринеллю, выполняемые шариком большого диаметра, может вызвать смятие образца.

Выбор нагрузки и типа индентора осуществляют с помощью таблицы 3.

Таблица 3. Условия для испытания по методу Роквелла

Примерная твердость по Виккерсу	Обозначение шкалы Роквелла	Тип наконечника	Нагрузка кгс	Допускаемые пределы измерения твердости по шкале Роквелла
60-240	B	Шарик стальной	100	25-100
240-900	C	Алмазный конус	150	20-67
390-900	A	Алмазный конус	60	70-85

Расстояние от центра отпечатка до края образца или до центра другого отпечатка должно быть не менее 1,5 мм при вдавливании конуса и не менее 4 мм при вдавливании шарика. Толщина образца должна быть не менее 10-кратной глубины отпечатка. Твердость следует измерять не менее, чем в трех точках. Для расчета лучше принимать среднее значение результатов второго и третьего измерений и не учитывать результата первого измерения.

Измерение твердости по Роквеллу требует меньше времени, чем по Бринеллю, причем результат измерений виден по шкале (он указан стрелкой). Кроме того, измерение твердости по Роквеллу оставляет меньший отпечаток на поверхности детали.

#### 1.2.1. Методика измерений твердости по Роквеллу:

- а) подготавливают образец для измерений (шлифовка, полировка);
- б) определяют необходимую нагрузку и вид индентора (вдавливаемого тела) в зависимости от материала (HRB, HRC, HRA). Подвешивают грузы;
- в) устанавливают образец на столик прибора (см. рис. 4);
- г) доводят образец до соприкосновения с наконечником 4 при помощи маховика;
- д) создают предварительную нагрузку в 10 кгс, для чего продолжают подъем столика до тех пор, пока малая стрелка индикатора не окажется против красной точки на шкале;
- е) вращают ободок индикатора вместе с циферблатом до тех пор, пока нуль черной шкалы не совпадает с большой стрелкой;
- ж) включают основную нагрузку, для чего освобождают рукоятку 5 движением вперед. Время приложения основной нагрузки 5-7 с;
- з) снимают основную нагрузку, для чего рукоятку 5 плавно возвращают в исходное положение;
- и) записывают число твердости по Роквеллу, т.е. цифру, на которую указывает на шкале циферблата большая стрелка. Если наконечником является шарик, отсчет делают по красной шкале индикатора, если алмазный конус - по черной;
- к) разгружают образец полностью, для чего вращают маховик против часовой стрелки, при этом столик прибора с образцом опускается;
- л) испытание повторяют на образце еще не менее двух раз; результаты испытаний усредняют.

Не разрешается проводить испытания:

- неоднородных по структуре сплавов (например, чугуна);
- хрупких изделий и изделий, имеющих на поверхности раковины, следы грубой обработки и другие дефекты;

- изделий, способных пружинить или деформироваться под воздействием нагрузки;
- изделий, толщиной, меньшей восьмикратной глубины проникновения индентора.

### 1.3 Метод измерения твердости вдавливанием алмазной пирамиды (твердость по Виккерсу)

При измерении твердости по Виккерсу индентором служит алмазная пирамида с углом при вершине  $136^{\circ}$ .

Твердость по Виккерсу HV (ГОСТ 2999-75 “Методика измерения твердости вдавливанием алмазной пирамиды), так же как и по Бринеллю, определяется как усилие, приходящееся на единицу поверхности отпечатка:

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{d^2}{2} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = 1,854 \frac{P}{d^2} \left[ \text{кг} \cdot \text{мм}^{-2} \right] \quad (6)$$

где P - нагрузка на пирамиду, кгс.;

$\alpha$  - угол между противоположными гранями пирамиды ( $136^{\circ}$ );

d - среднее арифметическое длины обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

Числа твердости по Виккерсу и по Бринеллю имеют одинаковую размерность и для материалов твердостью до HB 450 практически совпадают. Вместе с тем измерения пирамидой дают более точные значения для металлов с высокой твердостью, чем измерения шариком или конусом.

Число твердости сопровождается символом HV, указание размерности кг/мм<sup>2</sup> опускается. Это обозначение дополняется индексом, указывающим величину нагрузки P и продолжительность ее приложения (выдержка времени, которая для черных металлов должна быть 10-15 с, а для цветных -  $30 \pm 2$  с). Например, HV 10/30 -500 означает число твердости 500, полученное под нагрузкой P=10 кг и приложенной в течение 30 с.

Алмазная пирамида имеет большой угол в вершине и диагональ ее отпечатка примерно в семь раз больше глубины отпечатка, что повышает точность измерения отпечатка даже при проникновении пирамиды на небольшую глубину и делает этот способ особенно пригодным для определения твердости тонких деталей или твердых сплавов.

При испытании твердых и хрупких слоев (азотированного, цианированного) около углов отпечатка иногда образуются трещины (отколы), по виду которых можно судить о хрупкости измеряемого слоя.

Испытания проводят на приборе, изображенном на рис.5., применяя следующие нагрузки: 1, 3, 5, 10, 20, 30, 100 и 120 кгс. Чем больше выбираемая нагрузка, тем глубже проникает алмазная пирамида в испытуемый материал. Поэтому для измерения твердости тонких слоев применяют меньше нагрузки: 5 или 10 кгс.

На этом приборе можно измерять твердость образцов толщиной до 0,3-0,5 мм или поверхностных слоев толщиной до 0,3-0,05 мм. Необходимо, однако, учитывать, что при небольшой нагрузке, например, в 1 кгс, отпечаток пирамиды может быть недостаточно отчетливым, что вызовет ошибку в определении длины диагонали. Поэтому для измерения твердости очень тонких поверхностных слоев применяют нагрузку в 5 или 10 кгс.

#### 1.2.2 Порядок изменения твердости по Виккерсу на приборе ТПП-2

Прибор ТПП-2 предназначен для создания испытательных нагрузок (5 или 10 кг.) для последующего проектирования с увеличением полученного отпечатка и измерения длины диагонали отпечатка с точностью до 0,001. С помощью данного прибора можно измерять твердость как очень больших деталей (при этом прибор крепится на детали посредством магнитных захватов), так и малых деталей. В последнем случае прибор закрепляют на струбцине.

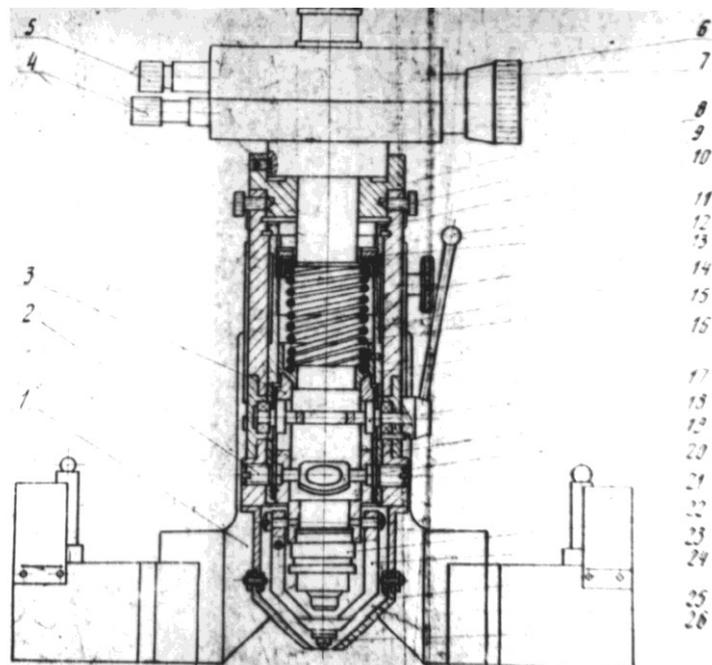
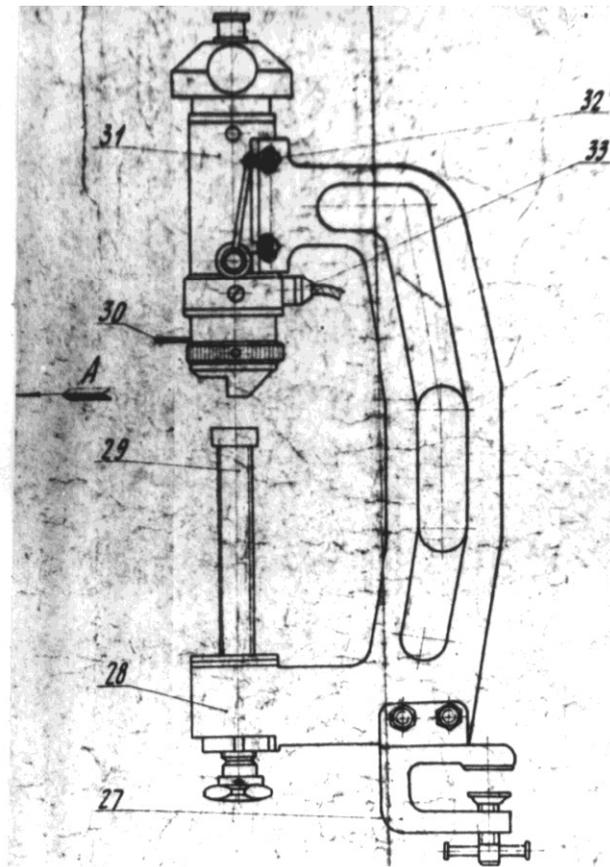


Рисунок 5. Прибор ТПП-2 для измерения твердости по Виккерсу:

- 1 - корпус; 2, 9 - винт; 3 - стакан; 4, 5 - микрометрические винты; 6 - барабан отсчетный; 7 - головка измерительная; 8 - переходник; 10, 12, 32 - гайки; 11 - рукоятка; 13 - ручка поворотная; 14 - стакан нагружения; 15 - пружина; 16 - опора нижняя; 17 - эксцентриковый валик; 18 - корпус; 19 - рамка с пластинкой; 20 - рычаг; 21 - скоба; 22 - объектив; 23 - рамка; 24 - конус; 25 - магнитный захват; 26 - наконечник алмазный; 27 - кронштейн; 27 - струбцина; 29 - винт подъемный; 30 - ручка; 31 - головка испытательная; 33 - осветитель.

Поверхность испытываемой детали в месте измерения твердости должна иметь шероховатость  $R_a < 0,4$  мкм по ГОСТ 2789-73 должна быть блестящей и свободной от посторонних веществ. При измерении твердости на криволинейных поверхностях радиус кривизны их должен быть не менее 5 мм. Минимальная толщина детали должна быть больше длины диагонали отпечатка для стальных изделий в 1,2 раза, а для изделий из цветных металлов - 1,5 раза. Расстояние между центром отпечатка и краем детали или соседнего отпечатка должно быть не менее 2,5 длин диагонали отпечатка.

Работа на приборе производится в следующем порядке:

1. Установить образец на подъемном винте 29.
2. Вращая ручку 13, подвести конус 24 вплотную к испытываемому образцу.
3. Плавное поворачивая ручку 11 на себя до упора, приложить испытательную нагрузку.
4. По истечении времени выдержки (отсчет производится оператором) снять нагрузку, приведя ручку 11 в исходное положение.
5. Ручкой 30 перевести ручку 23 с алмазным наконечником в нерабочее положение.
6. Переключателем включить освещение.
7. Вращением окуляра измерительной головки 7 получить резкое изображение шкалы.
8. Произвести измерение диагоналей отпечатка (рис.6.) в 2-х взаимноперпендикулярных направлениях. Микрометрическим винтом 4 нулевой штрих шкалы подводится к левому краю отпечатка, отсчетным барабаном 6 сплошная риска подводится к правому краю отпечатка.

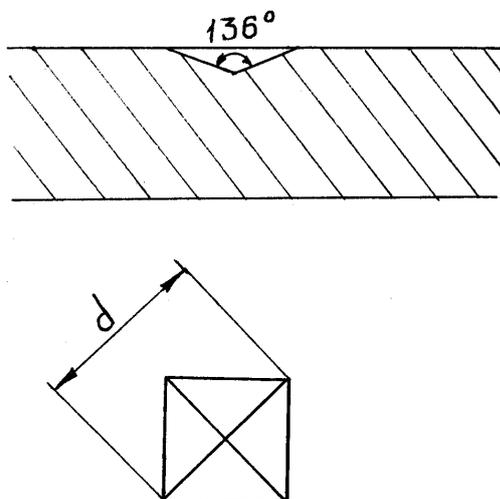


Рисунок 6. Схематическое изображение отпечатка по Виккерсу.

Число целых делений шкалы, заключенных между нулевым штрихом шкалы и сплошной риской дает число десятых долей миллиметра. Число делений барабана 6 дает число сотых и тысячных долей миллиметра. Например, если число целых делений на шкале равно 1, число делений на барабане - 75, то длина диагонали равна 0,175 мм.

При измерениях необходимо соблюдать следующие правила:

- одна из диагоналей отпечатка должна быть параллельна, а другая - перпендикулярна шкале микроскопа, что проверяется с помощью пунктирной или сплошной рисок, которые при проверке должны проходить точно через вершины углов отпечатка;

- нулевой штрих шкалы микроскопа и сплошная риска должны подводиться к краям отпечатка вплотную, для чего сплошную риску рекомендуется сначала перевести за край отпечатка, а затем плавно подводить до полного исчезновения просвета;

9. По среднеарифметическому значению длины двух диагоналей по таблицам приложения определить число твердости. Так, при нагрузке 5 кг и среднем значении длины диагоналей  $d=0,175$  мм находим  $HV5=303$ .

10. Результаты измерений заносят в протокол испытаний (см. табл. 4 приложения)  
Метод Виккерса используется и при измерениях микротвердости при нагрузках менее 0,2 кг.

Существуют разновидности метода Виккерса, в которых применяются инденторы иной формы. Следует упомянуть индентор Кнупа (рис. 7) и индентор Гродзинского (рис. 8).

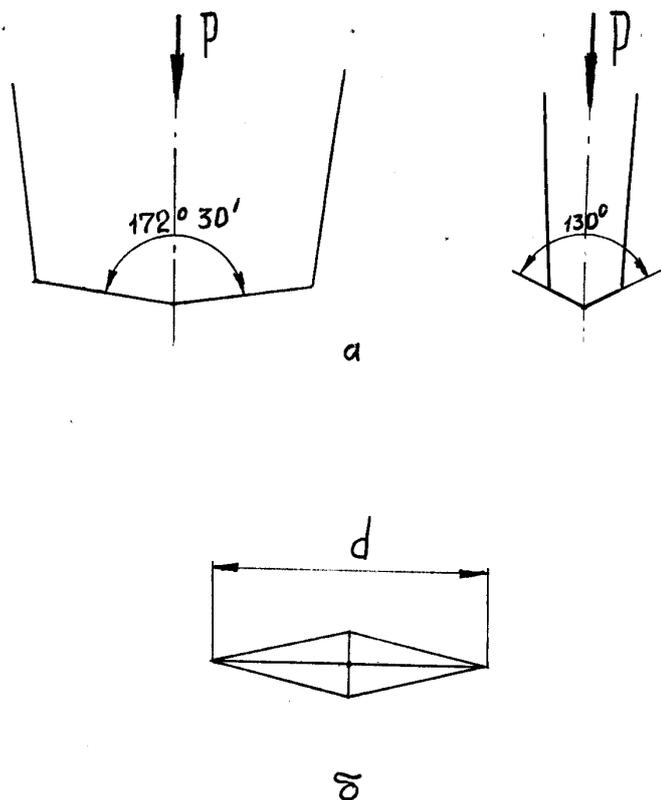


Рисунок 7. Индентор Кнупа  
а) индентор; б) отпечаток

Указанные инденторы выгодно отличаются от индентора Виккерса большими размерами отпечатка и меньшей его глубиной, что дает возможность измерения более тонких слоев. Кроме того при повреждении индентор Гродзинского можно повернуть вокруг оси и установить его неповрежденной стороной. Недостатком их является трудность изготовления.

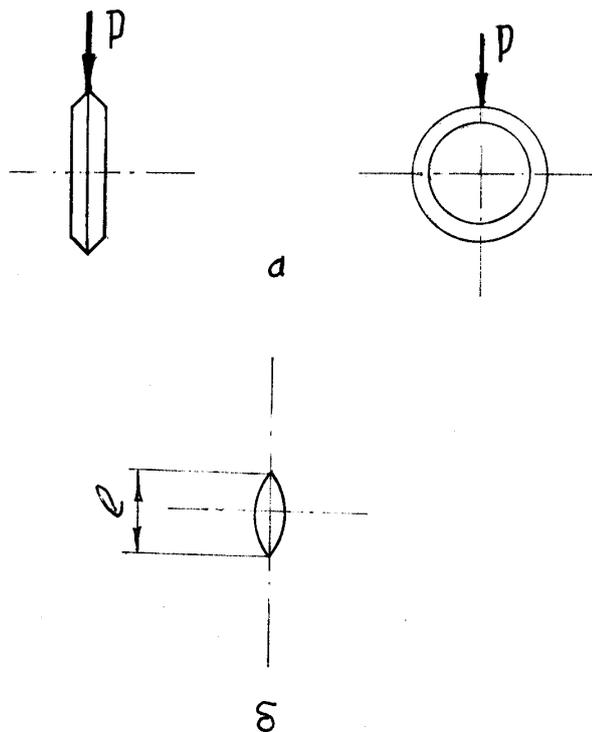


Рисунок 8. Индентор Гродзинского  
а) индентор; б) отпечаток

#### 1.4 Возможные источники ошибок при измерении твердости

##### 1.4.1 Возможные источники ошибок при измерении твердости по Бринеллю

При определении твердости предполагается, что шарик абсолютно твердый. Если же в процессе испытаний происходит упругая деформация шарика, то отпечаток будет иметь не сферическую, а эллипсоидальную форму (рис. 9), и, следовательно, диаметр его проекции будет больше, чем, диаметр проекции сферического отпечатка. Т.о. твердость получится заниженной. Во избежание таких ошибок твердость изучаемого материала должна быть больше  $450 \text{ кг/мм}^2$ .

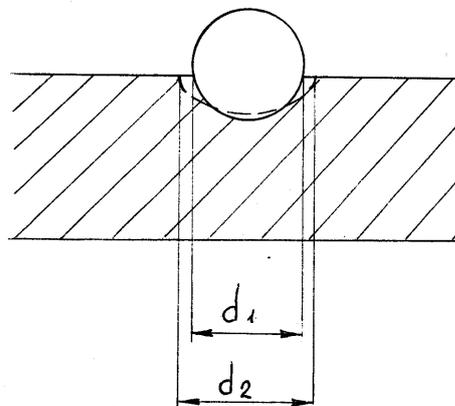


Рисунок 9. Деформация шарика при вдавливании в твердый материал

$d_1$  - диаметр отпечатка недеформированного шарика;

$d_2$  - диаметр отпечатка деформированного шарика

Заниженные значения твердости получаются также за счет вытеснения материала из лунки и завышенные - за счет осадки материала (рис. 10).

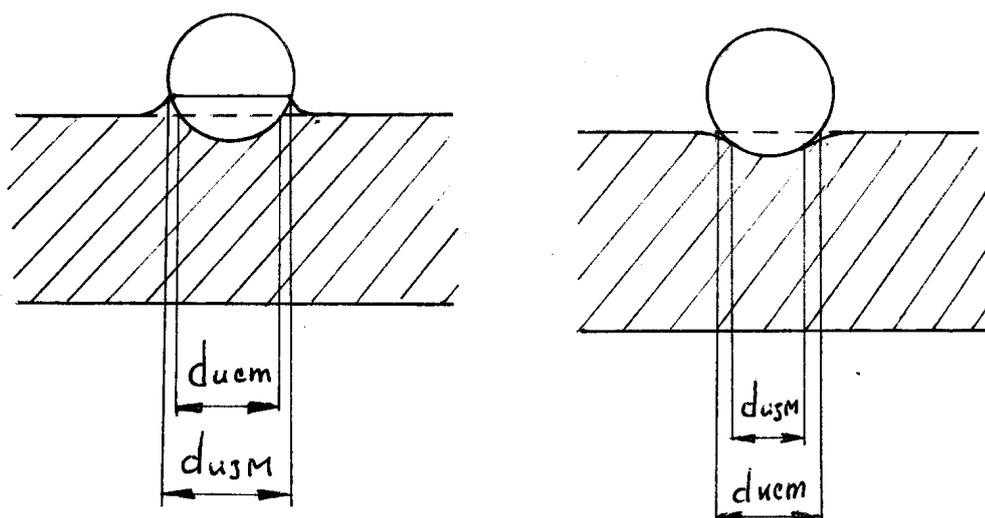


Рисунок 10. Деформация материала при вдавливании шарика

- а) образование «валика» по краям отпечатка;
- б) осадка материала:  $d_{изм}$  - измеренный диаметр отпечатка;  
 $d_{ист}$  - истинный диаметр отпечатка (не реализуется)

#### 1.4.2 Возможные источники ошибок при измерении твердости по Виккерсу

Источники ошибок при измерениях твердости по Виккерсу такие же, как в методе Бринелля. Дополнительным источником ошибок является отклонение размеров и углов алмазной пирамиды. Ошибки за счет деформации материала показаны на рисунке 11. При испытании сильно упрочняющихся материалов по краям отпечатка образуется валик (рис. 11а), и измеренные значения твердости будут завышены. Наоборот, при испытании неупрочняющихся материалов происходит усадка (рис. 11б) и результаты измерения твердости являются заниженными.

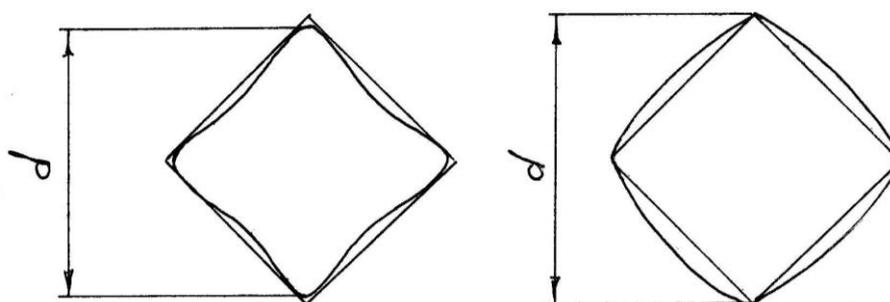


Рисунок 11. - Образование валика (а) и усадка материала (б) по краям отпечатка

#### 1.4.3 Возможные источники ошибок при определении твердости по Роквеллу

Кроме ошибок, изложенных в п.п. 1.4.1. и 1.4.2. возможным источником ошибок является искажение формы конуса, в первую очередь его притупление. Притупление конуса ведет к уменьшению глубины проникновения и, следовательно, к получению завышенных значений твердости.

## **2 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, ИНСТРУМЕНТЫ, МАТЕРИАЛЫ**

2.1 Приборы ТК-2, ТШ-2М, ТКС-14-250, ТПП-2 с принадлежностями.

2.2 Образцы исследуемых материалов.

## **3 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

3.1 Изучить данное методическое руководство.

3.2 Получить у преподавателя образцы материалов.

3.3 Замерить твердость полученных образцов по Роквеллу конусом и шариком, Виккерсу и методом Супер-Роквелл конусом и шариком при нагрузках 15, 30 и 45 кг. Сравнить между собой полученные значения и сравнить их со значением твердости по Бринеллю, полученным при измерении имеющегося на образцах отпечатка. Полученные данные занести в итоговую таблицу. Ознакомиться с работой на приборе ТШ-2М.

3.4 Составить отчет по работе.

## **4 УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

Отчет по работе должен содержать:

4.1 Краткое теоретическое введение.

4.2 Результаты измерений, занесенные в таблицы, по образцам, приведенным в приложении.

4.3 Выводы по работе, в которых должны быть кратко изложены основные результаты работы.

## **5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Понятие о твердости.

2. Почему метод испытания металлов на твердость нашел широкое распространение?

3. Зачем нужна предварительная нагрузка при испытаниях на твердость?

4. Для чего необходима выдержка под нагрузкой в методе Бринелля?

5. Достоинства и недостатки метода Бринелля

6. Достоинства и недостатки метода Роквелла.

7. Достоинства и недостатки метода Виккерса.

8. Возможные причины ошибок измерения твердости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. “Материаловедение”, М.: “Металлургия”, 1975, - 387 с.

2. Масленников Ф.И. “Лабораторный практикум по материаловедению”, М.: “Машгиз”, 1971, - 310 с.

3. Паисов И.В. “Пособие по лабораторным занятиям по материаловедению и термической обработке стали и сплавов”, М.: “Металлургия”, 1968, - 285 с.

4. Испытания металлов. Под ред. К. Нитцше, пер. с немецкого М.: “Металлургия”, 1967, с. 88-109.

5. В.П. Жаринов. Измерение твердости металлов и сплавов. Методические указания к лабораторной работе по курсу «Материаловедение». МИФИ-2, 1983.

Таблица 1

### СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ ЧИСЛАМИ ТВЕРДОСТИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫМИ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ И ПРЕДЕЛОМ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Твердость по Бринеллю		Твердость по Роквеллу			Твердость, определяемая вдавливанием алмазной пирамиды	Предел прочности при растяжении в кг/мм <sup>2</sup>		
Диаметр отпечатка в мм	Число твердости	Шкалы				Углеродистая сталь	Хромистая сталь	Никелевая и хромоникелевая стали
		С	А	В				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

2,2	780	72	89	-	1224	-	-	-
2,25	745	70	87	-	1116	-	-	-
2,3	712	68	86	-	1022	-	-	-
2,35	682	66	85	-	941	-	-	-
2,40	653	64	84	-	868	-	-	-
2,45	627	62	83	-	804	-	-	-
2,50	601	60	82	-	746	-	-	-
2,55	578	58	81	-	694	-	-	-
2,60	555	56	79	-	649	-	-	-
2,65	534	54	78	-	606	-	-	-
2,70	514	52	77	-	587	-	-	-
2,75	495	50	76	-	551	178	173	168
2,80	477	49	76	-	534	172	167	161
2,85	461	48	75	-	502	165	-	-
2,90	444	46	74	-	473	160	156	-
2,95	429	45	73	-	460	155	150	146
3,00	415	44	72	-	435	149	145	141
3,02	409	43	72	-	423	147	143	139
3,05	401	42	71	-	412	144	139,5	136,5
3,10	388	41	71	-	401	139,5	136	132
3,15	375	40	70	-	390	135	131,5	127,5
3,20	363	39	70	-	380	130,5	127	123,5
3,25	352	38	69	-	361	126,5	123	119,5
3,30	341	37	68	-	344	122,5	119	116
3,35	331	36	68	-	335	119,5	116,5	113
3,40	321	35	67	-	320	115,5	112	109
3,45	311	34	67	-	312	111,5	108,5	105,5
3,50	302	33	67	-	305	108,5	105,5	102,5
3,55	293	31	66	-	291	105,5	102,5	100
3,60	286	30	66	-	285	103	100,5	97,5
3,65	277	29	65	-	278	99,5	97,0	94,0
3,70	269	28	65	-	272	97,0	94,0	91,5
3,75	262	27	64	-	261	94,5	92,0	89,5
3,80	255	2	64	-	255	92,0	89,0	86,5
3,85	248		63	-	250	89,5	87,0	84,5

3,90	241	6	63	1	240	87,0	84,5	82,0
3,95	235	25	62	0	235	84,5	82,5	80,57
4,00	228	24	62	0	226	82,5	80,0	77,57
4,05	223	23	61	9	221	80,0	77,57	76,5
4,10	217	22	61	9	217	78,0	76,0	74,0
4,15	212	21	60	9	213	76,0	74,0	72,0
4,20	207	20	60	8	209	74,5	72,5	70,5
4,25	202	19	59		201	72,0	71,0	68,5
4,30	196	18	58	9	197	70,5	68,5	66,5
4,35	192	16	58	7	190	69,0	67,0	65,0
4,40	187	15	57	9	186	67,5	65,5	63,5
4,45	183	15	56	7	183	66,0	64,0	62,5
4,50	179	-	56		177	64,0	62,5	60,5
4,55	174	-	55	9	174	62,5	61,0	59,0
4,60	170	-	-	6	171	61,0	59,5	58,0
4,65	166	-	-	9	165	60,0	58,5	57,0
4,70	163	-	-	5	162	58,5	57,0	55,5
4,75	159	-	--	9	159	57,5	55,5	54,5
4,80	156	-	-	4	154	56,0	54,5	53,0
4,85	153	-	-		152	55,0	53,5	52,0
4,90	149	-	-	9	149	53,5	52,0	50,5
4,95	146	-	-	3	147	52,5	51,0	50,0
5,00	143	-	-	9	144	51,0	49,5	48,5
5,05	140	-	-	2	-	50,0	49,0	47,5
5,10	137	-	-	9	-	49,5	48,0	46,5
5,15	134	-	-	1	-	48,6	47,0	45,5
5,20	131	-	-		-	47,0	45,5	44,5
5,25	128	-	-	8	-	46,25	44,65	43,5
5,30	126	-	-	9	-	45,0	43,5	42,5
5,35	124	-	-	8	-	44,0	43,0	42,0
5,40	121	-	-	8	-	43,5	42,5	41,0
5,45	118	-	-		-	42,5	41,5	40,0
5,50	116	-	-	8	-	41,75	40,75	39,25
5,55	114	-	-	7	-	41,25	40,25	38,75
5,60	112	-	-	8	-	40,5	39,5	38,5
5,65	109	-	-	6	-	39,0	-	-
5,70	107	-	-	8	-	38,5	-	-
5,75	105	-	-	5	-	38,0	-	-
5,80	103	-	-		-	37,0	-	-
5,85	101	-	-	8	-	36,5	-	-
5,90	99	-	-	4	56	35,5	-	-
5,95	97	-	-	8	-	35,0	-	-
				3				

6,56	78	-	-	3 8, 5	-	28,0	-	-
------	----	---	---	--------------	---	------	---	---

Примечание: Числа твердости по Бринеллю получены при нагрузке 3000кг и шарике диаметром 10 мм.

Таблица 2

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ ПО МЕТОДУ  
БРИНЕЛЛЯ

N п п	Наименование Материала	Диаметр шарика	Нагрузка в кг	Диаметр отпечатка в мм			Твердость по Бринеллю НВ			
				1 за- мер	2 за- ме р	3 за- ме р	I зна- чен ие	II зна- чен ие	III зна- чен ие	Сре- д- нее знач е- ние

Таблица 3

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ НА ТВЕРДОСТЬ ПО МЕТОДУ  
РОКВЕЛЛА

N N пп	Наименование материала	Нагрузка - ка в кг	Шкал а	Твердость по Роквеллу			Средне е значи е
				I за ме р	II за ме р	III за ме р	

## ФОРМА ИТОГОВОЙ ТАБЛИЦЫ

Материал	Твердость									
	H B	H V	HR B	HR C	HR15 H	HR30 N	HR45 N	HR15 T	HR30 T	HR45 T

## 3.4.2. Лабораторная работа № 2 «Изучение структуры цветных металлов и сплавов»

## ВВЕДЕНИЕ

Цветные металлы: медь, алюминий, цинк, магний, никель и др., а так же сплавы на их основе находят широкое применение в машиностроении, так как эти металлы и сплавы наряду с удовлетворительной прочностью и высокой коррозионной стойкостью обладают хорошими технологическими свойствами (способность к пластической деформации, обрабатываемость резанием).

Помимо этого, некоторые из этих металлов и сплавов обладают высокой электропроводностью, что имеет большое значение в электромашиностроении и приборостроении.

Из цветных металлов большое значение имеет медь и ее сплавы. Чистая медь применяется преимущественно в тех случаях, когда от изделий не требуется высокой прочности, но необходима высокая электро- или теплопроводность.

Из сплавов меди широко применяются латуни и бронзы. Свойства медноцинковых сплавов (латуней) существенно изменяются в зависимости от содержания цинка. Таким образом, можно получить сплавы с высокой пластичностью (например, латунь Л70), обладающие однофазной структурой  $\alpha$ -твердого раствора, и сплавы с повышенной прочностью (например, латунь Л59), структура которых является двухфазной ( $\alpha + \beta$ ).

Типичные структуры некоторых латуней представлены в приложении А.

Термическая обработка латуни ограничивается обычно отжигом при повышенных температурах для уменьшения химической неоднородности (гомогенизирующий отжиг) рекристаллизационным отжигом, наконец, низкотемпературным отжигом для снятия напряжений и устранения таким образом опасности растрескивания в условиях действия коррозионной среды («сезонное растрескивание»).

Для повышения механических, коррозионных и других свойств в латуни вводят легирующие элементы: кремний, марганец, алюминий, никель и др. Для улучшения обрабатываемости резанием в двухфазные латуни вводят свинец.

Сплавы меди с оловом, алюминием, марганцем, бериллием, свинцом и т. п. называются бронзами.

Оловянистые бронзы, содержащие до 4—5% Sn, в литом состоянии вследствие сильной ликвации имеют двухфазную структуру:  $\alpha$ -твердый раствор и эвтектид  $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$  (или  $\text{Cu}_3\text{Sn}$ ).

Лишь в результате длительных отжигов, чередующихся с пластической деформацией, структура бронзы становится практически однофазной ( $\alpha$ -твердый раствор).

В оловянистых бронзах с более высоким содержанием олова (6—10%) изменить двухфазную структуру с включением эвтектоида, полученную после отливки, не удастся и длительным отжигом.

Оловянистые бронзы применяют для изготовления шестерен, вкладышей подшипников и различной арматуры, работающей в воде или в водяном паре.

Алюминиевые бронзы обладают или однофазной структурой (обычно при 4—6% Al), или двухфазной (при 10—11% Al), состоящей из кристаллов  $\alpha$ -твердого раствора и эвтектоида  $\alpha + \delta$ .

Двухфазные алюминиевые бронзы обладают большей прочностью, но меньшей пластичностью, чем однофазные, и могут упрочняться в результате закалки и отпуска. Двухфазные бронзы применяются для тяжело нагруженных изделий и, кроме того, часто используются вместо оловянистой бронзы.

Важное значение в машиностроении имеет бериллиевая бронза с 2—2,5% Be, обладающая высокой прочностью после закалки и старения. Структуры некоторых бронз приведены в приложении Б.

Алюминиевые сплавы имеют очень большое значение в машиностроении, так как наряду с повышенной прочностью обладают малым удельным весом, что обеспечивает уменьшение веса конструкций.

Литейные сплавы: алюминия — обычно эвтектического типа. Они относятся к системе Al - Si. В эти сплавы для повышения прочности вводят медь или магний.

Повышение прочности достигается также модифицированием, вызывающим измельчение структуры и изменение количественного соотношения структурных составляющих.

Сплавы, обрабатываемые давлением (или деформируемые), имеют или однофазную структуру, или, чаще, гетерогенную структуру, в которой наряду с твердым раствором на основе алюминия присутствуют избыточные фазы. Многие из сплавов, имеющих гетерогенную структуру, в частности дуралюмин, упрочняются в результате закалки и старения.

Структура дуралюмина после отжига является гетерогенной и состоит из  $\alpha$ -твердого раствора и включений фаз S и  $Mg_2Si$ , растворяющихся при закалке и принимающих участие в упрочнении сплава при старении (упрочняющие фазы).

Кроме того, в структуре присутствуют железистые фазы (например, типа  $Cu_2FeAl$ ), которые снижают механические свойства сплавов.

После закалки структура сплава состоит из  $\alpha$ -твердого раствора и небольшого количества нерастворившихся фаз-упрочнителей и железистых соединений.

После старения в условиях, обеспечивающих высокую прочность, нельзя заметить каких-либо изменений в микроструктуре сплавов по сравнению с микроструктурой в закаленном состоянии.

Типичная структура литых алюминиевых сплавов приведена в приложении В. Диаграммы состояния некоторых сплавов (двойных систем) приведены в приложении Г.

## ЗАДАНИЕ

1. Произвести микроисследование образцов: а) литой меди, содержащей кислород; б) оловянистой бронзы; в) двухфазной алюминиевой бронзы; г)  $\alpha$ -латуни; д)  $\alpha$ -латуни; е) модифицированного и немодифицированного силумина; ж) отожженного и закаленного дуралюмина; з) магниевое сплава

2. Зарисовать часть соответствующих диаграмм состояния и указать положение на ней изученных сплавов; построить кривую охлаждения и указать превращения, совершающиеся в сплаве при охлаждении.

3. Зарисовать микроструктуры изученных сплавов и в соответствии с диаграммой состояния описать фазы (или структурные составляющие), присутствующие в сплавах.

4. Указать область применения сплавов изученных марок.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

1. Для проведения работы студенту предоставляются: коллекции протравленных микрошлифов цветных металлов и сплавов, диаграммы состояния.

2. До изучения микроструктуры необходимо установить химический состав сплава каждой марки (по справочным данным); по диаграмме состояния определить структуру сплава в равновесном состоянии и проанализировать превращения, происходящие в сплаве при охлаждении.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. А.П. Гуляев. *Металловедение*. М. Металлургия. 1986.-544 с.
2. Ф.А. Лунев. *Лабораторные работы по металлловедению*. М. ГНТИ машиностроительной литературы. 1955.-167 с.
3. Б.Е. Черток. *Лабораторные работы по технологии металлов и конструктивным материалам*. М. Машиностроение. 1969.-208 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №2  
Приложения А

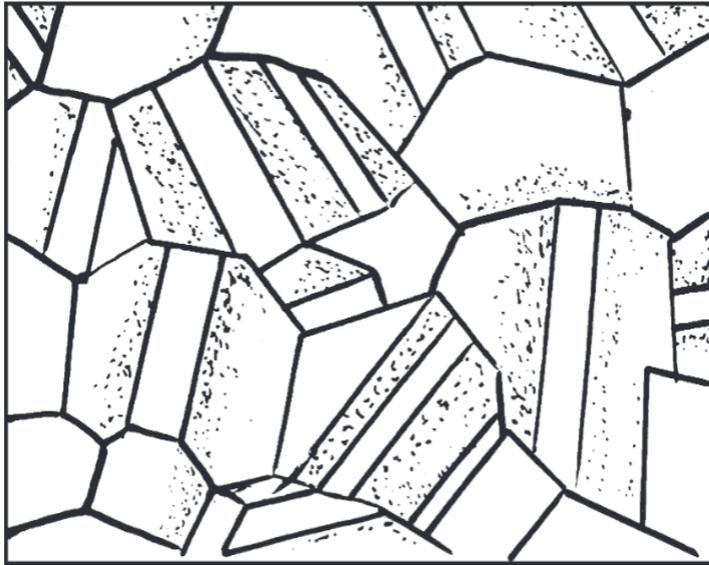
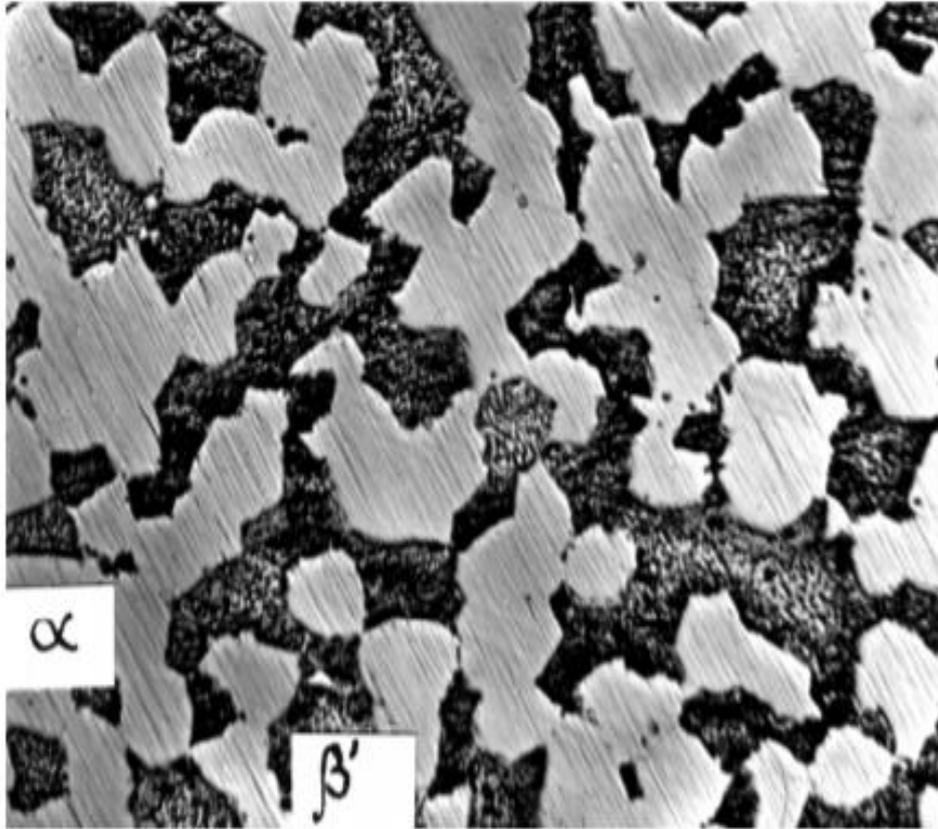


Рис. 1. Латунь Л70:  $\alpha$  - фаза с двойниками, х450



Рис.2. Латунь LC59-I:  $\alpha$  и  $\beta$  - фазы и включения свинца, х450

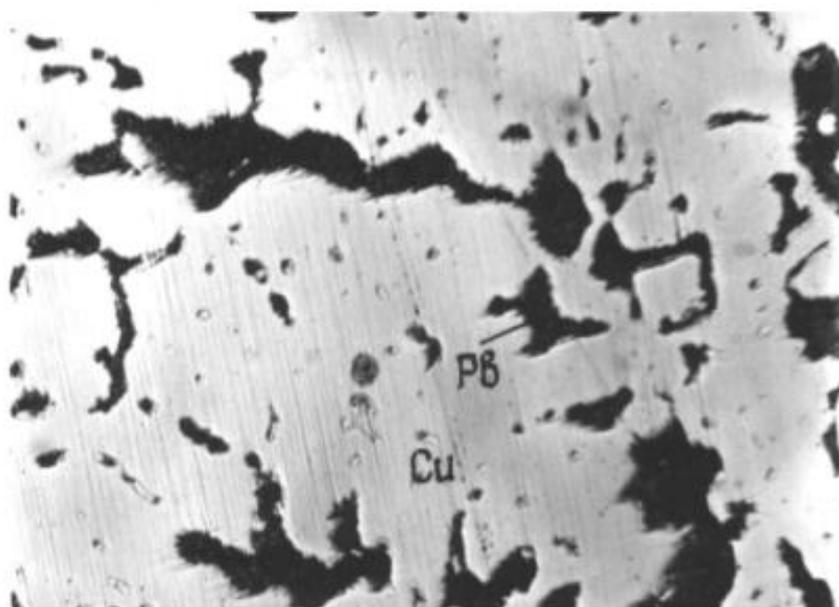


Микроструктура латуни ЛС 59-1

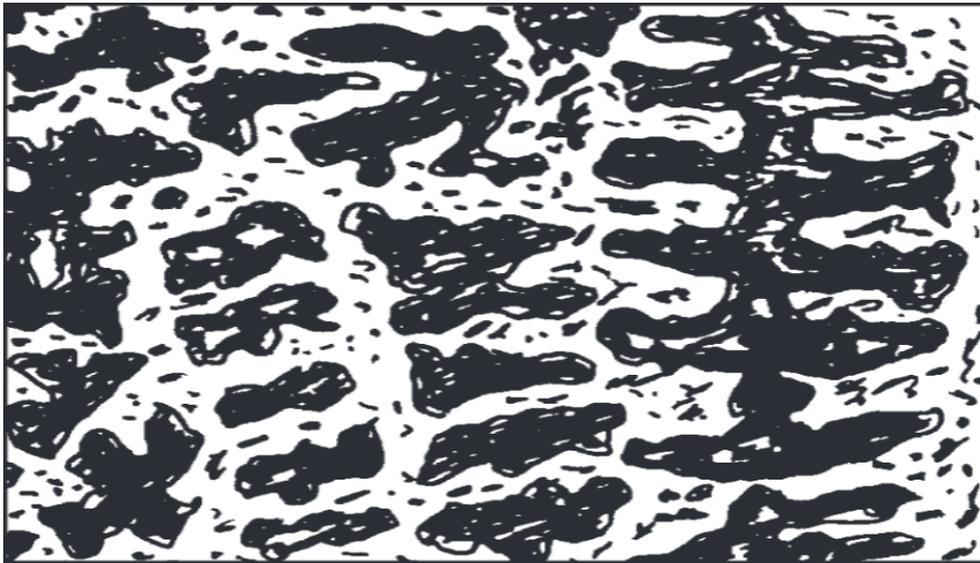
## Приложение Б



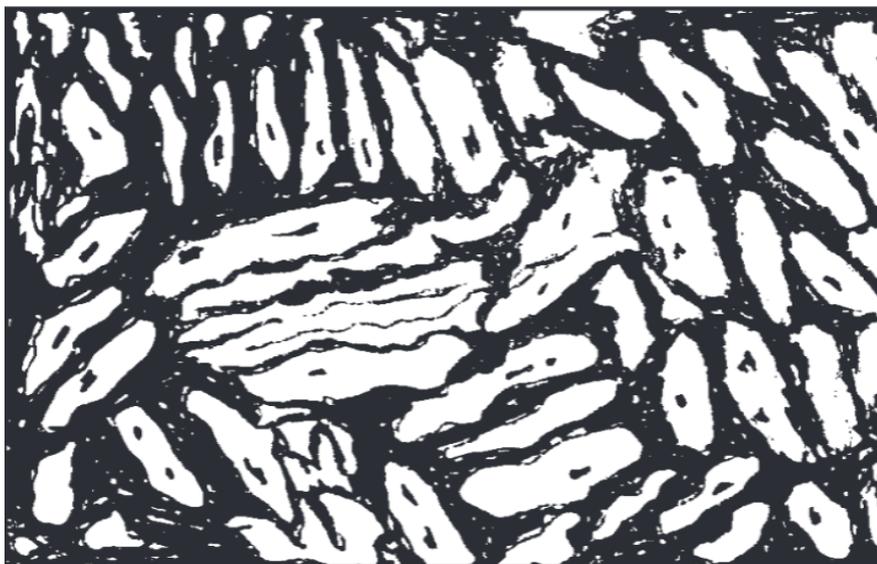
Микроструктура бронзы Бр О10



Микроструктура свинцовой бронзы Бр. С30

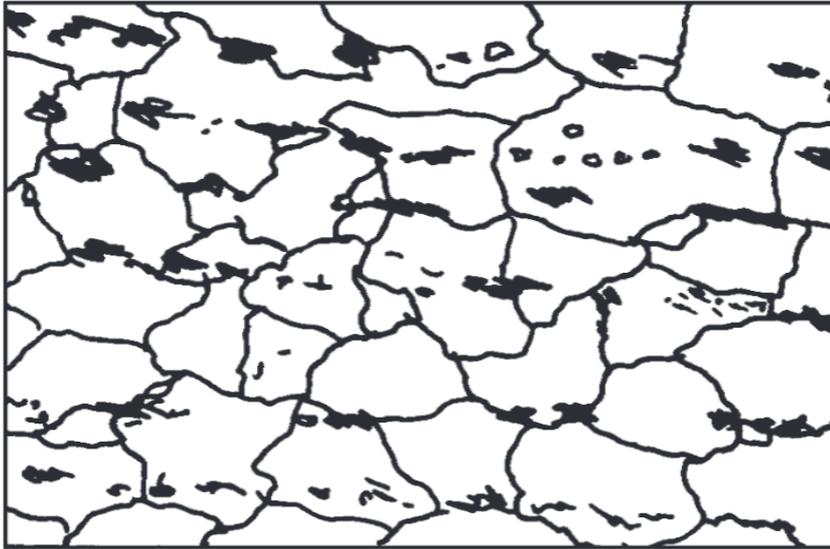


Бронза оловянная Бр016:  $\alpha$  - фаза и эвтектоид, х450

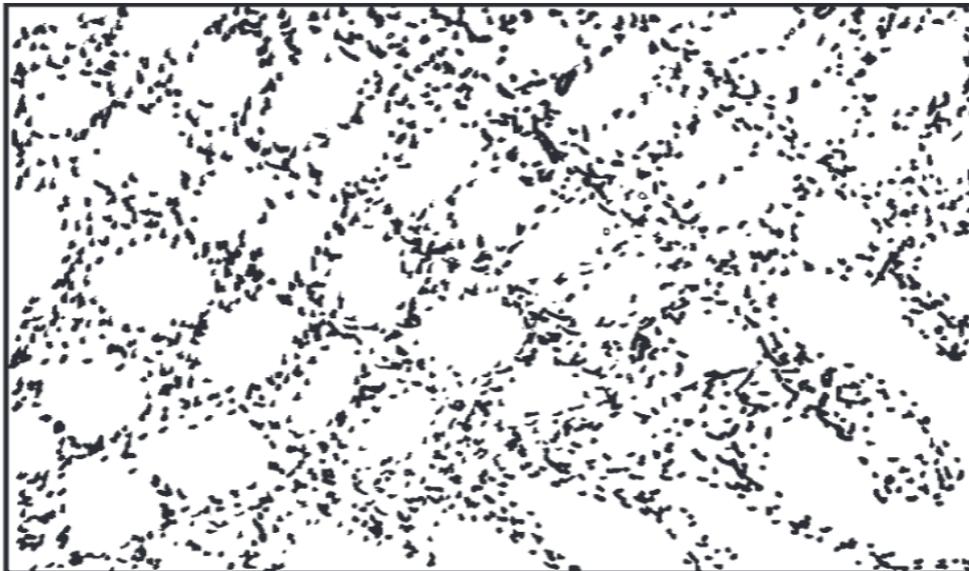


Бронза БрАЖН10-4-4:  $\alpha$  - фаза, эвтектоид и включения железа, х450

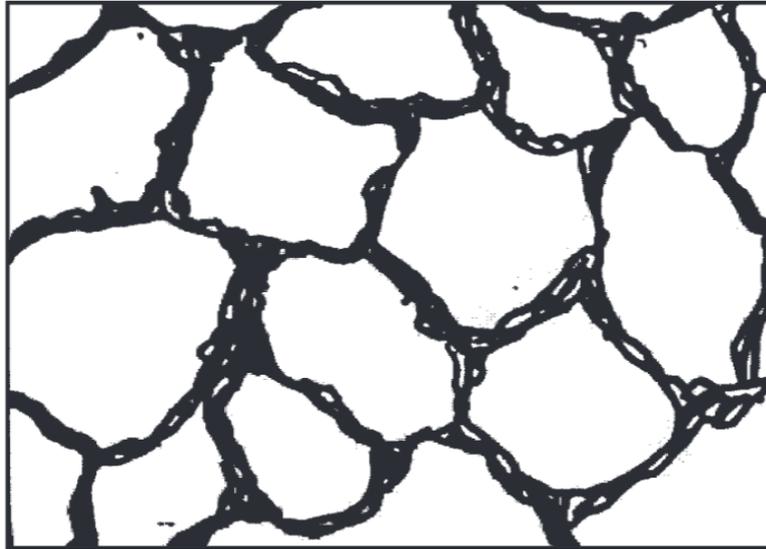
## Приложения В



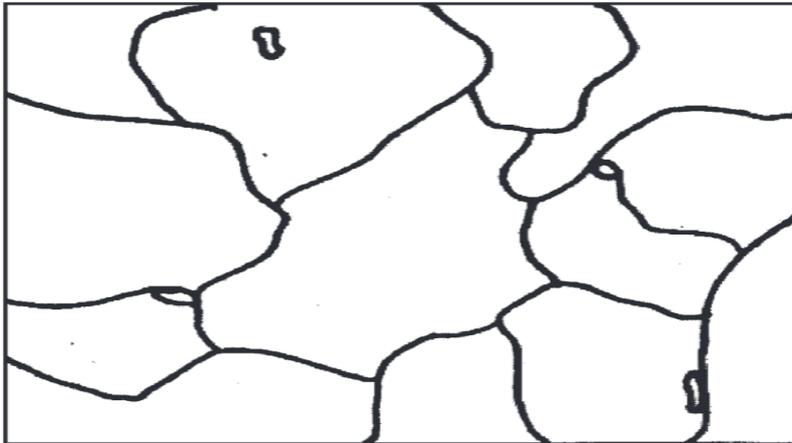
Алюминиевый сплав АК4: медь, свинец,  $\alpha$  - фаза и интерметаллиды, х450



Сплав АЛ4 модифицированный:  $\alpha$  - фаза и эвтектика дисперсная, х450



Сплав МЛ5 (после литья):  $\delta$  - фаза и эвтектика, х450



Сплав МЛ5 (после термообработки):  $\delta$  - фаза и включения  $\gamma$  - фазы, ч450

### Приложения Г

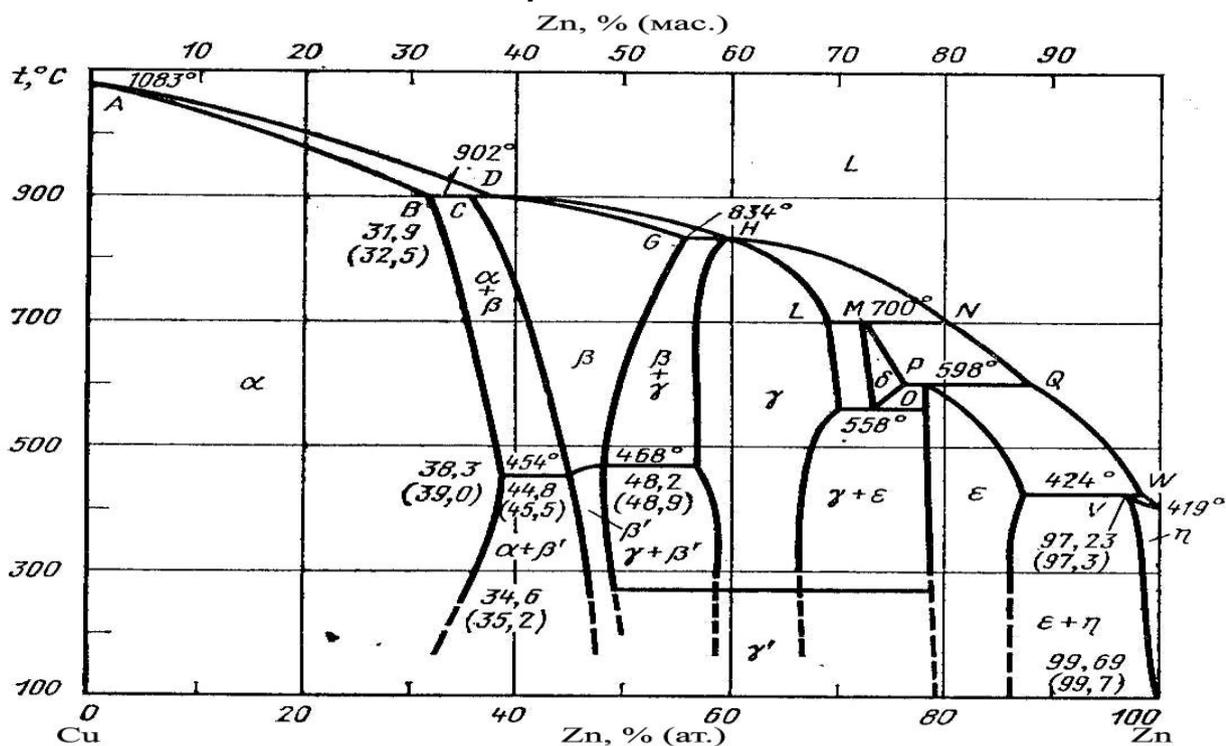


диаграмма состояния Cu-Zn

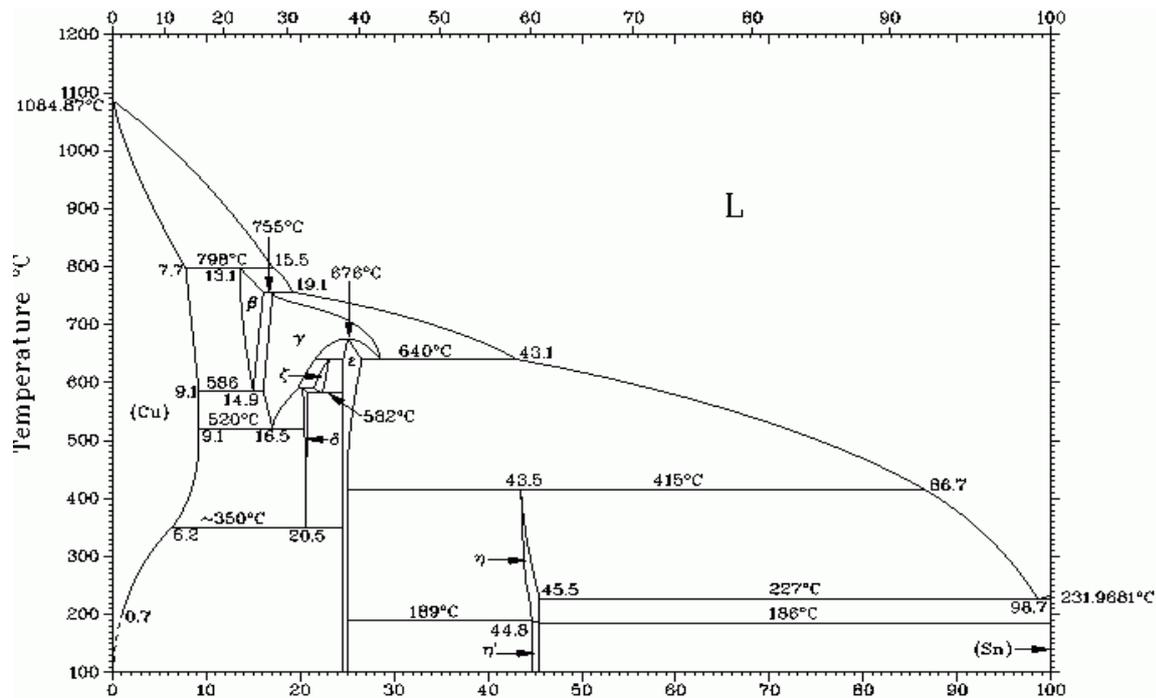


диаграмма состояния Cu-Sn

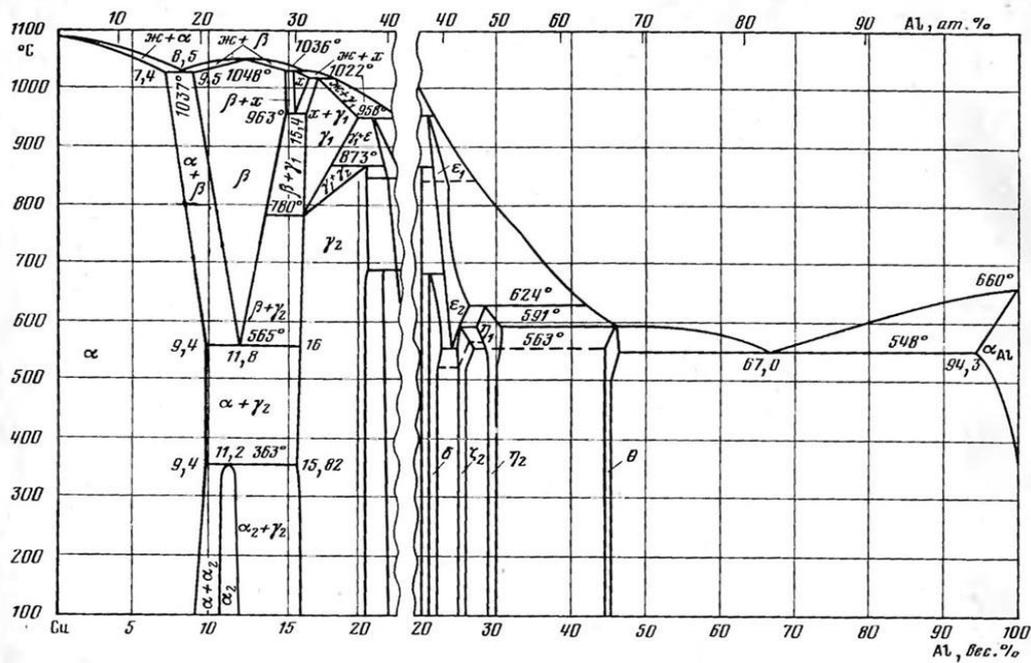


диаграмма состояния Cu – Al

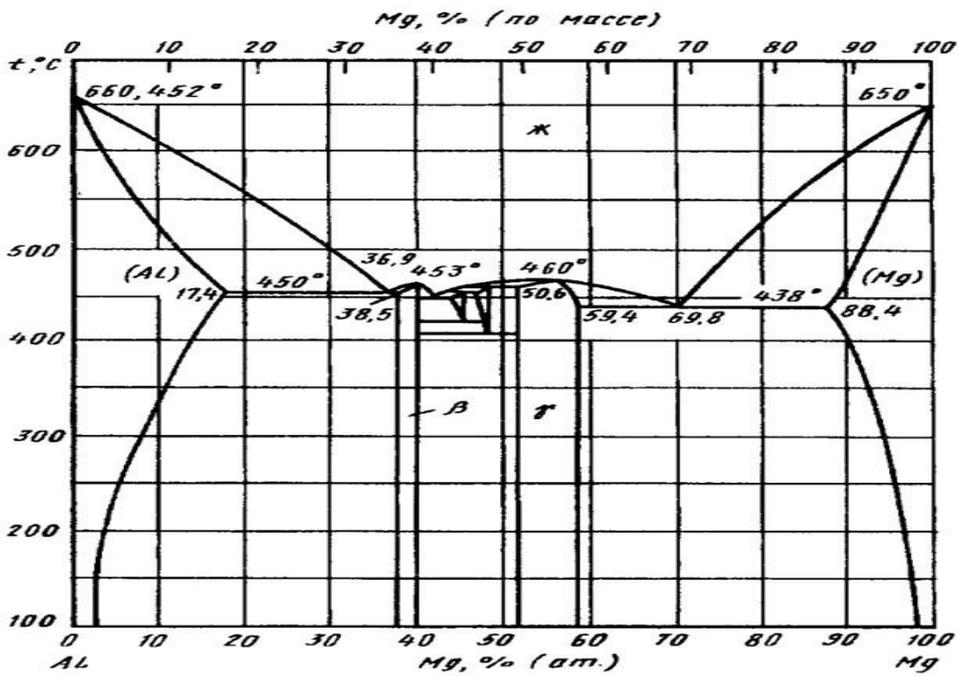


диаграмма состояния Al-Mg

### 3.4.3. Лабораторная работа № 3 «Закалка и отпуск сталей»

#### 1 ВВЕДЕНИЕ

**Закалка** по общепринятой классификации относится к третьей группе режимов термообработки и представляет собой нагрев и выдержку детали выше температуры фазового превращения с последующим быстрым охлаждением.

**Отпуск** относится к четвертой группе режимов термообработки и представляет собой нагрев и выдержку предварительно закаленной детали при температурах ниже температур фазового превращения.

#### 2 ЗАКАЛКА

Закалка позволяет повысить прочностные характеристики некоторых видов сталей, что и обусловило очень широкое применение этой операции. Рассмотрим процессы, происходящие при закалке. Основную роль при закалке играют превращения «аустенит→перлит» (А→П) и «аустенит→мартенсит» (А→М).

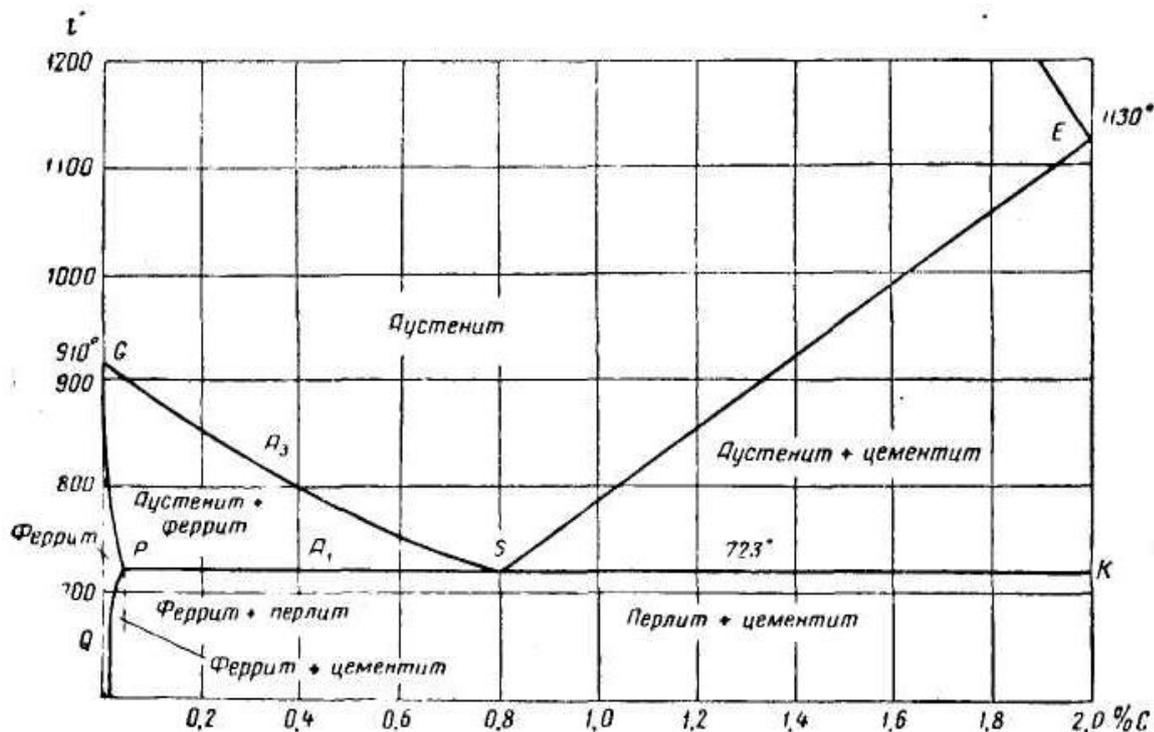


Рисунок 1 – Диаграмма состояния Fe-C с критическими температурами

Температуры фазовых превращений в стали принято называть критическими точками и обозначать буквой А.

Критические точки при нагреве обозначаются А<sub>с</sub>, а при охлаждении А<sub>г</sub>. Критические температуры превращений, соответствующих линии PSK, обозначают индексом 1 (А<sub>с1</sub> и А<sub>г1</sub>), а линии GSE - индексом 3 (например, А<sub>с3</sub>).

При равновесном (достаточно медленном) охлаждении превращение А→П происходит, согласно диаграмме состояния Fe – С (рисунок 1), при 727°C. Однако, при увеличении скорости охлаждения равновесие фаз нарушается и возможно переохлаждение аустенита, т.е. аустенит может существовать в течение некоторого времени и при температурах ниже линии PSK. Чтобы определить время жизни аустенита при температурах

ниже линии PSK (рисунок 1), проводят процесс быстрого охлаждения детали до некоторой температуры  $t$  и при этой температуре наблюдают превращения «аустенит - перлит». На основании таких наблюдений строится кинетическая кривая превращения (рисунок 2), где по оси абсцисс откладывается время, а по оси ординат - доля превращенного объема (в процентах). Затем стоят серию таких кривых при различных температурах ( $t_2 \dots t_6$ ).

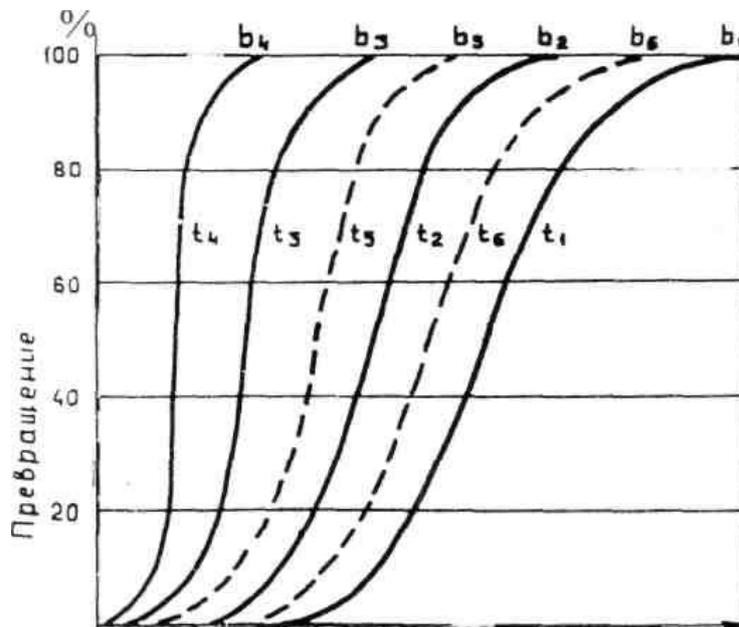
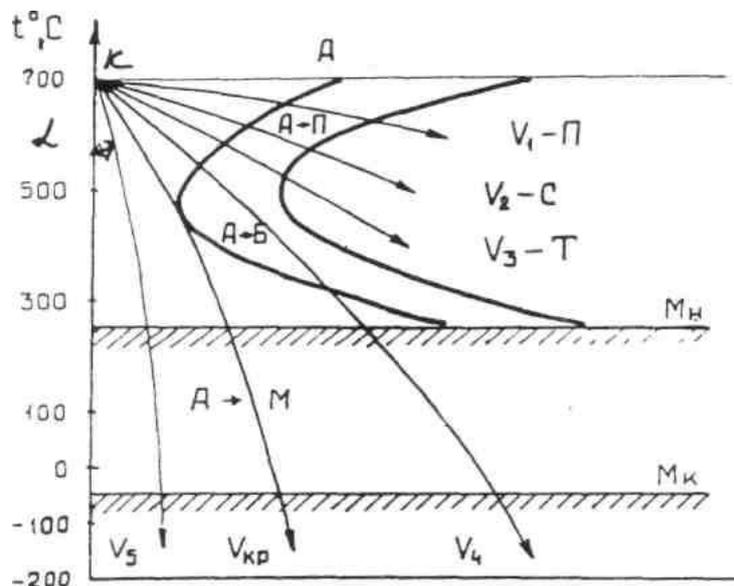


Рисунок 2 - Семейство кинетических кривых превращения «аустенит-перлит»

Кинетические кривые имеют три участка: инкубационный период ( $\tau_i \leq a_i$ ), в течение которого видимых превращений в аустените не происходит; собственно стадия превращения «аустенит – перлит» соответствует среднему крутому участку кривой ( $a_i < \tau_i \leq b_i$ ) третий участок кривой соответствует закончившемуся превращению  $A \rightarrow \Pi$  ( $\tau_i \geq b_i$ ). Если теперь нанести точки начала ( $a_i$ ) и конца превращения ( $b_i$ ) на координатную плоскость «температура - время» и соединить начальные и конечные точки превращения двумя плавными кривыми, то можно получить диаграмму изотермического распада аустенита (часто называемую С-образной диаграммой).

Схематический вид С-образной диаграммы показан на рисунке 3.



### Рисунок 3 - Схема изотермического распада аустенита

Однако, как видно из рисунка 3, С-образные кривые обрываются при температуре 200°-250°С, соответствующей на рисунке 3 линии Мн. При температурах ниже линии Мн перлитное превращение полностью подавляется и происходит принципиально другой тип превращения - мартенситное превращение. В этом случае аустенит превращается уже не в перлит (представляющий собой двухфазную структуру), а в мартенсит, который представляет собой пересыщенный твердый раствор углерода в  $\alpha$  - железе.

В отличие от ОЦК- решетки  $\alpha$  - железа (феррита), мартенсит имеет тетрагональную объемно-центрированную структуру. Мартенсит является прочной, твердой и хрупкой фазой. Проводя из точки К (рисунок 3) лучи с разными углами  $\alpha$ , определяющими скорость охлаждения образца, можно получить существенную информацию о получающейся после той или иной скорости охлаждения структуре. Охлаждение стали с малой скоростью (кривая V1 на рисунке 3) приводит к получению перлитной структуры. Увеличение скорости охлаждения приводит к уменьшению толщины пластинок феррита и цементита, входящих в состав перлита. Таким образом, при увеличении скорости охлаждения от V1 до V3 структура, получаемая после закалки, будет оставаться двухфазной, а меняться (уменьшаться) будут лишь размеры ферритных и цементитных пластинок. Этим более мелкодисперсным структурам присвоены специальные названия - соответственно сорбит и троостит.

Наконец, когда скорость охлаждения станет настолько велика, что кривая охлаждения пересечет прямую М<sub>n</sub> раньше, чем кривую окончания перлитного превращения (кривая V4), в структуре закаленной стали появится мартенсит, и структура будет состоять из перлита, мартенсита и остаточного аустенита. Остаточный аустенит остается в результате неполного превращения А→М. Этот аустенит является достаточно устойчивым даже при комнатной температуре. Остаточный аустенит полностью превращается в мартенсит лишь после охлаждения ниже линии М<sub>k</sub> (см. рисунок 3). На этом основана так называемая обработка холодом. При скорости охлаждения  $V > V_{кр}$  в структуре закаленной стали перлит перестает появляться вовсе, и структура будет состоять только из мартенсита и остаточного аустенита. На рисунке 4 показаны типичные структуры стали после закалки.

Различают также полную и неполную закалку. Полную закалку проводят с температур выше Ас3, а неполную - с температур выше Ас1 но ниже Ас3. Неполную закалку для доэвтектоидной стали не рекомендуется применять, т.к. это приводит к сохранению в структуре закаленной стали остаточного феррита (см. рисунок 1) и снижению ее механических свойств.

В то же время, для заэвтектоидных сталей проводят именно неполную закалку. Если же применять в этом случае полную закалку, т.е. закалку с температур выше Ас3, то, во-первых, происходит сильный рост зерен, во-вторых, частицы вторичного цементита заменяются менее прочным мартенситом. Эти факторы приводят к снижению механических свойств закаленной стали и поэтому для заэвтектоидных сталей полную закалку не применяют.

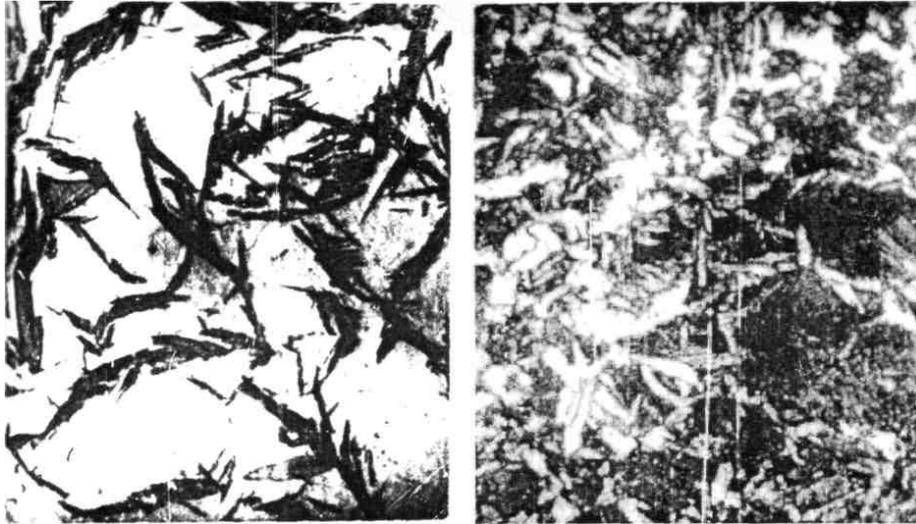


Рисунок 4 - Типичные структуры закаленной стали У8А

### 3 ПРАКТИКА ЗАКАЛКИ СТАЛИ

3.1. Выбор температуры закалки углеродистых сталей производится по диаграмме состояния Fe-C. Доэвтектоидные стали закалывают с температур выше  $A_{c3}$  на 20 - 30°C, а заэвтектоидные - с температур выше  $A_{c1}$  на 30 - 50°C. Такой выбор температур закалки связан с тем, что избыточный феррит в доэвтектоидных сталях ухудшает, а цементит в заэвтектоидных сталях улучшает свойства закаленных сталей.

3.2. Необходимую скорость закалки определяют с помощью диаграмм изотермического распада аустенита для конкретной марки стали. На рисунке 5 приведена такая диаграмма для стали У8.

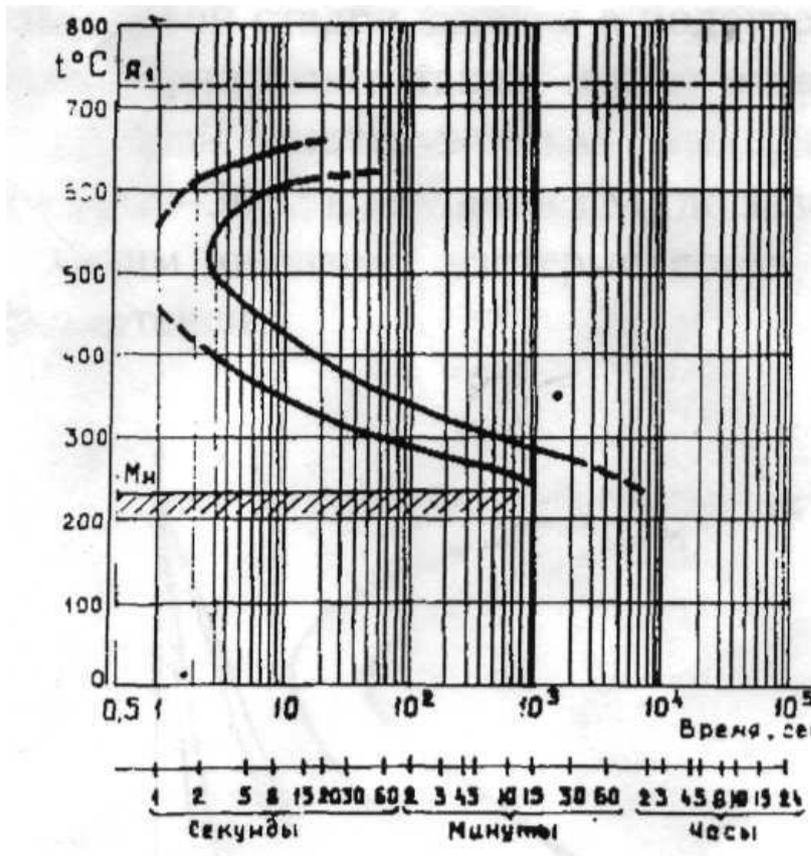


Рисунок 5 - Диаграмма изотермического распада  
аустенита стали У8

Скорость охлаждения при закалке регулируется надлежащим выбором закалочной среды и ее температуры. Наиболее часто в качестве закалочных сред применяются вода, масло, а также водные растворы NaCl. Наиболее интенсивными охладителями являются растворы солей, наиболее медленными - масла. Следует иметь в виду, что чем интенсивнее происходит охлаждение, тем больше вероятность поволоков, внутренних напряжений и даже появления закалочных трещин. С другой стороны, при закалке на мартенсит скорость охлаждения должна быть выше критической. Поэтому одноступенчатую закалку (рисунок 6,1), о которой до сих пор шла речь, можно заменять закалкой в двух охладителях (рисунок 6,2). При этом в первом охладителе произойдет интенсивное охлаждение до температур 300 - 400°С и будет быстро пройден интервал наибольшей нестабильности аустенита при 600 - 450°С.

Последующее охлаждение в другом, менее интенсивном охладителе обеспечит меньший уровень внутренних напряжений в закаленной детали. Примером такой закалки является закалка «из воды в масло». Можно осуществлять также ступенчатую закалку (рисунок 6,3) с проведением первой стадии закалки в подогретом солевом растворе или расплаве. Применяют также изотермическую закалку (рисунок 6.4) при которой изотермическая выдержка проводится при температуре на 20-30°С выше линии  $M_n$  до завершения превращения аустенита. Таким образом, изотермическая закалка не является закалкой на мартенсит.

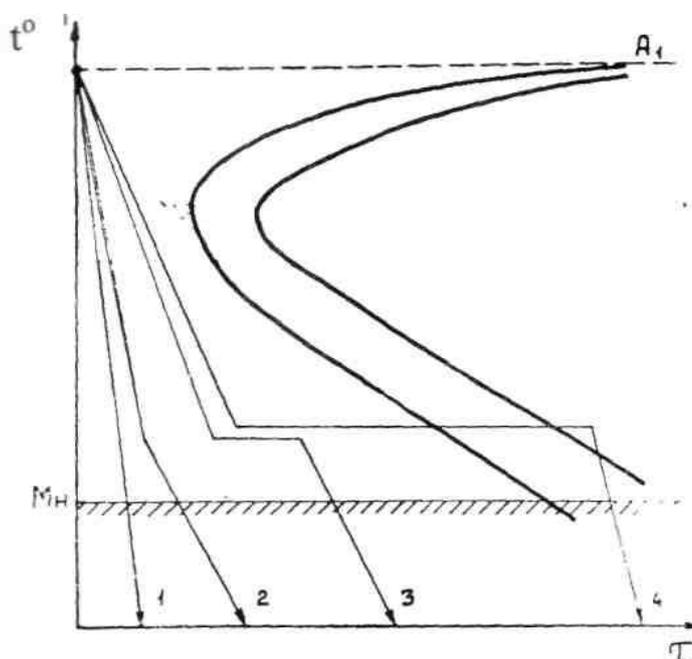


Рисунок 6 – Схема различных видов закалки

- 1 - закалка в одном охладителе;
- 2 - закалка в двух охладителях;
- 3 - ступенчатая закалка;
- 4 - изотермическая закалка.

Следует также отметить, что охлаждение резко замедляется при образовании т.н. паровой рубашки, поэтому при закалке на мартенсит необходимо интенсивно перемещать образец в воде и масле.

3.3 Выбор времени нагрева под закалку (смотри таблицу 1) определяется из расчета  $1 \div 1,5$  мин на 1 мм диаметра для деталей круглого сечения при нагреве до температур 700 - 850°C. Время нагрева деталей квадратного сечения необходимо увеличить в 1,5, а плоских деталей - в 2 раза. Следует учесть, что потребное время нагрева уменьшается с увеличением температуры.

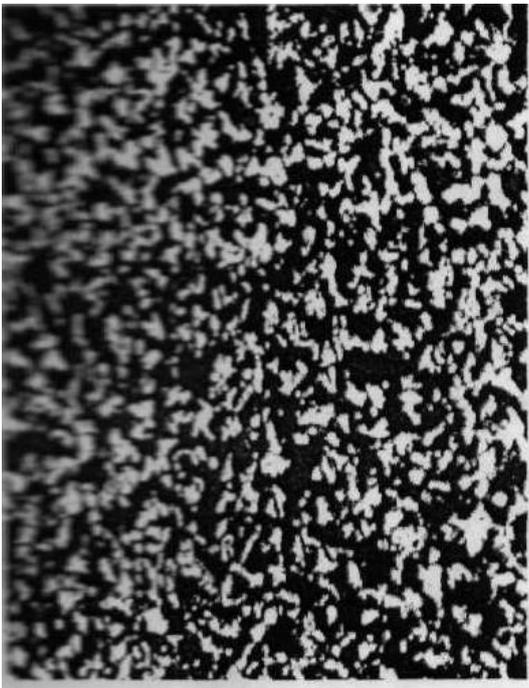
Таблица 1 – Нормы нагрева стали в минутах

Температура нагрева, °С	Продолжительность нагрева и выдержки (в минутах) для образцов различной формы		
	Круг (на 1 мм диаметра)	Квадрат (на 1 мм толщины)	Пластина (на 1 мм толщины)
600	2,0	3,0	4,0
700	1,5	2,2	3,0
800	1,0	1,5	2,0
900	0,8	1,2	1,6
1000	0,4	0,6	0,8

#### 4 ОТПУСК СТАЛИ

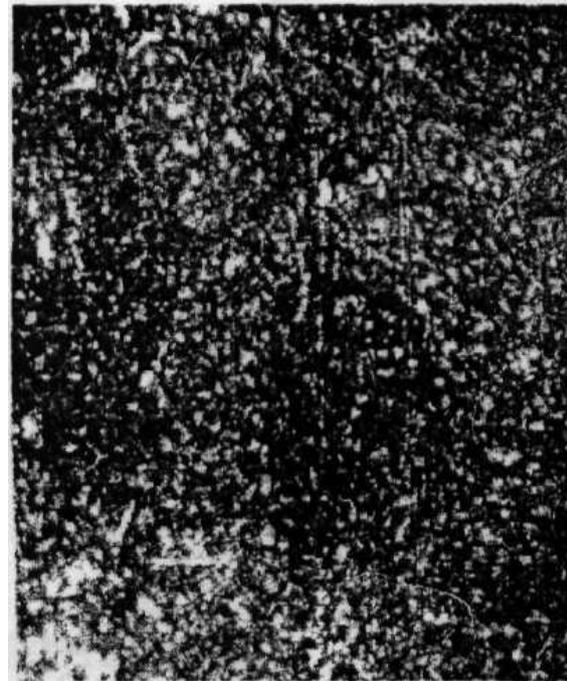
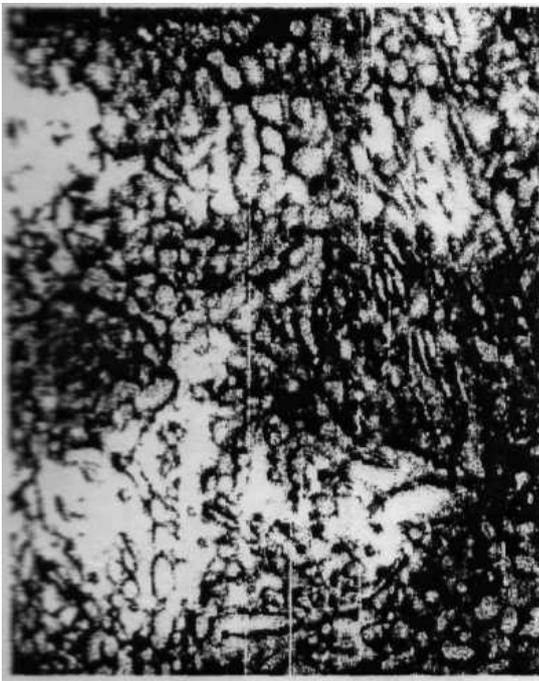
Отпуск стали применяют для уменьшения хрупкости закаленной стали. Находясь в неустойчивом состоянии, закаленная сталь стремится перейти в состояние равновесия. При комнатной температуре процесс перехода в более устойчивое состояние протекает медленно, однако уже небольшой нагрев (до 80 - 100°C) приводит к значительному его ускорению. Твердость стали при этом практически не меняется, т.к. некоторое снижение твердости мартенсита при уменьшении содержания углерода компенсируется с упомянутым процессом образования мартенсита, происходит превращение остаточного аустенита в феррито-карбидную смесь (перлит). Этот процесс сопровождается вначале быстрым снижением при повышении температуры за счет ускоряющегося мартенсита, затем темп снижения твердости уменьшается из-за превращения остаточного аустенита в более твердый перлит. Еще более высокий нагрев (300 - 400°C) приводит к полному распаду мартенсита и образованию мелких частиц промежуточных карбидов. Наконец, при нагреве до температур 500 - 700°C происходит полное обособление карбидов и их рост.

Соответственно указанным основным превращениям при отпуске, различают низкий, средний и высокий отпуск. После низкого отпуска (200 - 300°C) структура стали состоит из отпущенного мартенсита и троостита отпуска, что обеспечивает высокую твердость и прочность при малой пластичности. Средний и высокий отпуск приводят к получению троостита или сорбита отпуска, соответственно. Эти структуры (см. рисунок 7) отличаются от аналогичных структур после закалки зернистой формой феррито-карбидной смеси (после закалки получают пластинчатые структуры). Средний и особенно высокий отпуск приводят к существенному повышению вязкости стали. При этом ее твердость и прочность заметно выше, чем у отожженной стали. Поэтому двойная обработка «закалка-отпуск» является наиболее широко применяемой. Так называемое улучшение (закалка + высокий отпуск), часто применяющееся для среднеуглеродистых сталей, также относится к этому классу.



а) сталь 45 после отжига,

б) сталь У8А после отжига



в) сталь У8 после сфероидизации

г) сталь У8А после закалки и отпуска (600°C - 30 минут)

Рисунок 7 - Микроструктуры сталей после различных термообработок

## 5 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

5.1 Получить у преподавателя образцы шлифов сталей 45 и У8.

5.2 Протравить их для выявления микроструктуры 5%-ным спиртовым раствором  $\text{HNO}_3$  в течение 10 сек.

5.3 Изучить структуру сталей на микроскопе ММР-4 или ММУ-3 при увеличениях 200 - 500 $\times$ , определить структурные составляющие, зарисовать схематически полученные структуры.

5.4 Определить твердость образцов сталей 45 и У8 по Роквеллу (HRB)

5.5 Определить температуры и продолжительность нагрева образцов под закалку и необходимую закалочную среду.

5.6 Загрузить образцы в муфельную печь, выдержать требуемое время и закалить.

5.7 Снять окалину и определить твердость закаленных образцов по Роквеллу (HRB). Сравнить полученные результаты с твердостью стали в исходном состоянии.

5.8 Подготовить микрошлифы закаленных сталей, протравить их и исследовать микроструктуры (см. п. 5.2 и 5.3). Схемы микроструктур зарисовать.

5.9 Провести отпуск стали.

5.10 Исследовать микроструктуру отпущенной стали согласно п.5.8. Схемы микроструктур зарисовать.

5.11 Определить твердость отпущенных образцов.

5.12 Проанализировать результаты и составить отчет.

## **6 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

6.1 Краткое теоретическое введение.

6.2 Цель работы.

6.3 Основные результаты в виде таблиц, графиков и схем наблюдаемых микроструктур.

6.4 Краткое объяснение полученных результатов.

6.5 Выводы.

## **7 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

7.1. Чем определяется температура нагрева доэвтектоидной стали под закалку?

7.2. Почему для заэвтектоидных сталей применяют неполную закалку?

7.3. Как строится диаграмма изотермического распада аустенита? Как с ее помощью определить необходимую скорость закалки?

7.4. Почему при отпуске снижается твердость закаленной стали?

7.5. Какая термическая обработка называется улучшением?

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1986. -544 с.

2. Металловедение и термическая обработка: Справочник. Под ред. М.Л. Берштейна и А.Г. Рахштадта, т.1. - М.: Металлургиздат, 1961. - 345 с.

3. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1989. - 446 с.

### 3.4.4. Лабораторная работа № 4 «Изучение свойств чугунов»

#### 1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Чугунами называются сплавы системы железо-углерод с содержанием последнего 2,14-6,67%(по массе). Из диаграммы состояния Fe-C, показанной на рисунке 1, видно, что к чугунам относятся сплавы, содержащие эвтектику, называемую ледебуритом.

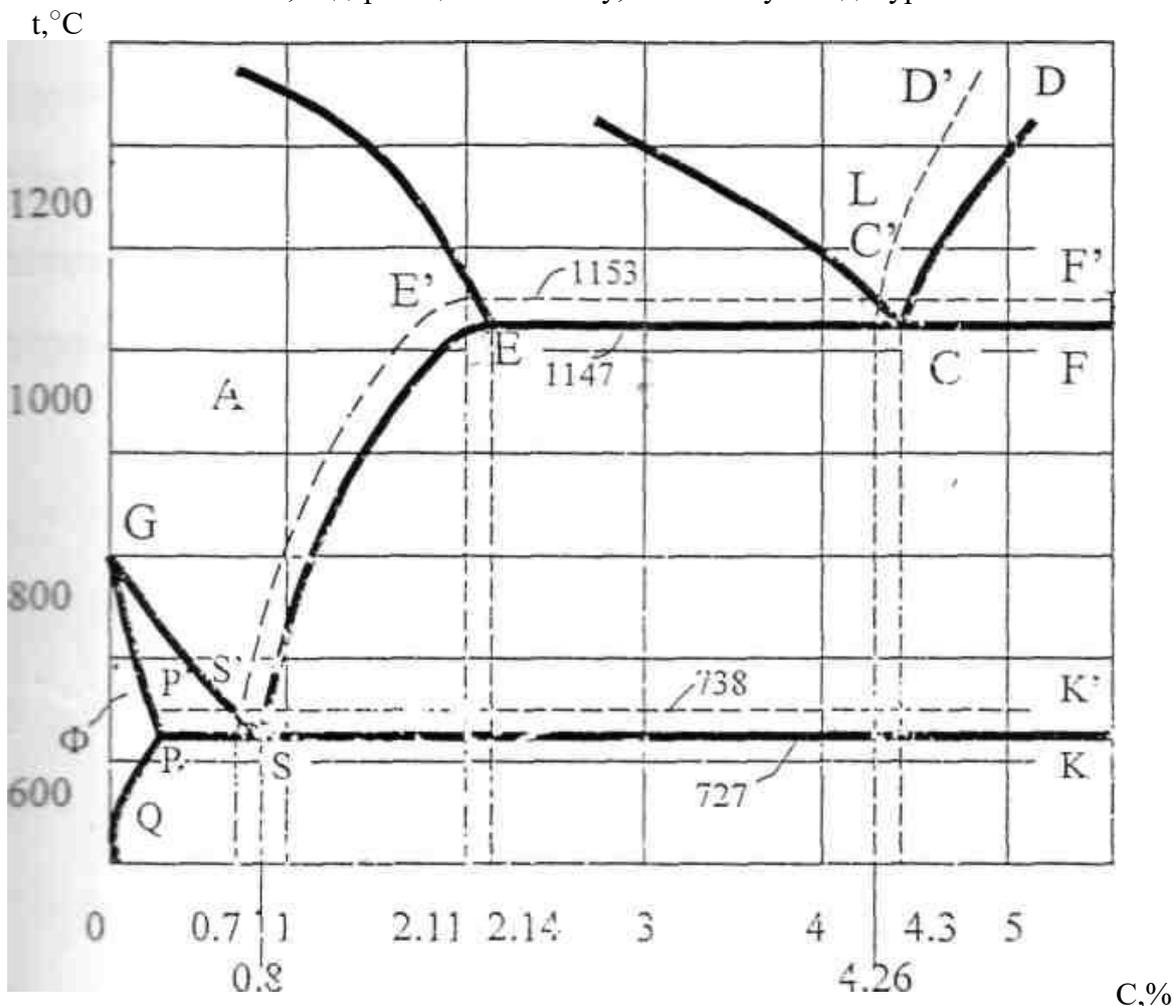


Рисунок 1 - Диаграмма состояния Fe-C метастабильная (цементная) диаграмма стабильная (графитная) диаграмма

Стабильной (равновесной) углеродосодержащей фазой является графит, цементит же является метастабильной (неравновесной) фазой. В сталях углерод обычно находится в виде цементита, в чугуне же возможно образование и цементита и графита. Выделение углерода в виде графита или цементита зависит от состава чугуна и условий кристаллизации. Чугуны, содержащие углерод ледебурита в виде цементита, называют белыми, а содержащие углерод в виде графита - серыми, по цвету излома.

Различают также половинчатый и отбеленный чугуны. В половинчатом чугуне одновременно имеют место цементит и графит. В отбеленном же чугуне в поверхностных слоях произошло отбеливание, т.е. углерод находится в виде цементита, а в сердцевине - в виде графита.

Обычно применяемые чугуны содержат от 2,4 до 3,8% C. Увеличение содержания углерода приводит к снижению механических свойств чугуна, а уменьшение - к ухудшению литейных свойств, из-за расширения интервала кристаллизации.

Все чугуны обязательно содержат 1,2-3,5% Si, до 1,3% Mn, а также фосфор и серу. Кремний и углерод способствуют выделению углерода в чугуне в виде графита (графитизация), тогда как марганец способствует выделению углерода в виде соединения с железом Fe<sub>3</sub>C (отбеливанию). Влияние содержания кремния и углерода на структурное состояние показано на рисунке 2.

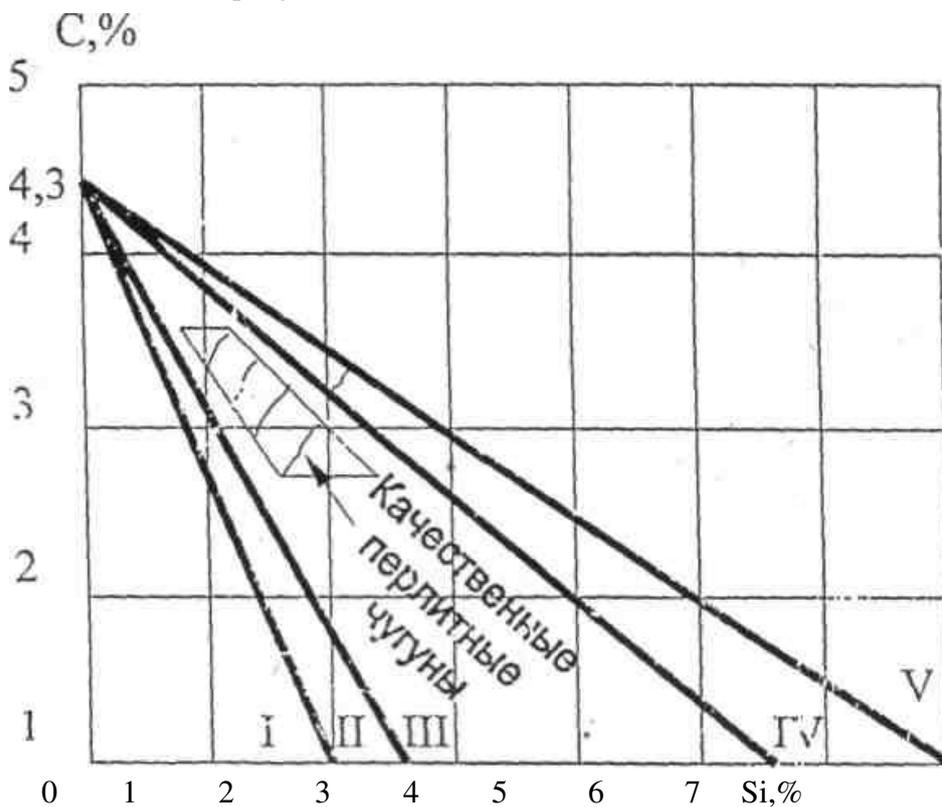
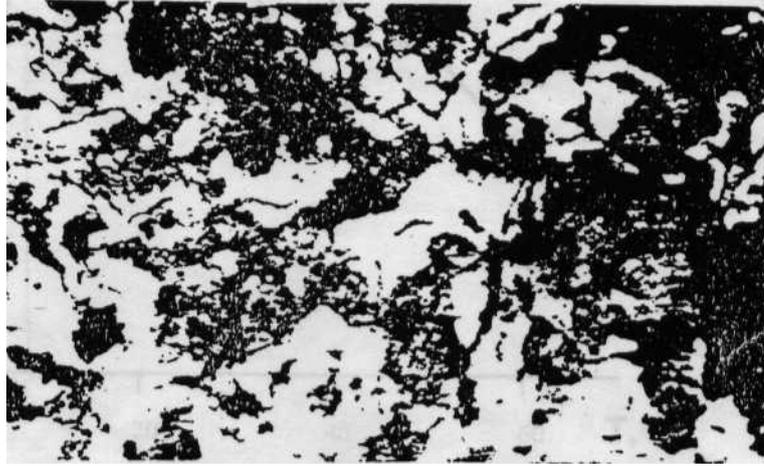


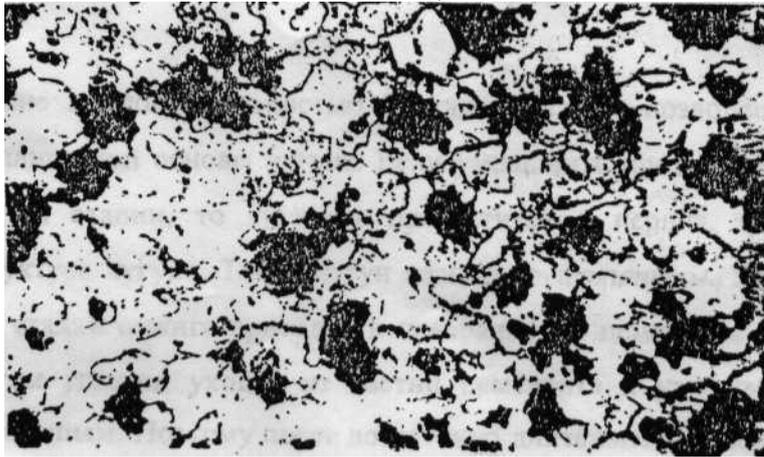
Рисунок 2 - Влияние углерода и кремния на структуру чугуна  
I - белые чугуны; II-V - серые чугуны

Влияние скорости охлаждения на структуру чугуна показано на рисунке 3. Скорость охлаждения зависит главным образом от толщины отливки, а также от материала и температуры литейной формы (изложницы).





а)



б)

Рисунок 4 – Микроструктура чугуна  
а) серый чугун; б) ковкий чугун

Ковкий чугун получают отжигом, так называемым топлением белого чугуна. Схема такого отжига показана на рисунке 5.

Отжиг при высокой температуре (1 стадия) приводит к превращению в графит цементита, содержащегося в ледебурите. Последующий отжиг вблизи температуры эвтектоидного превращения (2 стадия) приводит к превращению в графит цементита перлита.

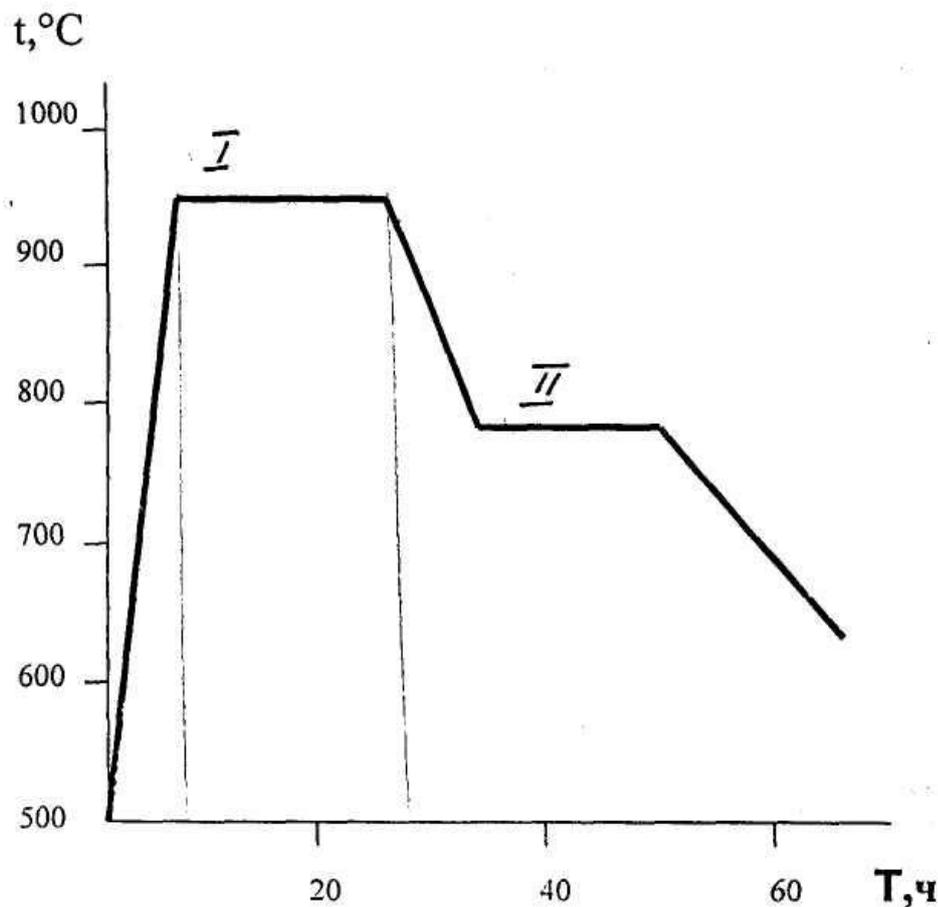


Рисунок 5 – Схема отжига ковкого чугуна

Варьирование продолжительностью 2 стадии отжига позволяет менять структуру металлической основы чугуна. Если уменьшить продолжительность отжига на второй стадии, то аустенит превратится в перлит, который и останется в структуре чугуна. Такой чугун называют перлитным. Увеличение длительности 2 стадии отжига приводит к превращению цементита перлита в графит. При этом углерод уходит из частиц цементита к уже имеющимся графитным включениям. Поэтому после достаточно длительного отжига перлит полностью будет заменен ферритом. Такой чугун называется ферритным. Если же в структуре имеются и перлит и свободный (не входящий в состав перлита) феррит, то такой чугун называется ферритно-перлитным.

Высокопрочный чугун отличается округлой, шаровидной формой графитных включений. Получают его путем добавления к расплаву небольших количеств щелочных или щелочноземельных металлов (т.н. модифицирование).

Механические свойства такого чугуна весьма высоки и достигают уровня свойств литой стали. Маркировка высокопрочных чугунов такова: ВЧ 80-3

<u>ВЧ</u>	<u>80</u>	-	<u>3</u>
Высокопрочный чугун	Предел прочности( $\delta_s$ )		Относительное удлинение( $\delta$ )

На рисунке 6 показаны возможные варианты структуры чугуна.

<i>Металлическая основа</i>	<i>Форма графитных включений</i>		
	<i>Пластинчатая</i>	<i>Клапьевидная</i>	<i>Шаровидная</i>
<i>Феррит</i>			
<i>Феррит + Перлит</i>			
<i>Перлит</i>			

Рисунок 6 - Классификация чугуна по структуре металлической основы и форме графитных включений (схемы структур)

Изменение состояния металлической основы чугуна приводит к существенному изменению механических свойств чугуна. Перлитные чугуны имеют большую прочность и меньшую пластичность, чем ферритные. Это обстоятельство позволяет варьировать нужные свойства в широком интервале значений.

## 2 ПРИМЕНЕНИЕ ЧУГУНА

Белый чугун, вследствие высокой твердости, хрупкости и плохой обрабатываемости имеет очень ограниченное применение. В частности из отбеленного чугуна изготавливают прокатные валки, шары для шаровых мельниц.

Ферритные и феррито-перлитные серые чугуны применяют для изготовления слабонагруженных и неотчетственных литых деталей.

Перлитные серые чугуны применяются для изготовления литых станин, деталей, работающих на износ в условиях больших давлений (компрессорное, арматурное и турбинное литье и т.п.).

Отливки из ферритных ковких чугунов применяют для изготовления ответственных деталей, испытывающих ударные, вибрационные, высокие динамические и статические нагрузки (картеры редукторов, ступицы и т.п.).

Из перлитных ковких чугунов изготавливают ответственные детали, работающие на износ (детали цепей конвейеров, втулки, муфты и т.п.).

Высокопрочный чугун широко применяют для изготовления ответственных деталей: коленчатых валов, крышек блоков цилиндров, деталей прокатных станков, корпусов насосов высокого давления и т.п.

### **3 ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИБОРЫ, ИНСТРУМЕНТЫ**

- 3.1 Коллекция шлифов чугуна
- 3.2 Металлографический микроскоп МИМ-8 (МИМ-7)
- 3.3 Приборы для измерения твердости.

### **4 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

- 4.1. Изучить и зарисовать микроструктуру образцов чугуна.
- 4.2. Выбрать метод и измерить твердость образцов чугуна
- 4.3. По виду микроструктуры определить (качественно) марку чугуна, способ обработки, используя при этом также измеренные значения твердости.
- 4.4 Составить отчет по работе.

### **5 УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА**

Отчет по работе должен содержать:

- 5.1. Краткое теоретическое введение.
- 5.2. Схемы микроструктуры исследованных образцов чугуна.
- 5.3. Расчеты значений твердости образцов.
- 5.4. Привести марки образцов чугуна и обосновать сделанный выбор.
- 5.5 Выводы по работе, где должны быть коротко изложены соображения о структуре, марке, способах получения и способах обработки исследованных образцов чугуна.

### **6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

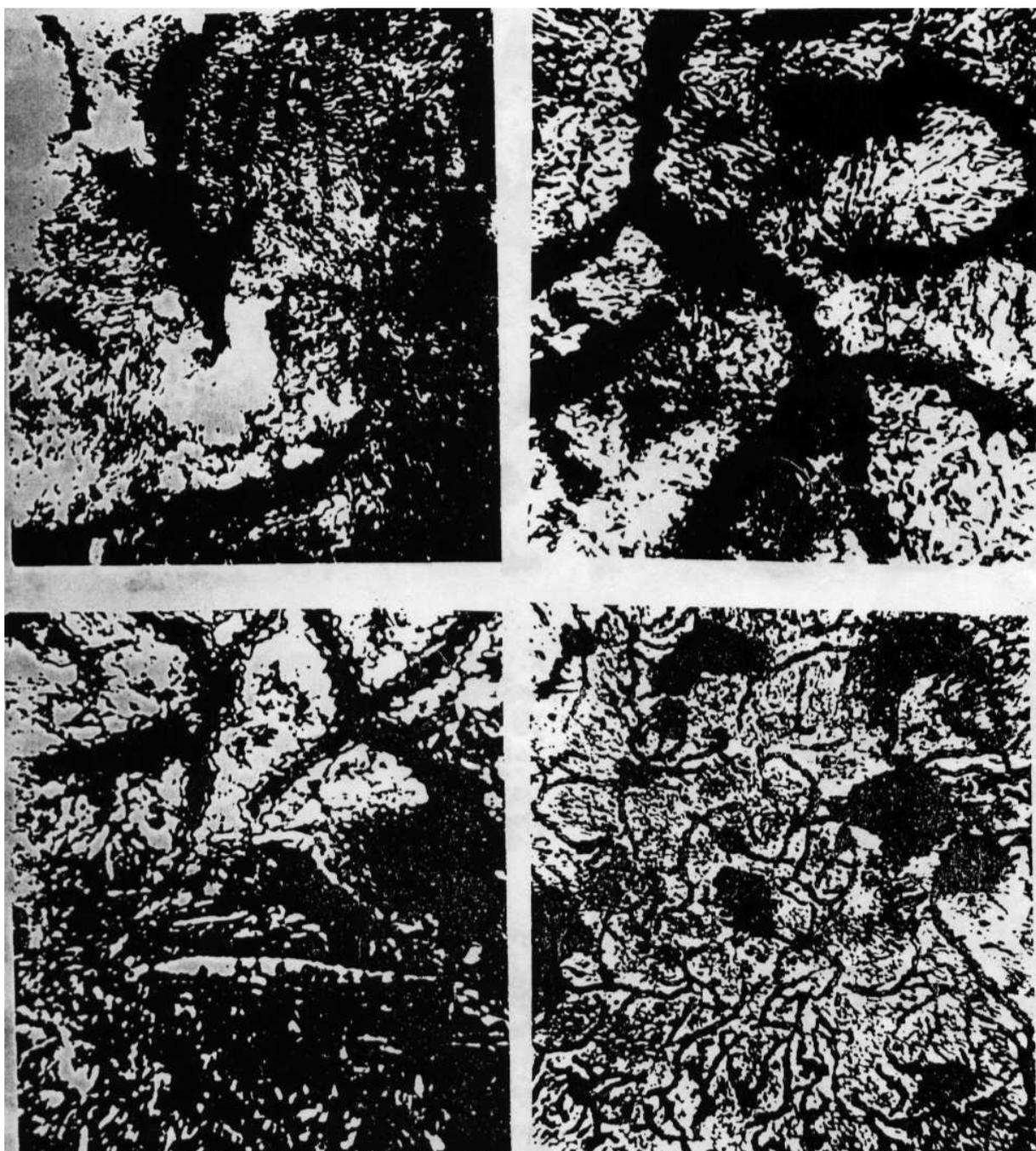
- 6.1 В чем заключается принципиальное различие чугунов и сталей?
- 6.2 Чем различается поведение углерода в стали и чугуне.

### **7 ЛИТЕРАТУРА**

- 7.1 Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. – М.: металлургия, 1977. – 542 с.
- 7.2 Коротин И.М., Сгибнев Г.Ф. учебник для средних и высших учебных заведений. – М.: Термист, 1963.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

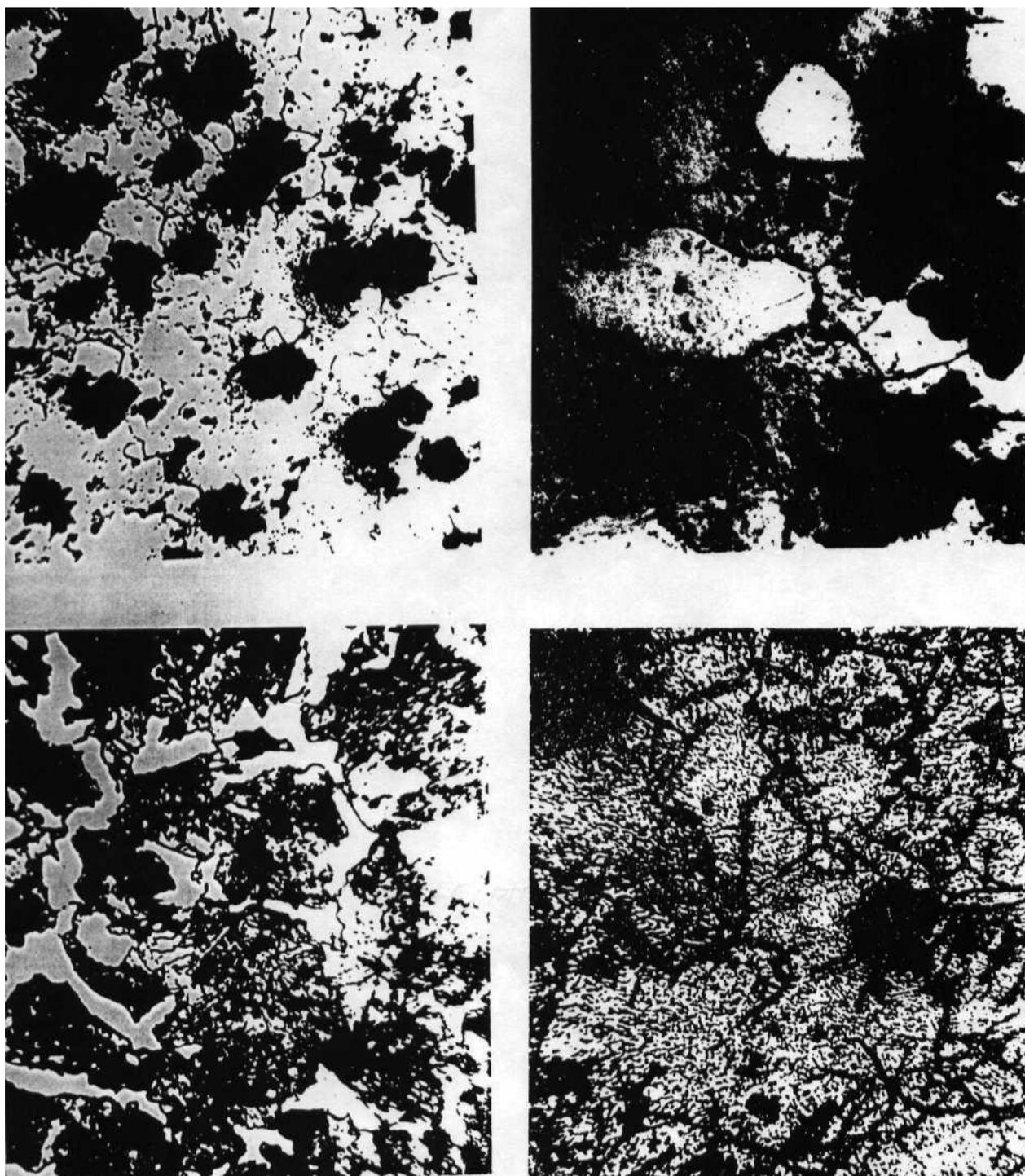
### Микроструктуры чугунов до и после термообработки



- серый чугун (увеличение 300),
- серый чугун, нагрев 800 °С, выдержка 1 час, закалка (увеличение 300),
- серый чугун, нагрев 800 °С, выдержка 1 час, закалка, отпуск 500°С, 20 минут (увеличение 300),
- серый чугун, нагрев 800 °С, выдержка 1 час, закалка, отпуск 500 °С, 20 минут (увеличение 50).

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Микроструктуры чугунов



А - ковкий чугун (увеличение 50),

Б - ковкий чугун (300),

В- ковкий чугун, нагрев 800 °С, выдержка 1 час, закалка (50),

Г - серый чугун, нагрев 800 °С. Выдержка 1 час, закалка (50).

### 3.4.5. Лабораторная работа № 5 «Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой»»

#### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1 Ознакомление с составом, классификацией, маркировкой, термической обработкой, свойствами и областями применения алюминиевых сплавов.

1.2 Экспериментальное изучение влияния термической обработки на свойства дуралюмина.

#### 2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

##### 2.1 Свойства алюминия

Алюминий кристаллизуется в гранцентрированной кубической решетке. Аллотропических превращений не имеет. ГЦК решетка предопределяет высокий (с учетом, что температура плавления всего 660 °С) комплекс механических свойств алюминия, как при комнатной, так и при повышенных температурах. Алюминий относится к группе легких металлов. Его плотность – 2700 кг/м<sup>3</sup>. Он обладает высокой электрической проводимостью и теплопроводностью.

Механические свойства алюминия характеризуются низкими значениями абсолютной прочности и твердости и высокой пластичностью.

Алюминий обладает высокой химической активностью и одновременно исключительной коррозионной стойкостью. На воздухе он покрывается тонкой, но очень прочной беспористой оксидной пленкой Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, надежно защищающей металл от дальнейшего окисления.

Чем алюминий чище, тем выше его коррозионная стойкость, пластичность, электро- и теплопроводность и тем ниже прочность и твердость. Так, литой алюминий высокой чистоты марки А955 (суммарное количество примесей 0,005 %) имеет предел прочности при растяжении 50 МПа, относительное удлинение 45 %, твердость по Бринеллю 15 НВ. У алюминия марки А0 (сумма примесей 1%) те же характеристики соответственно равны 90 МПа, 30 % и 25 НВ.

Из-за низких прочностных свойств алюминий применяют лишь для ненагруженных деталей и элементов конструкций, когда от материала требуется легкость, коррозионная стойкость, пластичность, свариваемость.

##### 2.2 Сплавы алюминия

К числу достоинств сплавов на основе алюминия относятся: малая плотность, высокие удельные механические свойства, высокая коррозионная стойкость, широкий температурный диапазон работы, начиная с температуры жидкого водорода, высокая вязкость разрушения, свариваемость, легкость обработки режущим инструментом.

В настоящее время алюминиевые сплавы являются важнейшим конструкционным материалом летательных аппаратов.

В качестве основных легирующих элементов в алюминиевых сплавах применяют Cu, Mg, Si, Mn, Zn, несколько реже используют Ni, Li, Ti, Be, Zr и др.

Промышленные алюминиевые сплавы базируются на ряде многокомпонентных систем: Al-Si, Al-Mg, Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mn, Al-Cu-Li, Al-Mg-Si, Al-Be-Mg, Al-Zn-Mg-Cu, Al-Mg-Si-Cu и др.

Для физико-химического взаимодействия алюминия с легирующими элементами характерна низкая (за исключением Zn), зависящая от температуры, растворимость их в алюминии. В условиях равновесия сплавы состоят из низколегированного твердого раствора и интерметаллидных фаз типа:

CuAl<sub>2</sub> (тета-фаза), Al<sub>2</sub>Mg<sub>3</sub>Zn<sub>3</sub> (Т-фаза), Al<sub>2</sub>CuMg (S-фаза), Mg<sub>2</sub>Si, Al<sub>3</sub>Mg<sub>2</sub> и других.

##### 2.3 Классификация и маркировка алюминиевых сплавов

Алюминиевые сплавы классифицируют по технологии изготовления (деформируемые, литейные, порошковые), способности к упрочнению термической обработкой (упрочняемые и неупрочняемые) и свойствам (жаропрочные, ковочные, высокопрочные, сплавы для заклепок и

др.). Основой для разделения сплавов по технологии изготовления и способности к термической обработке являются диаграммы состояния.

В настоящее время принята сложная буквенная и буквенно-цифровая система маркировки алюминиевых сплавов.

Деформируемые сплавы обозначают буквами:

Д – дуралюмины, например Д1, Д16, Д19 (приложение А, таблица А.5);

АД – деформируемый алюминий, например АД0, АД1, АД33 (приложение А, таблица А.4);

АК – ковочные алюминиевые сплавы, например АК4-1, АК6, АК8 (приложение А, таблицы А.9, А.10);

АМг – сплавы алюминия с магнием, например АМг5, АМг6 (приложение А, таблица А.1);

АМц – сплавы алюминия с марганцем, (приложение А, таблица А.2);

АВ – авиали, например АВ (приложение А, таблица А.4);

В – высокопрочные сплавы, например В93, В95, В96 (приложение А, таблица А.3).

Литейные сплавы обозначают буквами АЛ, например, АЛ2, АЛ27, АЛ33 (приложение Б, таблицы Б.1 – Б.3);

Цифры, следующие за буквами, могут означать систему легирования (в дуралюминах, в высокопрочных сплавах, в деформируемом алюминии). В сплавах АМг цифры указывают на содержание магния в процентах. Дополнительная цифра в обозначениях сплавов типа АК4-1, АК6-1 и др. обозначает, что новый сплав является близкой модификацией старого АК4, АК6 и т.д.

В настоящее время вводится единая четырехцифровая система маркировки сплавов. Единица, стоящая в начале марки, характеризует основу сплава – алюминий. Вторая цифра обозначает основной легирующий элемент (или группу элементов). Третья или третья и вторая цифры – те же, что и в старой маркировке. Нечетное число или ноль, стоящие на четвертом месте, обозначают деформируемый сплав, цифра 7 соответствует проволочному сплаву, 9 – спеченному сплаву. У литейных сплавов четвертая цифра четная.

Опытные сплавы обозначаются цифрой 0, ставящейся в начале марки, перед единицей (приложение А, таблицы А.6, А.8). При такой маркировке сплав Д16, например, обозначается 1150.

Чистота сплавов по контролируемым примесям (Fe, Si и др.) обозначается буквами: «пч» (повышенной чистоты), «ч» (чистый), «оч» (очень чистый), стоящими после марки сплава.

Состояние деформируемых сплавов, отражающее термическое и термомеханическое воздействие, имеет следующие обозначения: М – мягкий, отожженный; Т – закаленный и естественно состаренный; Т1 – закаленный и искусственно состаренный на максимальную прочность; Н – нагартованный (деформация 1 – 7 %); Н1 или НН – усиленно нагартованный; ТН – закаленный, естественно состаренный и нагартованный (приложение А, таблицы А.1-А.10).

Состояние литейных сплавов, отражающее особенности технологии литейного производства и виды термической обработки, имеет обозначения:

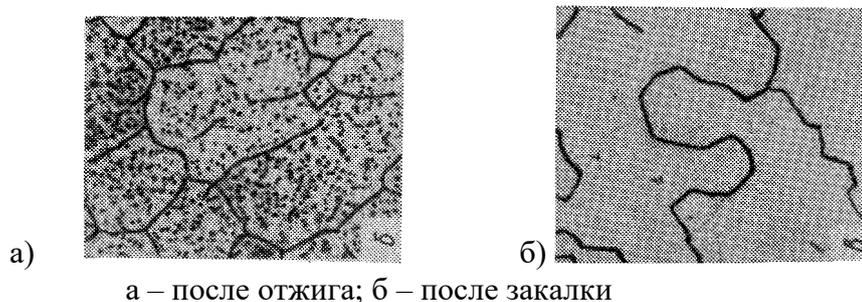
З – литье в песчаные формы; В – литье по выплавляемым моделям; О – литье в оболочковые формы; К – литье в кокили; Д – литье под давлением; М – модифицированное литье; Т1 – старение; Т2 – отжиг; Т4 – закалка; Т5 – закалка и частичное старение; Т6 – закалка и полное старение; Т7 – закалка и стабилизирующий отпуск; Т8 – закалка и смягчающий отпуск (в приложении А таблицы А.11 – А.13).

Марки ряда деформируемых и литейных алюминиевых сплавов, их состав, свойства и примеры возможного применения приведены в приложении.

#### 2.4 Термическая обработка дуралюминов

Дуралюминами называют сплавы на основе системы Al-Cu-Mg с добавками марганца. Большинство промышленных дуралюминов содержат около 4 % Cu, до 2,5 % Mg, менее 1 % Mn. Кроме того, в сплавах присутствуют небольшие количества постоянных примесей – Fe и Si (приложение А, таблица А.5).

Структура дуралюминов в отожженном состоянии представлена твердым раствором – альфа легирующих элементов в Al и включениями интерметаллидных фаз:  $\text{CuAl}_2$  (тета-фаза),  $\text{CuMgAl}_2$  (S-фаза),  $\text{Cu}_2\text{AlFe}$  (N-фаза),  $\text{Mg}_2\text{Si}$  и других (рисунок 15.2 а).



а – после отжига; б – после закалки  
Рисунок 15.2 –Микроструктура сплава Д16

Упрочнение дуралюминов достигают закалкой и последующим старением. Для обоснования выбора температуры закалки, а также для объяснения превращений, протекающих в сплавах при термообработке, можно в первом приближении использовать диаграмму состояния Al-Cu (рисунок 15.3), поскольку в дуралюминах медь является главным легирующим элементом.

Из диаграммы видно, что растворимость меди в алюминии зависит от температуры и меняется от 0,5 % при 20 °С до 5,7 % при температуре эвтектики (548 °С). Следовательно, существует предпосылка возможности перевода двухфазных (состоящих из альфа-фазы и вторичных кристаллов  $\text{CuAl}_2$ ) сплавов с концентрацией Cu до 5,7 % нагревом в однофазное состояние (альфа-твердый раствор) и последующей фиксации его быстрым охлаждением.

При нагреве дуралюминов до температур закалки ( $500 \pm 5$  °С)  $\text{Mg}_2\text{Si}$ -, тета- и S-фазы растворяются в алюминии. После охлаждения в холодной воде структура закаленного сплава состоит из твердого раствора альфа с включениями малорастворимой при нагревании N-фазы (рисунок 15.3).

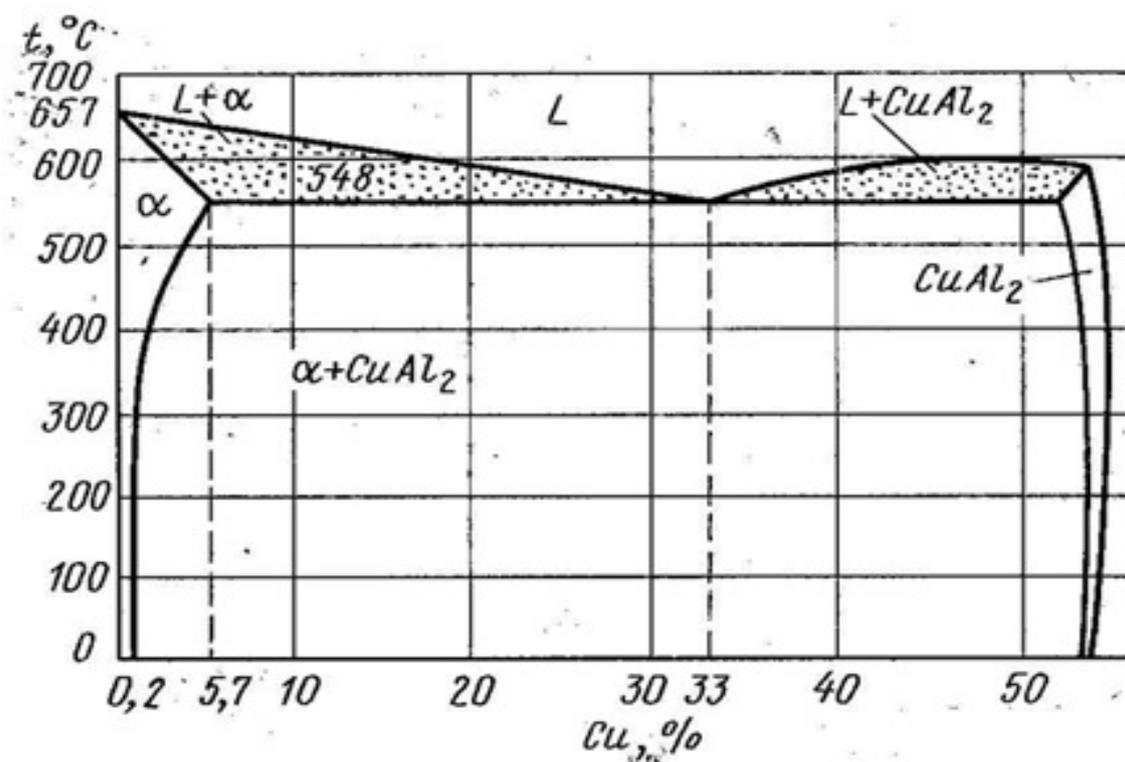


Рисунок 15.3 - Диаграмма состояния алюминий-медь

Свежезакаленные дуралюмины имеют невысокую твердость и прочность, но повышенную пластичность, лишь несколько сниженную по сравнению с отожженным состоянием.

Пересыщенный по отношению к равновесному (отожженному) состоянию сплав является метастабильным и при длительном пребывании в области нормальных температур (естественном старении) или при сравнительно непродолжительном нагреве (искусственном старении) изменяет свое состояние, приближаясь к равновесному.

Преобразования при старении приводят к значительным изменениям свойств сплава: возрастают прочность и твердость при заметном понижении пластичности (рисунок 15.4).

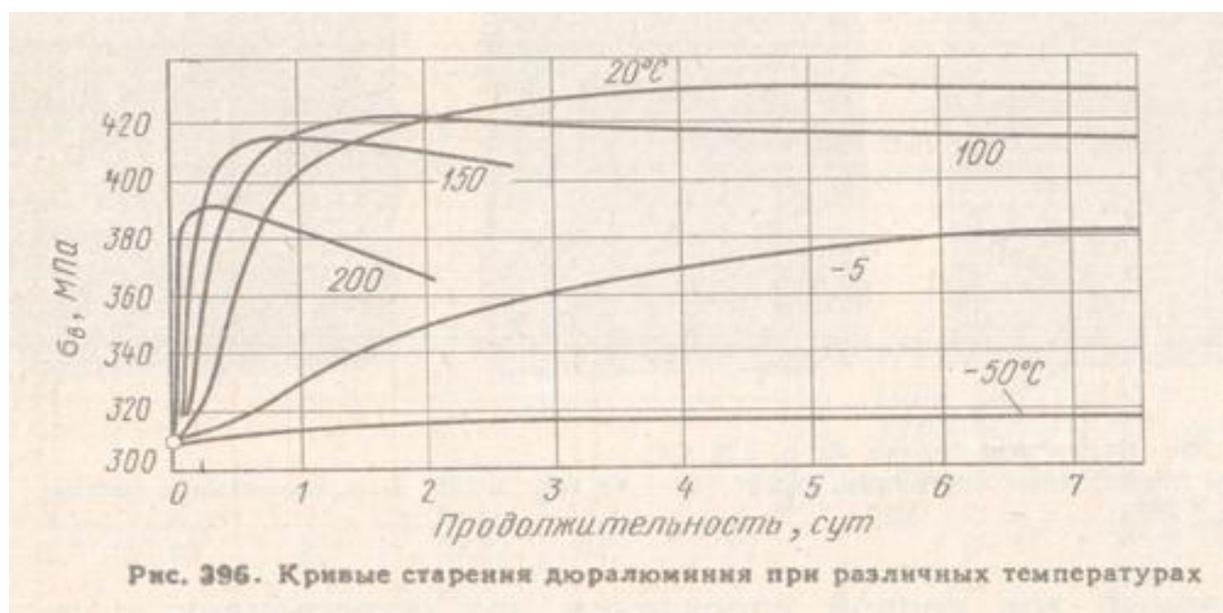


Рисунок 15.4 – Изменение прочности сплавов системы Al-Cu в зависимости от температуры и продолжительности старения

В процессе старения, на его начальной стадии, атомы легирующих элементов (в сплавах системы Al-Cu - атомы меди, расположенные в свежезакаленном сплаве случайно, собираются в определенных местах кристаллической решетки, образуя участки с резко повышенной концентрацией растворенного компонента, называемые зоны Гинье - Престона (зоны Г - П).

В результате естественного старения образуются зоны толщиной от 0,5 до 1 мкм и протяженностью от 3 до 6 нм (их называют зоны Г-П-1), вызывая упрочнение сплава.

Если естественно состаренный сплав подвергнуть кратковременному нагреву до температуры 250-270 °С, то зоны Г - П растворятся и сплав возвратится в свежезакаленное состояние с характерными для него свойствами (низкой твердостью и высокой пластичностью). Это явление получило название возврат.

После возврата сплав может быть вновь упрочнен при естественном или искусственном старении.

При искусственном старении зоны Г - П укрупняются, достигая от 1 до 4 нм по толщине и от 20 до 30 нм по протяженности (зоны Г-П-2). Концентрация меди в них приближается к стехиометрическому соотношению в соединении  $\text{CuAl}_2$ .

Дальнейшее развитие процессов искусственного старения приводит к преобразованию зон Г-П- 2 в частицы промежуточной тета-фазы, имеющий такой же химический состав, как тета-фаза, но с отличной от нее кристаллической решеткой, когерентно связанной с  $\alpha$ -твердым раствором. При дальнейшем повышении температуры тета-фаза обособливается от твердого раствора и превращается в стабильную коагулирующую тета-фазу.

Таким образом, различают два вида старения: зонное, связанное с образованием только зон Г - П, и фазовое, при котором возникают метастабильные и стабильные фазы.

Скорость искусственного старения сильно зависит от температуры (рисунок 15.4): повышение температуры ускоряет процесс. Однако в сплава системы Al-Cu с 3-5 % меди получаемая при этом максимальная прочность тем ниже, чем выше температура старения. Наибольшее упрочнение получают при естественном старении в результате образования зон Г-П-1.

Следует отметить, что не всегда максимум прочности достигается естественным старением, более того, во многих высокопрочных сплавах естественное старение не протекает вообще. В более сложных по химическому составу сплавах наибольшая прочность наблюдается при искусственном старении в результате образования метастабильных фаз (см. приложение А, таблица А.4, сплавы на основе системы Al-Mg-Si).

### 3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

3.1 Ознакомиться со всеми разделами методического руководства.

Ответьте на включенные в руководство вопросы.

3.2 Провести закалку 1 образца дуралюмина (температура закалки  $500 \pm 5$  °С, продолжительность пребывания образцов в печи – 30 мин, охлаждение в воде). Определите твердость HRB образцов до и после закалки.

3.3 Провести искусственное старение закаленных образцов при температуре 250 °С в течение 1, 3, 5, 10, 15 и 30 мин. Измерьте твердость HRB состаренных образцов.

3.4 Провести термическую обработку "возврат" естественно состаренных образцов, температура нагрева 250°С, время 3 мин. Измерьте твердость HRB образцов до и после возврата.

3.5 Рассмотреть микроструктуры отожженных, закаленных, искусственно и естественно состаренных образцов.

### 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДУРАЛЮМИНИЯ.

1. Получить образец дюралюминиевого сплава Д 1.
2. Измерить твердость методом Бринелля при нагрузке 500 кг.
3. Сделать шлиф образца, протравить его и посмотреть микроструктуру.
4. По диаграмме Al-Cu выбрать температуру нагрева под закалку сплава.
5. Провести нагрев образца до температур 500 °С и выдержку при этой температуре в течении 20 минут.
6. Закалить образец в воде.
7. Измерить твердость методом Бринелля при нагрузке 500 кг.
8. Изучить микроструктуру образца после закалки.
9. Выбрать температуру отжига.
10. Провести отжиг(искусственное старение) образца в течении 20 минут
11. Измерить твердость после отжига.
12. Изучить микроструктуру образца после отжига.

#### Опыты Д1

1. твердость исходного материала- (литер. 410)
2. твердость после закалки- (лит. 320)
3. твердость после искусственного старения 250 С- (380-390)

### 5 СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

5.1 Цель работы.

5.2 Краткие сведения о составе, свойствах, маркировке, термической обработке и применении алюминиевых сплавов.

5.3 Краткое описание процессов, протекающих при термической обработке алюминиевых сплавов.

5.4 Результаты экспериментальной работы (марка сплава, режимы термообработки, твердость образцов до и после каждого вида термообработки, график изменения твердости сплава в зависимости от времени старения).

5.5 Рисунки рассмотренных микроструктур образцов.

5.6 Выводы по экспериментальной работе.

## Приложение А (справочное)

Деформируемые алюминиевые сплавы, неупрочняемые термической обработкой

Таблица А.1 - Сплавы системы Al-Mg (магналии)

Сплав	Средний хим. состав (основа алюминий), %			Вид и режимы термической обработки	Механические свойства		
	Mg	Mn	др. элементы		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %
АМг2М	2,3	0,4		М: 450-470 °С	200	100	23
АМг2П	2,3	0,4			250	200	10
АМг3М	3,5	0,45		М: 450-470 °С	220	110	20
АМг5М	5,3	0,55	0,65 Si		300	150	20
АМг6М	6,3	0,65	0,06 Ti		340	170	20
АМг6Н	6,3	0,65	0,06 Ti		390	300	10
АМг6НН	6,3	0,65	0,06 Ti		430	350	8

Применение: Бензо- и маслопроводы; сварные баки и сварные конструкции средней прочности; заклепки.

Таблица А.2 - Сплавы системы Al-Mn

Сплав	Средний хим. состав (основа алюминий), %			Вид и режимы термической обработки	Механические свойства		
	Mg	Mn	др. элементы		$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %
АМцМ	0,05	1,0-1,6		М: 450-470 °С	130	50	23
АМцМ	0,05	1,0-1,6			160	130	10

Применение: Декоративная отделка кабин самолетов; изготовление ёмкостей, бензо- и маслопроводов.

Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой

Таблица А.3 – Сплавы системы Al-Zn-Mg-Cu

Сплав	Средний хим. состав (основа алюминий), %				Вид и режимы термической обработки	Механические свойства		
	Cu	Mg	Zn	др. элементы		$\sigma_{в}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %
В93Т1	1,0	1,9	7,0	0,3 Fe	Для всех сплавов: Закалка 460- 470°C, холодная или горячая вода; старение 140 °C, 16 ч	500	470	8
В95Т1	1,7	2,3	6,0	0.4 Mn,		600	560	8
В96ЦТ1	2,3	2,7	8,5	1.18 Cr 0.15 Zr		670	640	7

Применение: Крупногабаритные штамповки и прессованные полуфабрикаты для высоконагруженных деталей самолетов (фитинги, кронштейны, рычаги и др.).

Таблица А.4 - Сплавы системы Al-Mg-Si

Сплав	Средний хим. состав (основа алюминий), %				Вид и режимы термической обработки	Механические свойства		
	Cu	Si	Mg	др. элементы		$\sigma_{в}$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %
АВТ	0,4	0,7	0,9		Для всех сплавов: Т: 520- 540 °C Т1: закалка 520-540 °C; старение 165 °C, 12-15 ч.	260	200	15
АВТ1	0,4	0,7	0,9			380	300	12
АД31Т		0,7	0,5			170	90	22
АД31Т1		0,7	0,5			240	190	12
АД33Т	0,3	1,0	0,6			250	180	14
АД33Т1	0,3	1,0	0,6			340	280	11
АД35Т		1,1	1,0	0,25 Cr		270	200	12
АД35Т1		1,1	1,0	0.25 Cr 0.7 Mn 0.7 Mn		360	290	11

Литература

1. А.П. Гуляев. Металловедение. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1986. 544 с.
2. 2.Лабораторные работы по металлловедению. Машгиз, 1955, 165 с.

### 3.5 Контрольные работы по курсу «Материаловедение» по вариантам

#### КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Задания на контрольные работы выдают индивидуально каждому студенту. Задание включает вопросы и задачи по основным разделам курса.

При выполнении контрольных работ студенты изучают методику выбора и назначения сталей и сплавов для изготовления конкретных деталей машин и различного вида инструментов, а также знакомятся с особенностями строения, технологией получения и областью применения наиболее распространенных неметаллических материалов. Одновременно студент должен научиться пользоваться рекомендуемыми справочными материалами, с тем чтобы уметь в дальнейшем правильно выбрать материал при курсовом и дипломном проектировании.

Перечень ГОСТов, необходимых для выполнения контрольных работ, приведен в приложении. Диаграмма состояния железо-цементит и диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8 также приведены в приложении (см. рис. 1 и 2).

#### ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №1

##### Вариант 1

1. Что такое ликвация? Виды ликвации, причины их возникновения и способы устранения.
2. Дайте определение ударной вязкости (KCV). Опишите методику измерения этой характеристики механических свойств металла.
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,6% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 45...50 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.
5. Как изменяются структура и свойства стали 40 и У12 в результате закалки от температуры 750 и 850° С. Объясните с применением диаграммы состояния железо-цементит. Выберите оптимальный режим нагрева под закалку каждой стали.

##### Вариант 2

1. Как и почему скорость охлаждения при кристаллизации влияет на строение слитка?

2. Из листа свинца путем прокатки при комнатной температуре была получена тонкая фольга. Твердость и прочность этой фольги оказались такими же, как у исходного листа. Объясните, какие процессы происходили при пластической деформации свинца и какими изменениями структуры и свойств они сопровождались.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо-карбид железа и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и температуру отпуска, необходимые для обеспечения твердости 400 НВ. Опишите превращения на всех этапах термической обработки и получаемую структуру.

5. Для каких целей применяется диффузионный отжиг? Как выбирается режим такого отжига? Приведите примеры.

### **Вариант 3**

1. Опишите виды твердых растворов. Приведите примеры.

2. Дайте определение твердости. Какими методами измеряют твердость металлов и сплавов? Опишите их.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 150 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в данном случае.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит обоснуйте выбор режима термической обработки, применяемой для устранения цементитной сетки в заэвтектоидной стали. Дайте определение выбранного режима обработки и опишите превращения, которые происходят при нагреве и охлаждении.

### **Вариант 4**

1. Опишите физическую сущность и механизм процесса кристаллизации.

2. Для чего проводится рекристаллизационный отжиг? Как назначается режим этого вида обработки? Приведите несколько конкретных примеров.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму изотермического превращения аустенита, объясните, почему нельзя получить в стали чисто мартенситную структуру при охлаждении ее со скоростью меньше критической?

5. После термической обработки углеродистой стали получена структура цементит + мартенсит отпуска. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату заданной стали (примерно) и обоснуйте температуру нагрева этой стали под закалку. Так же укажите температуру отпуска. Опишите превращения, которые произошли при термической обработке.

### **Вариант 5**

1. Что такое ограниченные и неограниченные твердые растворы? Каковы необходимые условия образования неограниченных твердых растворов?

2. Опишите сущность явления наклепа и примеры его практического использования.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,1% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. При непрерывном охлаждении стали У8 получена структура тростит + мартенсит. Нанесите на диаграмму изотермического превращения аустенита кривую охлаждения, обеспечивающую получение данной структуры. Укажите интервалы температур превращений и опишите характер превращения в каждом из них.

5. С помощью диаграммы состояния железо - цементит установите температуру полной и неполной закалки для стали 45 и опишите структуру и свойства стали после каждого вида термической обработки.

### **Вариант 6**

1. Начертите диаграмму состояния для случая ограниченной растворимости компонентов в твердом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2. Волочение медной проволоки проводят в несколько переходов. В некоторых случаях проволока на последних переходах разрывается. Объясните причину разрыва и укажите способ его предупреждения.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,5% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 200 НВ. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в этом случае.

5. Используя диаграмму состояния железо-цементит, установите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У12. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого вида обработки.

### **Вариант 7**

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к железу. Какое практическое значение оно имеет?

2. Как изменяются свойства деформированного металла при нагреве, какие процессы происходят при этом?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,7% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей твердость 20...25 НРС. Укажите, как этот режим называется и какая структура образуется в данном случае.

5. Плашки из стали УНА закалены: первая - от температуры 760° С, вторая - от температуры 850° С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите температуры закалки, объясните, какая из этих плашек закалена правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

### **Варианта 8**

1. В чем сущность процесса модифицирования? Приведите пример использования модификаторов для повышения свойств литейных алюминиевых сплавов.

2. В чем различие между холодной и горячей пластической деформацией? Опишите особенности обоих видов деформации.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,0% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Углеродистые стали 35 и У8 после закалки и отпуска имеют структуру мартенсит отпуска и твердость: первая 45 HRC, вторая - 60 HRC. Используя диаграмму состояния железо - карбид железа и учитывая превращения, происходящие при отпуске, укажите температуру закалки и температуру отпуска для каждой стали. Опишите превращения, происходящие в этих сталях в процессе закалки и отпуска, и объясните, почему сталь У8 имеет большую твердость, чем сталь 35.

5. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 760 и 840° С. С помощью диаграммы состояния железо-цементит укажите, какие структуры образуются в каждом случае. Объясните причины образования разных структур и рекомендуйте оптимальный режим нагрева под закалку данной стали.

### Вариант 9

1. Охарактеризуйте особенности металлического типа связи и основные свойства металлов.

2. Какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается прочность металлов и сплавов? Как эти характеристики определяются?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. С помощью диаграммы состояния железо-цементит установите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 20, Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

5. Почему для изготовления инструмента применяется сталь с исходной структурой зернистого перлита? В результате какой термической обработки можно получить эту структуру? Приведите конкретный режим для любой инструментальной стали.

### Вариант 10

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к титану. Какое практическое значение оно имеет?

2. Каким способом можно восстановить пластичность холоднокатаной медной ленты? Назначьте режим термической обработки и опишите сущность происходящих процессов.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура при этом получается. Опишите сущность происходящих превращений.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве доэвтектоидной стали. Покажите критические точки  $A_{C1}$  и  $A_{C3}$  для выбранной вами стали. Установите режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закалки, опишите получаемую структуру и свойства стали.

### **Вариант 11**

1. Опишите линейные несовершенства кристаллического строения. Как они влияют на свойства металлов и сплавов?
2. В чем различие между упругой и пластической деформацией? между хрупким и вязким разрушением?
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,5% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 50 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращения и какая структура получается в данном случае.
5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит опишите структурные превращения, происходящие при нагреве стали У12. Укажите критические точки и выберите оптимальный режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закаливания, опишите получаемую структуру и свойства стали.

### **Вариант 12**

1. Как влияет степень чистоты металла или наличие примесей в сплаве на протекание процесса кристаллизации?
2. Как и почему изменяется плотность дислокаций при пластической деформации? Влияние дислокаций на свойства металла.
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,5% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали и нанесите на нее кривую режима изотермического отжига. Опишите превращения и получаемую после такой обработки структуру, ее свойства.
5. Используя диаграмму состояния железо-цементит, определите температуру полной и неполной закаливания для стали 40. Дайте описание структуры и свойств стали после каждого вида термической обработки.

### **Вариант 13**

1. Что такое переохлаждение и как оно влияет на величину зерна кристаллизующегося металла?
2. Какие процессы протекают при нагреве деформированного металла выше температуры рекристаллизации? Как изменяются при этом структура и свойства?
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,6% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Что такое нормализация? Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите температуру нормализации стали 45 и стали У12. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.
5. Режущий инструмент требуется обработать на максимальную твердость. Для его изготовления выбрана сталь У13А. Назначьте режим термической обработки, опишите структуру и свойства стали.

### **Вариант 14**

1. Что такое мозаичная (или блочная) структура металла?

2. Что такое временное сопротивление разрыву ( $\sigma_B$ )? Как определяется эта характеристика механических свойств металла?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,5% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Режущий инструмент из стали У10 был перегрет при закалке. Чем вреден перегрев и как можно исправить этот дефект? Произведите исправление структуры и назначьте режим термической обработки, обеспечивающий нормальную работу инструмента. Опишите его структуру и свойства.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 40. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

### **Вариант 15**

1. От каких основных факторов зависит величина зерна закристаллизовавшегося металла и почему?

2. Каким видом пластической деформации (холодной или горячей) является деформирование железа при температуре 500° С? Объясните, как при этом изменяются структура и свойства железа.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,9% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо-цементит и график зависимости твердости от температуры отпуска, назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска) различных приспособлений из стали 45, которые должны иметь твердость 28...30 HRC. Опишите превращения, происходящие на всех этапах термической обработки, получаемую структуру.

5. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривые режимов обычной закалки, ступенчатой и изотермической. Каковы преимущества и недостатки каждого из этих видов закалки?

### **Вариант 16**

1. Как влияют дислокации на механические свойства металлов?

2. Объясните характер и природу изменения свойств металла при пластической деформации.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,3% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 45 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.

5. С помощью диаграммы состояния железо-цементит определите температуру нормализации, отжига и закалки для стали 30. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого вида обработки.

### **Вариант 17**

1. Объясните механизм влияния различного типа модификаторов на строение литого металла.

2. Для каких практических целей применяется наклеп? Объясните сущность этого явления.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,1% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 25 HRC. Укажите, как этот режим называется и какая структура получается в данном случае.

5. После закалки углеродистой стали была получена структура, состоящая из феррита и мартенсита. Проведите на диаграмме состояния железо-цементит ординату, соответствующую составу заданной стали (примерно), укажите принятую в данном случае температуру нагрева под закалку. Как называется такая обработка? Какие превращения произошли при нагреве и охлаждении стали?

### **Вариант 18**

1. Что представляют собой твердые растворы замещения и внедрения? Приведите примеры.

2. Как и почему при холодной пластической деформации изменяются свойства металлов?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. С помощью диаграммы состояния железо - карбид железа и графика зависимости твердости от температуры отпуска назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска) изделий из стали 50, которые должны иметь твердость 230...250 НВ. Опишите микроструктуру и свойства стали 50 после термической обработки.

5. Сталь 40 подверглась закалке от температур 760 и 840° С. Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите выбранные температуры нагрева и опишите превращения, которые произошли при двух режимах закалки. Какому режиму следует отдать предпочтение и почему?

### **Вариант 19**

1. Какими свойствами обладают металлы и какими особенностями типа связи эти свойства обусловлены?

2. Какая температура разделяет районы холодной и горячей пластической деформации и почему? Рассмотрите на примере меди.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,3% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. С помощью диаграммы состояния железо-цементит определите температуру нормализации, отжига и закалки для стали У10. Охарактеризуйте эти виды термической обработки и опишите структуру и свойства стали после каждого режима обработки.

5. Углеродистые стали 45 и У8 после закалки и отпуска имеют структуру мартенсит отпуска и твердость: первая - 50 HRC, вторая - 60 HRC. Используя диаграмму состояния железо- карбид железа и учитывая превращения, происходящие в этих сталях при отпуске, укажите температуру закалки и температуру отпуска для каждой стали. Опишите превращения, происходящие в этих сталях в процессе закалки и отпуска, и объясните, почему сталь У8 имеет большую твердость, чем сталь 45.

### Вариант 20

1. Опишите условия получения мелкозернистой структуры металла при самопроизвольно развивающейся кристаллизации (используя кривые Тамманка).
2. Что такое холодная пластическая деформация? Как при этом изменяются структура и свойства металла?
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,6% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Используя диаграмму состояния железо - карбид железа и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте режим термической обработки для углеродистой стали 45, необходимый для обеспечения твердости 550 НВ. Опишите превращения, происходящие на всех этапах термической обработки, и получаемую после обработки структуру.
5. Каковы причины возникновения внутренних напряжений при закалке? Каким способом можно предохранить изделие от образования закалочных трещин?

### Вариант 21

1. Каковы характерные свойства металлов и чем они определяются?
2. Как устанавливается температура порога рекристаллизации металла и сплава? Приведите несколько конкретных примеров.
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,3% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. После закалки- углеродистой стали была получена структура мартенсит + цементит. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату (примерно) обрабатываемой стали, укажите температуру ее нагрева под закалку. Опишите превращения, которые произошли при нагреве и охлаждении стали.
5. Изделия из стали 45 требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства стали после обработки.

### Вариант 22

1. Как влияет степень переохлаждения на величину зерна при кристаллизации?
2. Что такое относительное удлинение ( $\delta$ , %)? Как определяется эта характеристика механических свойств металла?
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,0% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 450 НВ. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае?
5. Что такое нормализация? Используя диаграмму состояния железо-цементит, назначьте температуру нормализации любой доэвтектоидной и любой заэвтектоидной стали. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

### Вариант 23

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к олову.

2. Какая температура разделяет районы холодной и горячей пластической деформации и почему? Рассмотрите на примере железа.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Требуется произвести поверхностное упрочнение изделий из стали 15. Назначьте вид обработки, опишите технологию, происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины изделия.

5. Используя диаграмму состояния железо-цементит, определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 40. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите изменение структуры и свойств стали в процессе каждого вида обработки.

### **Вариант 24**

1. Начертите диаграмму состояния для случая полной нерастворимости компонентов в твердом виде. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2. В чем сущность и назначение дробеструйной обработки?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбиджелеза, укажите (Структурные составляющие во всех областях диаграмму, Опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,0% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Опишите, в чем заключается низкотемпературная термомеханическая обработка конструкционной стали. Почему этот процесс приводит к получению высокой прочности стали? Какими преимуществами и недостатками обладает вариант низкотемпературной термомеханической обработки по сравнению с высокотемпературной термомеханической обработкой?

5. Детали машин из стали 40 закалены: одни - от температуры 760° С, а другие - от температуры 830° С. Используя диаграмму состояния железо-цементит, нанесите выбранные температуры нагрева и объясните, какие из этих деталей имеют более высокую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему.

### **Вариант 25**

1. Какие из распространенных металлов имеют объемноцентрированную кубическую решетку? Начертите элементарную ячейку, укажите ее параметры, координационное число.

2. Укажите назначение и выбор режима рекристаллизационного от- | жига. Рассмотрите на примере алюминия.

3. Вычертите диаграмму состояния железо-карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,5% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. В структуре углеродистой стали 30 после закалки не обнаруживается остаточного аустенита, а в структуре стали У12 наблюдается до 30% остаточного аустенита. Объясните причину этого явления. Какой обработкой можно устранить остаточный аустенит?

5. Сталь 45 подвергалась отжигу при температурах 830 и 1000° С. Опишите превращения, происходящие при данных режимах отжига, укажите, какие образуются структуры, и объясните причины получения \* различных структур и свойств. Дайте определение процесса отжига и рекомендуйте оптимальную температуру нагрева.

### **Вариант 26**

1. Объясните сущность явления дендритной ликвации и методы ее устранения.

2. Какими стандартными характеристиками механических свойств оценивается пластичность металлов и сплавов? Как они определяются?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Как можно устранить крупнозернистую структуру в ковальной стали 30? Используя диаграмму состояния железо-цементит, обоснуйте выбор режима термической обработки для исправления структуры. Опишите структурные превращения и характер изменения свойств.

5. Укажите температуры, при которых производится процесс прочностного азотирования. Объясните, почему азотирование не производится при температурах ниже 500 и выше 700° С (используя диаграмму состояния железо-азот). Назовите марки сталей, применяемых для азотирования, и опишите полный цикл их термической и химико-термической обработки.

### **Вариант 27**

1. Опишите явление полиморфизма в приложении к цирконию. Начертите элементарные кристаллические ячейки, укажите их параметры и координационное число.

2. В чем сущность явления наклепа и какое он имеет практическое использование?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,1% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. В чем отличие процесса цементации в твердом карбюризаторе от процесса газовой цементации? Как можно исправить крупнозернистую структуру перегрева цементированных изделий?

5. Шестерни из стали 45 закалены: первая - от температуры 740° С, а вторая - от 820° С. Используя диаграмму состояния железо-цементит, нанесите выбранные температуры нагрева и объясните, какая из этих шестерен имеет более высокую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему.

### **Вариант 28**

1. Что такое твердый раствор? Виды твердых растворов, примеры.

2. Под действием каких напряжений происходит пластическая деформация и как при этом изменяются структура и свойства металла?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо-цементит, определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 15. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите микроструктуру и свойства стали.

5. В чем отличие обычной закалки от ступенчатой и изотермической? Каковы преимущества и недостатки каждого из этих видов закалки?

### **Вариант 29**

1. Как влияет скорость охлаждения на строение кристаллизующегося металла? Объясните сущность воздействия.

2. Какая термическая обработка применяется после холодной пластической деформации для устранения наклепа? Обоснуйте выбор режима (на примере алюминия) и опишите происходящие превращения.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,5% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. С помощью диаграммы состояния железо - карбид железа определите температуру нормализации, отжига, закалки стали 45. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства после каждого вида обработки.

5. В чем преимущества и недостатки поверхностного упрочнения стальных изделий при нагреве токами высокой частоты по сравнению с упрочнением методом цементации? Назовите марки стали, применяемые для этих видов обработки.

### **Вариант 30**

1. Как влияет модифицирование на строение и свойства литого металла? Объясните причину воздействия.

2. Что такое предел усталости? Опишите методику определения этой характеристики свойств металла.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 4,6% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. После закалки углеродистой стали была получена структура, состоящая из феррита и мартенсита. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит ординату, соответствующую составу заданной стали (примерно), укажите принятую в данном случае температуру нагрева под закалку и опишите все превращения, которые совершились в стали при нагреве и охлаждении. Как называется такой вид закалки?

5. Для каких сталей применяется отжиг на зернистый перлит? Объясните выбор режима и цель этого вида обработки.

### **Вариант 31**

1. Опишите точечные несовершенства кристаллического строения металла. Каково их влияние на свойства?

2. Детали из меди, штампованные в холодном состоянии, имели низкую пластичность. Объясните причину этого явления и укажите, каким способом можно восстановить пластичность. Назначьте режим обработки и приведите характер изменения структуры и свойств.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо-цементит, определите температуру полного, неполного отжига и нормализации для стали 10. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

5. В чем заключается обработка стали холодом и в каких случаях она применяется? (Объясните с применением мартенситных кривых.)

### **Вариант 32**

1. Начертите диаграмму состояния для случая образования эвтектики, состоящей из ограниченных твердых растворов. Опишите строение различных сплавов, образующихся в этой системе.

2. Как изменяется плотность дислокаций при пластической деформации металлов? Влияние дислокаций на свойства металла.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую

охлаждения (с применением правила Фаз) для сплава, содержащего 0,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 500 НВ. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.

5. Используя диаграмму состояния железо - цементит, опишите структурные превращения, происходящие при нагреве любой заэвтектоидной стали. Покажите критические точки  $A_c1$  и  $A_{c2}$  для выбранной вами стали, установите оптимальную температуру нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте процесс закалки, опишите происходящие превращения и получаемую структуру.

### Вариант 33

1. Как влияют модификаторы на процесс кристаллизации? Приведите примеры практического использования процесса модифицирования.

2. Как определяется температура порога рекристаллизации? Как влияют состав сплава и степень пластической деформации на эту температуру?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Что такое закалка? Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите температуру нагрева под закалку стали 40 и У10. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

5. Почему для изготовления инструмента применяется сталь с исходной структурой зернистого перлита? В результате какой термической обработки можно получить эту структуру? Приведите конкретный пример.

### Вариант 34

1. Начертите диаграмму состояния для случая образования непрерывного ряда твердых растворов. Что такое твердый раствор?

2. Какие процессы происходят при горячей пластической деформации?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Доэвтектоидная углеродистая сталь имеет крупнозернистую структуру перегрева. Какой вид термической обработки следует применить для устанавления состояния при перегреве? Нарисуйте диаграмму состояния железо - цементит ординату любой доэвтектоидной стали и объясните, какие изменения происходят в структуре стали при этой термообработке.

5. Назначьте режим обработки шестерни из стали 20, обеспечивающий твердость зуба 58...62 HRC. Опишите происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после термической обработки.

### Вариант 35

1. В чем сущность явления полиморфизма и какое оно имеет практическое значение? Приведите пример.

2. Как выбирается режим рекристаллизационного отжига? Для каких целей он назначается? Рассмотрите на примере никеля.

3. Вычертите диаграмму железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с

применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Изделия из стали 50 закалены: первое - от температуры 740° С, а второе - от температуры 820° С. Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите выбранные температуры нагрева и объясните, какое из этих изделий имеет более высокую твердость и лучшие эксплуатационные свойства и почему.

5. Углеродистая сталь У8 после одного вида термической обработки получила структуру пластинчатого перлита, а после другого вида - зернистого перлита. Какая термообработка была применена в первом и во втором случаях?

### **Вариант 36**

1. Начертите диаграмму состояния для случая образования устойчивого химического соединения. Укажите структурные составляющие во всех областях этой диаграммы и опишите строение типичных сплавов различного состава, встречающихся в этой системе.

2. Что такое предел выносливости? Каким способом можно повысить предел выносливости пружин? Опишите сущность предлагаемого метода.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,1 % С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей получение твердости 60...63 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается при этом.

5. В чем заключается отрицательное влияние цементитной сетки на свойства инструментальной стали У10 и У12? Какой термической обработкой можно ее уничтожить? С помощью диаграммы состояния железо-цементит обоснуйте выбранный режим термической обработки.

### **Вариант 37**

1. Что такое дислокация? Виды дислокаций и их влияние на механические свойства металла.

2. Полосы свинца были прокатаны при комнатной температуре с различной степенью обжатия: 10, 20, 40, 60%. После прокатки твердость всех листов оказалась практически неизменной. Объясните, почему не наблюдается упрочнение свинца при деформации в этих условиях. Какими процессами сопровождается деформирование свинца при комнатной температуре?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,01% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима термической обработки, обеспечивающей твердость 350 НВ. Опишите сущность превращений и какая структура получается при этой обработке.

5. Как изменяются структура и свойства стали 30 и УН в результате закалки от температуры 750 и 850° С. Объясните с применением диаграммы состояния железо-цементит. Выберите оптимальный режим закалки каждой стали.

### **Вариант 38**

1. В чем сущность металлического, ионного и ковалентного типов связи?

2. Каким способом можно восстановить пластичность холоднокатаных медных лент? Назначьте режим термической обработки и опишите сущность происходящих процессов.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо-цементит, опишите структурные превращения, происходящие при нагреве стали У10. Укажите критические точки и выберите оптимальный режим нагрева этой стали под закалку. Охарактеризуйте этот вид термической обработки и опишите получаемую структуру и свойства стали.

5. Используя диаграмму состояния железо - карбид железа и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и отпуска, необходимые для обеспечения твердости 250 НВ. Опишите превращения, происходящие при термической обработке, и полученную после обработки структуру.

### **Вариант 39**

1. Охарактеризуйте параметры процесса кристаллизации. Их влияние на величину зерна кристаллизующегося металла.

2. В чем сущность явления наклепа? Его влияние на эксплуатационные свойства металла.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,3% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Что такое закалка? Используя диаграмму состояния железо-цементит, укажите температуру нагрева под закалку стали 50 и У12. Опишите превращения, происходящие в сталях при выбранном режиме обработки, получаемую структуру и свойства.

5. Изделия после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость более низкую, чем предусмотрено техническими условиями. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить?

### **Вариант 40**

1. Начертите диаграмму состояния для случая неограниченной растворимости компонентов в твердом виде. Охарактеризуйте структуру образующихся сплавов.

2. Что такое горячая пластическая деформация? Какие процессы происходят при этом? Опишите характер изменения структуры и свойств.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,35% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Покажите графически режим отжига для получения перлитного ковкого чугуна. Опишите структурные превращения, происходящие в процессе отжига. Каковы механические свойства чугуна после термической обработки, его структура?

5. После термической обработки углеродистой стали получена структура: цементит + мартенсит отпуска. Нанесите на диаграмму состояния железо - цементит ординату заданной стали (примерно) и укажите температуру нагрева этой стали под закалку. Назначьте температуру отпуска, обеспечивающую получение указанной структуры и опишите все превращения, которые совершились в стали в процессе закалки и отпуска.

### **Вариант 41**

1. Опишите виды несовершенств кристаллического строения реальных металлов.

2. Как изменяются эксплуатационные характеристики деталей после дробеструйной обработки и почему?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,7% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 150 НВ. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращения и какая структура получается в данном случае.

5. Опишите структуру и свойства стали 45 и У12 после закалки от температуры 760 и 840° С (объясните с применением диаграммы состояния железо-цементит). Выберите оптимальный режим нагрева под закалку каждой стали.

#### **Вариант 42**

1. Какие из наиболее распространенных металлов имеют гранецентри-рванную кубическую решетку? Начертите элементарную ячейку и укажите ее параметры, координационное число.

2. Какой термической обработкой можно восстановить пластичность холоднодеформированных полос из стали 10? Назначьте режим термообработки и опишите сущность происходящих процессов.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,9% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита стали У8, нанесите на нее кривую режима изотермической закалки. Охарактеризуйте этот режим термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

5. С помощью диаграммы состояния железо - карбид железа определите температуру полного, неполного отжига и нормализации стали 45. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки и опишите структуру и свойства стали.

#### **Вариант 43**

1. Что такое твердый раствор внедрения? Приведите пример.

2. Какие основные характеристики механических свойств определяются при испытании на растяжение? Опишите их.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,4% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нее кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 250 НВ. Укажите, как этот режим называется, какая структура получается в этом случае.

5. Сталь 40 подвергалась закалке от температур 750 и 830° С. Используя диаграмму состояния железо - цементит, укажите выбранные температуры нагрева и опишите превращения, которые произойти при двух режимах закалки. Какому режиму следует отдать предпочтение и почему?

#### **Вариант 44**

1. Что такое ликвация? Причины ее возникновения и способы устранения.

2. Сохраняется ли наклеп металла, если пластическая деформация осуществляется при температуре выше температуры рекристаллизации? Дайте подробное объяснение.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую

охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо - карбид железа и кривую изменения твердости в зависимости от температуры отпуска, назначьте для углеродистой стали 40 температуру закалки и температуру отпуска, необходимые для обеспечения твердости 450 НВ. Опишите превращения, которые совершались в стали в процессе закалки и отпуска, и полученную после термической обработки структуру.

5. Метчики из стали У10 закалены: первый - от температуры 760°С, а второй - от температуры 850° С. Нанесите на диаграмму состояния железо-цементит выбранные температуры нагрева и объясните, какой из этих метчиков закален правильно, имеет более высокие режущие свойства и почему.

#### **Вариант 45**

1. Как влияет реальная среда на процесс кристаллизации?

2. Прутки олова были деформированы при температуре 20° С. Объясните, почему эти прутки не упрочнились при деформировании, и опишите процессы, протекающие при этом.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 0,45% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. После закалки углеродистой стали У8 была получена структура, состоящая из тростита и мартенсита. Проведите на диаграмме изотермического превращения переохлажденного аустенита кривую, охлаждения, обеспечивающую получение такой структуры. Опишите превращения, которые совершились в стали при охлаждении, ее твердость.

5. Покажите графически режим отжига для получения ферритного ковкого чугуна. Опишите структурные превращения, происходящие в процессе отжига. Каковы механические свойства чугуна после термической обработки, его структура?

### Вариант 46

1. Чем объясняются высокие электро- и теплопроводность металлов?
2. Как изменяются структура и свойства металла при холодной аластической деформации?
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,2% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита для стали У8. Нанесите на нею кривую режима изотермической обработки, обеспечивающей получение твердости 55 HRC. Укажите, как этот режим называется, опишите сущность превращений и какая структура получается в данном случае.
5. Поковки из стали 40 имеют крупнозернистое строение. С помощью диаграммы состояния железо - цементит назначьте режим термической обработки для получения мелкого зерна и объясните, почему выбранный режим обеспечивает мелкозернистое строение стали.

### Вариант 47

1. Что такое твердый раствор? Виды твердых растворов. Приведите примеры.
2. Какие процессы происходят при горячей пластической деформации и как при этом изменяются строение и свойства металла?
3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 5,8% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?
4. Углеродистая сталь У8 после закалки и отпуска имеет твердость 55...60 HRC, Используя диаграмму состояния железо - карбид железа и учитывая превращения, происходящие в стали при отпуске, выберите температуру закалки и температуру отпуска. Опишите превращения, которые происходят при выбранных режимах термической обработки и окончательную структуру.
5. После закалки углеродистой стали была получена структура, состоящая из феррита и мартенсита. Проведите на диаграмме состояния железо-цементит ординату, соответствующую составу заданной стали (примерно). Укажите принятую в данном случае температуру нагрева под закалку. Как называется такой вид закалки? Какие превращения произошли при нагреве и охлаждении?

### Вариант 48

1. Что такое эвтектика? Приведите пример какого-либо сплава, имеющего строение эвтектики.

2. Чем объясняется упрочнение металла при пластической деформации?

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 1,7% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Вычертите диаграмму изотермического превращения аустенита  $\gamma$  для стали У8. Нанесите на нее кривую изотермической обработки, обеспечивающей твердость S00 HB. Укажите, как этот режим называется и какая структура при этой обработке получается.

5. Назначьте режим термической обработки углеродистой конструкционной стали, используемый для снижения уровня внутренних напряжений, твердости и улучшения обрабатываемости резанием. Приведите конкретный пример.

#### **Вариант 49**

1. Что такое дендрит? Как и почему образуются дендриты при кристаллизации реального слитка?

2. Объясните, почему пластическую деформацию свинца при комнатной температуре считают горячей деформацией, а деформация вольфрама даже при температуре 1000° С является холодной пластической деформацией.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 3,0% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Углеродистая сталь 45 после закалки и отпуска имеет твердость 50 HRC. Используя диаграмму состояния железо - карбид железа и учитывая превращения, происходящие в стали при отпуске, укажите температуры закалки и отпуска. Опишите превращения, которые происходят при выбранных режимах термической обработки, и окончательную структуру.

5. Начертите диаграмму состояния железо - карбид железа и определите температуру полного и неполного отжига и нормализации для стали 20. Охарактеризуйте эти виды термической обработки, опишите структуру и свойства стали.

#### **Вариант 50**

1. Какие из распространенных металлов имеют гексагональный тип кристаллической решетки? Начертите элементарную ячейку и укажите ее параметры.

2. Прокаткой при комнатной температуре была получена оловянная фольга. Твердость олова при прокатке оставалась неизменной. Объясните, какими процессами сопровождается деформирование олова при комнатной температуре и как при этом изменяются его структура и свойства.

3. Вычертите диаграмму состояния железо - карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения (с применением правила фаз) для сплава, содержащего 2,5% С. Какова структура этого сплава при комнатной температуре и как такой сплав называется?

4. Используя диаграмму состояния железо - цементит, опишите структурные превращения, происходящие при нагреве стали У11. Укажите критические точки и назначьте температуру нагрева этой стали под закалку и под нормализацию. Охарактеризуйте эти виды термической обработки, опишите получаемую структуру и свойства.

5. Изделия из стали 40 требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства стали.

#### **ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ №2**

### **Вариант 1**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска пружин из стали 70. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

2. Для изготовления резцов выбрана сталь Р6М5. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и главные свойства резцов после термической обработки.

3. Для некоторых деталей (щеки барабанов, шары дробильных мельниц и т.п.) выбрана сталь 110Г13. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и обоснуйте его выбор. Опишите микроструктуру стали и причины ее высокой износостойчивости.

4. Для изготовления деталей в авиастроении применяется сплав МЛ5. Расшифруйте состав сплава, укажите способ изготовления деталей из данного сплава и опишите характеристики механических свойств этого сплава.

5. Полиамиды и полиуретаны. Опишите их состав, свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 2**

1. Выберите марку чугуна для изготовления ответственных деталей машин. Укажите состав, обработку, структуру и основные механические свойства.

2. Кулачки должны иметь минимальную деформацию и высокую износостойчивость при твердости поверхностного слоя 750-1000 НV. Для их изготовления выбрана сталь 35ХМЮА. Расшифруйте состав стали и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки данной стали. Опишите микроструктуру и свойства кулачков после термической обработки.

3. Для изготовления деталей, работающих в активных коррозионных средах выбрана сталь 14Х17Н2: а) расшифруйте состав и определите группу стали по назначению; б) объясните назначение легирующих элементов, введенных в эту сталь; в) назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите структуру и свойства стали после обработки.

4. Для изготовления ряда деталей в авиастроении применяется сплав МА2. Расшифруйте состав, приведите характеристики механических свойств и укажите способ изготовления деталей из этого сплава.

5. Опишите антифрикционные покрытия металлов полимерами. Приведите характеристику их свойств и условия применения.

### **Вариант 3**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска деталей машин из стали 40Х, которые должны иметь твердость 28...35 НRC. Опишите сущность происходящих превращений при термической обработке, микроструктуру и свойства.

2. Для изготовления разверток выбрана сталь ХВСГ. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки. Опишите микроструктуру и свойства разверток после термической обработки.

3. В котлостроении используется сталь 12Х1МФ. Укажите состав и группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и опишите структуру стали после термической обработки. Как влияет температура эксплуатации на механические свойства данной стали?

4. Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяют латунь Л68. Укажите состав и опишите структуру сплава. Назначьте режим термической обработки, применяемый между отдельными операциями вытяжки, и обоснуйте его выбор. Приведите общие характеристики механических свойств сплава.

5. Органическое стекло. Опишите его свойства и область применения в машиностроении.

#### **Вариант 4**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска шпинделей для станков из стали МСтб, которые должны иметь твердость 35...40 HRC. Опишите микроструктуру и свойства изделий.

2. В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для изготовления их выбрана сталь 60С2ХФА. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства пружин после термической обработки.

3. В турбиностроении используют сталь 40Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481). Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и обоснуйте его. Опишите структуру после термической обработки. Как влияет температура эксплуатации на механические свойства данной стали?

4. Для отливок сложной формы используют бронзу БрОФ7-0,2. Расшифруйте состав, опишите структуру, укажите термическую обработку, применяемую для снятия внутренних напряжений, возникающих в результате литья, и опишите механические свойства этой бронзы.

5. Опишите влияние порошковых и волокнистых наполнителей на свойства резины.

#### **Вариант 5**

1. Кратко изложите сущность процесса жидкостного высокотемпературного цианирования и применяемой после цианирования термической обработки.

2. Для изготовления фрез выбрана сталь 9ХС. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства фрез после термической обработки.

3. Для элементов сопротивления выбран сплав манганин МНМцЗ-12. Расшифруйте состав сплава и укажите, к какой группе относится данный сплав по назначению. Опишите структуру и электротехнические характеристики этого сплава.

4. Для изготовления деталей самолета выбран сплав Д1. Расшифруйте состав, опишите способ упрочнения сплава и объясните природу упрочнения. Укажите характеристики механических свойств сплава.

5. Стекловолокнит СВАМ. Опишите свойства, способ получения, изготовления деталей и применение его в машиностроении.

#### **Вариант 6**

1. Назначьте режим обработки шестерни из стали 40ХГР с твердостью зуба, равной 56...58 HRC. Опишите микроструктуру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после термической обработки.

2. Для изготовления прошивочных пуансонов выбрана сталь Р18. Укажите состав стали и определите, к какой группе по назначению относится данная сталь. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства пуансонов после термической обработки.

3. Для трубопроводов пароперегревателей используется сталь 09Х14Н16Б (ЭИ694). Укажите состав и определите группу стали по значению. Назначьте режим термической обработки и приведите его обоснование. Опишите влияние температуры на механические свойства стали. Укажите микроструктуру стали после термической обработки.

4. Для изготовления деталей самолета выбран сплав АМгЗ. Укажите состав сплава, опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, и объясните природу упрочнения. Укажите характеристики механических свойств сплава.

5. Пленочные материалы, их разновидности, свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 7**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска рессор из стали 65Г, которые должны иметь твердость 45 ...50 НРС. Опишите микроструктуру и свойства.

2. В результате термической и химико-термической обработки шестерни должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для изготовления их выбрана сталь 18ХГТ. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической, химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали. Опишите микроструктуру и свойства поверхности и сердцевины шестерни после термической обработки.

3. Для некоторых деталей точных приборов выбран сплав элинвар. Укажите состав и определите, к какой группе относится данный сплав по назначению. Опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного сплава.

4. Для деталей арматуры выбрана бронза БрОЦ4-4-2,5. Расшифруйте состав и опишите структуру сплава. Объясните назначение легирующих элементов. Приведите характеристики механических свойств сплава.

5. Фенолоформальдегидные слоистые пластики (полиэтилен и винипласт) . Их свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 8**

1. Для изготовления метчиков выбрана сталь У10. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и укажите структуру и свойства метчиков в готовом виде.

2. В результате термической обработки червяки должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана сталь 20ХГР. Укажите состав и группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для элементов сопротивления выбран сплав копель МНМц43-0,5. Расшифруйте состав и укажите, к какой группе относится данный сплав по назначению. Опишите структуру и электротехнические характеристики этого сплава..

4. Для деталей арматуры выбрана бронза БрОФЮ-1. Укажите состав и опишите структуру сплава. Объясните назначение легирующих элементов и приведите механические свойства сплава.

5. Жаропрочные керамические материалы. Состав, свойства и условия применения в машиностроении.

### **Вариант 9**

1. Для изготовления плашек выбрана сталь У11А. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и укажите структуру и свойства плашек в готовом виде.

2. Для изготовления молотовых штампов выбрана сталь 5ХНВ. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и главные свойства штампов после термической обработки.

3. Опишите характеристики жаропрочности, характер деформации и разрушения сплавов, работающих в условиях длительного нагружения при повышенных температурах.

4. Для заливки вкладышей ответственных подшипников скольжения выбран сплав Б83. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Зарисуйте и опишите микроструктуру сплава. Приведите основные требования, предъявляемые к баббитам.
5. Текстолиты. Влияние хлопчатобумажной, стеклянной и асбестовой тканей на свойства пластмасс. Укажите область применения текстолита в машиностроении.

### **Вариант 10**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска стальных болтов из стали МСт5, которые должны иметь твердость 207...230 НВ. Опишите микроструктуру и свойства.
2. Копиры должны иметь минимальную деформацию и высокую износостойчивость при твердости поверхностного слоя 750... 1000 НВ. Для их изготовления выбрана сталь 38ХМФА. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки данной стали. Опишите микроструктуру и свойства копиров после термической и химико-термической обработки.
3. Для дисков и роторов турбин используется сталь 15Х12ВНМФ. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите структуру. Охарактеризуйте механические свойства стали.
4. Кратко изложите основы теории термической обработки алюминиевых сплавов в применении к промышленному сплаву дуралюмин. Укажите состав упрочняющих фаз, образующихся при старении дуралюмина.
5. Опишите релаксационные процессы полимеров с точки зрения их физического строения.

### **Вариант 11**

1. В чем преимущества и недостатки поверхностного упрочнения стальных изделий при нагреве токами высокой частоты по сравнению с упрочнением методом цементации? Назовите марки стали, применяемые для этих видов обработки.
2. Для изготовления шаберов выбрана сталь Х05. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.
3. Назначьте марку жаропрочной стали (сильхром) для клапанов автомобильных и тракторных двигателей небольшой мощности. Укажите состав стали, назначьте и обоснуйте режим термической обработки. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.
4. Для изготовления ряда деталей самолета выбран сплав Д16. Укажите состав и характеристики механических свойств сплава после термической обработки. Опишите способ упрочнения этого сплава и объясните природу упрочнения.
5. Опишите стеклопластики. Укажите характеристики наполнителя по природе и форме. Требования к связующему. Преимущества и недостатки стеклопластиков.

### **Вариант 12**

1. Выберите углеродистую сталь для изготовления напильников. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента после термической обработки.
2. В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для их изготовления выбрана сталь 50ХГФА. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства пружин после термической обработки.

3. Для деталей, работающих в окислительной атмосфере, применяется сталь 12Х13. Укажите состав и определите класс стали по структуре. Объясните назначение хрома в данной стали и обоснуйте выбор марки стали для этих условий работы.

4. Для изготовления некоторых деталей двигателей внутреннего сгорания выбран сплав АК4. Расшифруйте состав, укажите способ изготовления деталей из данного сплава и приведите характеристики механических свойств сплава при повышенных температурах.

5. Физические основы сварки пластмасс. Опишите методы сварки с непосредственным нагревом.

### **Вариант 13**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска резьбовых калибров из стали У10А. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. В результате термической обработки тяги должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость 250...280 НВ). Для их изготовления выбрана сталь 30ХМ. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для деталей, работающих в контакте с крепкими кислотами, выбрана сталь 12Х17. Укажите состав и определите класс стали. Объясните причину введения хрома в эту сталь и обоснуйте выбор данной стали для указанных условий работы.

4. Для изготовления некоторых деталей в авиастроении применяется сплав МЛЗ. Расшифруйте состав, укажите способ изготовления деталей из этого сплава и опишите характеристики механических свойств.

5. Опишите пенопласты, их разновидности и свойства. Укажите области применения пенопластов в машиностроении.

### **Вариант 14**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска шпилек из стали МСтб, которые должны иметь твердость 207-230 НВ. Опишите их микроструктуру и свойства.

2. Для изготовления прошивочных пуансонов выбрана сталь Р18К5Ф2. Укажите состав стали и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали. Опишите микроструктуру и свойства пуансонов после термической обработки.

3. Для реостатных приборов выбран сплав константан МНМц40-1,5. Расшифруйте состав, укажите, к какой группе относится этот сплав по назначению, опишите структуру и электрические характеристики этого сплава.

4. В качестве материала для заливки вкладышей подшипников скольжения выбран сплав Б88. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Зарисуйте микроструктуру и укажите основные требования, предъявляемые к сплавам данной группы.

5. Опишите современное представление о молекулярном строении полимеров. Укажите структуру термопластичных и термореактивных полимеров.

### **Вариант 15**

1. Для отливки деталей автомобилей и ряда машин, работающих в условиях динамических нагрузок, используют ковкие чугуны. Назначьте марку чугуна, укажите состав, обработку, структуру и механические свойства.

2. Для изготовления штампов, обрабатывающих металл в горячем состоянии, выбрана сталь 5ХНТ. Укажите состав, назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической

обработке данной стали. Опишите структуру и свойства штампов после термической обработки.

3. В машиностроении используется сталь ШХ15. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и приведите его обоснование. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

4. Для изготовления некоторых деталей двигателя внутреннего сгорания выбран сплав АК2. Укажите состав, способ изготовления деталей из этого сплава и опишите характеристики механических свойств.

5. Опишите механизм и характер деформации полимеров в стеклообразном и вязкотекучем состояниях. Укажите область применения полимеров в этих состояниях.

### **Вариант 16**

1. Выберите сталь для изготовления рессор. Назначьте режим термической обработки, опишите микроструктуру и свойства рессор в готовом виде. Каким способом можно повысить усталостную прочность рессор?

2. Для изготовления машинных метчиков, выбрана сталь P10K5Ф5. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для изготовления деталей, работающих в активных коррозионных средах, выбрана сталь 08X17T. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Объясните назначение легирующих элементов, введенных в эту сталь.

4. Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав В9S. Укажите состав сплава, опишите способ его упрочнения, объяснив природу упрочнения, и укажите характеристики механических свойств сплава.

5. Опишите теплостойкие и жаропрочные пластмассы (с теплостойкостью выше 200° С). Укажите условия их применения.

### **Вариант 17**

1. Назначьте режим термической и химико-термической обработки шестерни из стали 20X с твердостью зуба 58...62 HRC. Опишите микроструктуру и свойства поверхности и сердцевины зуба после термической обработки.

2. В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для их изготовления выбрана сталь 70C3A. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства пружин после термической обработки.

3. Для изготовления постоянных магнитов сечением 50x50 мм выбран сплав EX. Укажите состав и группу сплава по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование и опишите структуру сплава после обработки. Объясните, почему в данном случае нельзя применить сталь У12.

4. Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав АМг. Расшифруйте состав, опишите способ упрочнения этого сплава, объяснив природу упрочнения. Приведите характеристики механических свойств сплава.

5. Укажите состав и свойства керамики, применяемой в электроприборостроении.

### **Вариант 18**

1. Выберите углеродистую сталь для изготовления разверток. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

2. В результате термической обработки шестерни должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана

сталь 12ХНЗА. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической и химико-термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки данной стали. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Укажите металлокерамические твердые сплавы для изготовления режущего инструмента. Опишите их строение, состав, свойства и способ изготовления.

4. Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав В95Т1. Укажите состав и характеристики механических свойств после термической обработки. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, и объясните природу упрочнения.

5. Пленочные материалы, их разновидность, свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 19**

1. Выберите углеродистую сталь для изготовления пил. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

2. Для изготовления деталей штампов, обрабатывающих металл в горячем состоянии, выбрана сталь 5ХНМА. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке этой стали. Опишите микроструктуру и свойства штампов после термической обработки.

3. Назначьте нержавеющую сталь для работы в слабоагрессивных средах (водные растворы солей и т.п.). Приведите химический состав стали, необходимую термическую обработку и получаемую структуру. Объясните физическую природу коррозионной устойчивости стали и роль каждого легирующего элемента.

4. Для обшивки летательных аппаратов использован сплав ВТ6. Приведите состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и получаемую структуру. Опишите процессы, протекающие при термической обработке. Какими преимуществами обладает сплав ВТ6 по сравнению с ВТ5?

5. Пластмассы. Состав и строение. Применение пластмасс в литейном производстве.

### **Вариант 20**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска измерительного инструмента из стали У9А. Опишите микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. Для изготовления пресс-форм выбрана сталь 3Х2В8. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства пресс-форм после термической обработки.

3. Для некоторых приборов точной механики выбран сплав инвар И36. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного сплава (в связи с аномалией изменения коэффициента термического расширения).

4. Назначьте марку латуни, коррозионно-устойчивой в морской воде. Расшифруйте ее состав и опишите структуру, используя диаграмму состояния медь-цинк. Укажите способ упрочнения латуни и основные свойства.

5. Опишите принципиальное отличие процессов кристаллизации полимеров и металлов.

### **Вариант 21**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска зубил из стали У8. Опишите структуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. В результате термической обработки полуоси должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость 230...280 НВ). Для изготовления их выбрана сталь 40ХНР. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим

термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для некоторых деталей в самолето- и ракетостроении применяются титановые сплавы ВТЗ-1; ВТ14. Укажите их состав, назначьте режим термической обработки и обоснуйте его выбор. Опишите микроструктуру сплавов и причины их использования в данной области.

4. Металлокерамические жаропрочные сплавы. Состав, свойства и область применения в машиностроении.

5. Терморезистивные пластмассы, их особенности и область применения.

### **Вариант 22**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру' отпуска зубил из стали У7. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. В результате термической обработки рычаги должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость 28...35 НРС). Для изготовления их выбрана сталь 35 ХМ А. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для изготовления деталей подшипников качения (роликов, шариков и др.) выбрана сталь ШХ9. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

4. Для изготовления деталей самолета выбран сплав ВТ22. Укажите состав и приведите механические свойства сплава. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава и объясните природу упрочнения.

5. Древесные материалы. Укажите их свойства, достоинства и недостатки, а также область применения в машиностроении.

### **Вариант 23**

1. Пружина из стали 75 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеет твердость значительно выше, чем это предусматривается техническими условиями. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить? Укажите структуру и твердость, которые обеспечивают высокие упругие свойства пружин.

2. Для изготовления машинных метчиков и плашек выбрана сталь Р9Ф5. Укажите состав; назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирующих элементов на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для изготовления силовых лопаток авиационных газовых турбин выбран сплав ХН77ТЮР (ЭИ437Б). Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Назначьте режим термической обработки и опишите влияние температуры на характеристики жаропрочности этого сплава в сравнении с жаропрочными сталями.

4. Для изготовления ряда деталей в судостроении применяется латунь ЛЮ70-1. Укажите состав и опишите структуру сплава. Приведите общую характеристику механических свойств сплава и причины введения олова в данную латунь.

5. Опишите полярные термопластические пластмассы (полиамиды, пентон, поликарбонаты и др.). Их состав, свойства и область применения.

### **Вариант 24**

1. Укажите температуры, при которых производится процесс прочностного азотирования. Объясните, почему азотирование не производится при температурах ниже 500 и выше 700° С (используя диаграмму состояния железо-азот). Назовите марки сталей,

применяемых для азотирования, и опишите полный цикл их термической и химико-термической обработки.

2. Для изготовления штампов выбрана сталь 6ХС. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Назначьте марку жаропрочной стали (сильхром) для клапанов автомобильных двигателей небольшой мощности. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки стали. Опишите микроструктуру и основные свойства стали после термической обработки.

4. Для изготовления токопроводящих упругих элементов выбрана бронза БрБНТ-1,7. Приведите химический состав, режим термической обработки и получаемые механические свойства сплава. Опишите процессы, происходящие при термической обработке, и объясните природу упрочнения в связи с диаграммой состояния медь-бериллий.

5. Приведите характеристики механических и технологических свойств стекловолоконитов и стеклотекстолитов. Укажите область применения их в машиностроении.

### **Вариант 25**

1. В результате термической обработки некоторые детали машин должны иметь твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для изготовления их выбрана сталь 15ХФ. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической и химико-термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

2. В результате термической обработки коленчатые валы судовых и автомобильных двигателей должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость 250...280 НВ). Для изготовления их выбрана сталь 40ХФА. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для деталей, работающих в слабых агрессивных средах, применяется сталь 30Х13. Укажите состав и определите группу стали по структуре. Объясните назначение хрома в данной стали, назначьте и обоснуйте режим термической обработки.

4. Для изготовления токопроводящих упругих элементов выбран сплав БрБНТ-1,9. Приведите химический состав, режим термической обработки и получаемые механические свойства материала. Опишите процессы, происходящие при термической обработке, и объясните природу упрочнения в связи с диаграммой состояния медь - бериллий.

5. Опишите ситаллы и методы их получения. Влияние состава и величины кристаллов на свойства ситаллов. Область их применения.

### **Вариант 26**

1. Назначьте режим термической обработки слабонагруженных деталей из стали 45. Приведите его обоснование и опишите структуру и механические свойства деталей. Объясните, почему удовлетворительные свойства на изделиях из данной стали могут быть получены в небольших сечениях.

2. Для изготовления деталей штампов, обрабатывающих металл в холодном состоянии, выбрана сталь ХГЗСВ. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки стали, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке. Опишите микроструктуру и свойства штампов после термической обработки.

3. Для реостатных элементов сопротивления выбран сплав марганцин МНМцЗ. Расшифруйте состав, опишите структуру и электротехнические характеристики этого сплава.

4. Для поршней двигателя внутреннего сгорания, работающих при температурах 200-250° С, используется сплав АЛ1. Расшифруйте состав и укажите способ изготовления деталей

из данного сплава. Опишите режим упрочняющей термической обработки и кратко объясните природу упрочнения.

5. Приведите обоснование технико-экономических преимуществ применения пластмасс в машиностроении. Основные области их эффективного применения.

### **Вариант 27**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду, температуру отпуска напильников из стали У13. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. Для изготовления обрезающих штампов выбрана сталь Х12М. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на все превращения, происходящие при термической обработке стали. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. В котлостроении используется сталь 12Х2МФСР. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки и приведите его обоснование. Объясните влияние легирующих элементов на превращения при термической обработке стали. Опишите влияние температуры на механические свойства стали.

4. Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяется латунь Л70. Укажите состав и опишите структуру сплава. Назначьте режим промежуточной термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки, обоснуйте выбранный режим и приведите общую характеристику механических свойств сплава.

5. Классификация защитных полимерных покрытий по назначению. Основные требования, предъявляемые к ним, и область их применения в машиностроении.

### **Вариант 28**

1. Изделия из стали 45 требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства стали.

2. Для изготовления резцов выбрана сталь ХВ5. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Назначьте нержавеющую сталь для работы в среде средней агрессивности (растворы солей). Приведите состав стали, необходимую термическую обработку и получаемую структуру. Объясните физическую природу коррозионной устойчивости материала и роль каждого легирующего элемента.

4. Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяется латунь Л80. Укажите состав и опишите структуру сплава. Назначьте режим промежуточной термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки и обоснуйте его.

5. Полиэтилен высокого и низкого давления. Опишите его свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 29**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска гладких и резьбовых калибров из стали У12А. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. В результате термической обработки пружины должны получить высокую упругость. Для изготовления их выбрана сталь 63С2А. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Объясните природу жаропрочности сплавов на никелевой основе в связи с их составом, термической обработкой и получаемой структурой. Приведите примеры этих сплавов и укажите область применения.

4. В качестве материала для ответственных подшипников скольжения выбран сплав БрСЗО. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Опишите основные свойства и требования, предъявляемые к сплавам этой группы.

5. Состав, классификация, физико-механические свойства и область применения резины в машиностроении.

### **Вариант 30**

1. Назначьте режим термической обработки штампов холодной штамповки из стали У10. Приведите его обоснование и опишите структуру и свойства штампов. Объясните, почему из данной стали изготавливают штампы небольшого сечения.

2. В результате термической и химико-термической обработки червяки должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана сталь 12Х2Н4ВА. Укажите состав стали и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки данной стали. Опишите микроструктуру и свойства червяков в готовом виде.

3. Назначьте нержавеющую сталь для изготовления деталей, работающих в среде уксусной кислоты при температуре до 40° С. Приведите химический состав стали, необходимую термическую обработку и получаемую структуру. Объясните коррозионную устойчивость материала и роль каждого легирующего элемента.

4. Назначьте марку алюминиевой бронзы для изготовления мелких ответственных деталей (втулок, фланцев и т.п.). Укажите ее состав, опишите структуру, используя диаграмму состояния медь-алюминий и основные свойства бронзы.

5. Опишите термопластические и терморезистивные полимеры и укажите различие между ними.

### **Вариант 31**

1. Назначьте режим термической обработки рессор из стали 65 и приведите его обоснование. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

2. Для изготовления плит высокого класса точности выбрана сталь 12Х1. Определите состав и группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для изготовления деталей, работающих в окислительной атмосфере при 800° С, выбрана сталь 12Х18Н9Т. Укажите состав, обоснуйте выбор стали для данных условий работы и объясните, для чего вводится хром в эту сталь.

4. Для изготовления деталей двигателей внутреннего сгорания выбран сплав АК8. Расшифруйте состав, укажите способ изготовления деталей из данного сплава и приведите характеристики механических свойств сплава при повышенных температурах.

5. Опишите неорганические материалы, применяемые в машиностроении (стекло, кварц, пеностекло и стекломали).

### **Вариант 32**

1. Режущий инструмент требуется обработать на максимальную твердость. Для его изготовления выбрана сталь У13А. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства данной стали.

2. Для изготовления молотовых штампов выбрана сталь 5ХНСВ. Укажите состав и группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения при термической обработке этой стали. Укажите структуру, свойства и требования, предъявляемые к штампам горячей штамповки.

3. Дайте общую характеристику магнитомягких материалов, укажите их состав, свойства и область применения в машино- и приборостроении.

4. Для обшивки летательных аппаратов использован сплав ВТ6. Приведите состав сплава, режим упрочняющей термической обработки и получаемую структуру. Опишите процессы, протекающие при термической обработке, и преимущества сплава ВТ6 по сравнению с ВТ5.

5. Опишите полистирол - атактический и изотактический ударопрочный. Укажите свойства и область его применения в машиностроении.

### **Вариант 33**

1. Выберите углеродистую сталь для изготовления сверл. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

2. Копиры должны иметь минимальную деформацию и высокую износостойкость поверхностного слоя при твердости 750...1000 НV. Для их изготовления выбрана сталь 38ХВФЮА. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах обработки данной стали. Опишите структуру и свойства стали после обработки.

3. Для изготовления постоянного магнита сечением 50x50 мм выбран сплав ЕХ9К15. Расшифруйте состав и укажите группу сплава по назначению. Назначьте режим термической обработки и опишите структуру и свойства после обработки. Объясните, почему в данном случае нельзя применить углеродистую сталь У12.

4. В качестве материала для заливки вкладышей подшипников скольжения выбран сплав Б16. Укажите состав и определите группу сплава по назначению. Опишите микроструктуру сплава и основные требования, предъявляемые к сплавам этой группы.

5. Термопластичные пластмассы, их особенность и область применения. Приведите примеры важнейших термопластов.

### **Вариант 34**

1. Для отливки ответственных зубчатых колес, шкивов и т.д. используются серые чугуны. Выберите марки чугунов, их состав, структуру и свойства. Зарисуйте микроструктуру этих чугунов.

2. Гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания должны иметь высокую твердость и износостойкость поверхностного слоя 750...1000 НV. Для изготовления их выбрана сталь 38Х2МЮА. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической и химико-термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения в стали при ее термической обработке. Опишите структуру и свойства поверхностного слоя и сердцевины гильзы.

3. Для изготовления деталей, работающих в активных коррозионных средах, выбрана сталь 08Х18Н12Т. Укажите состав и объясните причины введения легирующих элементов в эту сталь. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите микроструктуру данной стали после термической обработки.

4. Укажите марки, состав, свойства и способ изготовления мсталло-керамических твердых сплавов для режущего инструмента.

5. Опишите способы переработки пластмасс в изделия в зависимости от вида наполнителя и природы связующего.

### **Вариант 35**

1. Требуется произвести поверхностное упрочнение изделий из стали 15Х. Назначьте вид обработки, опишите его технологию, происходящие в стали превращения, структуру и свойства поверхности и сердцевины.

2. В результате термической обработки оправки должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость 250...280 НВ). Для изготовления их выбрана сталь 40ХН. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке этой стали. Опишите структуру и свойства оправок после термической обработки.

3. Для нагревательных элементов сопротивления выбран сплав хромаль ОХ23Ю5. Расшифруйте состав, укажите требования, предъявляемые к сплавам этого типа, и температурные границы применения этого сплава.

4. Опишите металлокерамические твердые сплавы группы ТТК. Укажите их состав, свойства и область применения в машиностроении.

5. Опишите антифрикционные полимерные покрытия, их свойства, способ нанесения и условия применения.

### **Вариант 36**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска различных приспособлений из стали 45, которые должны иметь твердость 28...35 НРС. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

2. Для изготовления высадочных и чеканочных штампов выбрана сталь 4ХВС. Укажите состав и определите группу-стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения при термической обработке этой стали. Опишите структуру и свойства штампов после термической обработки.

3. Для деталей, работающих в слабых коррозионных средах, используется сталь 20Х13. Укажите состав и объясните причину введения хрома в эту сталь. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки и опишите микроструктуру после обработки.

4. Для изготовления ответственных деталей (втулки, клапаны, зубчатые колеса и т.п.) выбран сплав БрАЖШО-4-4. Расшифруйте состав, укажите режим термической обработки, механические свойства и опишите структуру, используя диаграмму состояния медь-алюминий.

5. Неорганическое стекло. Состав, свойства и область применения.

### **Вариант 37**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска деталей из стали 40ХГ, которые должны иметь твердость 230...250 НВ. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

2. Для изготовления режущего инструмента выбрана сталь Р6М5К5. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие на всех этапах термической обработки данной стали. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для изготовления постоянных магнитов сечением 50\*50 мм выбран сплав ЕХ9К15. Укажите состав, назначьте режим термической обработки и опишите структуру и свойства сплава после обработки. Объясните, почему для магнитов больших размеров нельзя применять сталь У12.

4. Для изготовления деталей двигателя внутреннего сгорания выбран сплав АК4-1. Укажите состав и способ изготовления деталей из этого сплава. Приведите характеристики механических свойства АК4-1 при повышенных температурах и объясните, за счет чего они достигаются.

5. Полиметилметакрилат (органическое стекло). Укажите состав, характерные свойства, способ переработки и область его применения.

### Вариант 38

1. На изделиях из стали 15 требуется получить поверхностный слой высокой твердости. Приведите обоснование выбора метода химико-термической обработки, опишите его технологию и структуру изделия после окончательной термической обработки.

2. В результате термической обработки рессоры должны получить высокую упругость. Для изготовления их выбрана сталь 60С2ВА. Укажите состав, назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование. Опишите микроструктуру и свойства рессор после термической обработки.

3. Для обшивки скоростных самолетов применяются сплавы на основе титана. Обоснуйте причины применения этих сплавов взамен алюминиевых. Приведите примеры титановых сплавов и сравните их механические характеристики с характеристиками алюминиевых сплавов при температуре 200...500°С.

4. Для изготовления деталей путем глубокой вытяжки применяется латунь Л96. Укажите состав, опишите структуру сплава и назначьте режим промежуточной термической обработки, применяемой между отдельными операциями вытяжки, обоснуйте выбранный режим. Приведите общую характеристику механических свойств сплава.

5. Преимущества и недостатки клеевых соединений пластмасс. Методы контроля.

### Вариант 39

1. Изделия из стали 40Х требуется подвергнуть улучшению. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства стали.

2. Для изготовления обрезных штампов выбрана сталь Х6ВФ. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке. Опишите структуру и свойства штампов после термической обработки.

3. Для нагревательных элементов сопротивления выбран сплав нихром Х20Н80. Укажите состав и требования, предъявляемые к сплавам этого типа. Приведите температурные границы применимости сплава.

4. Для отливок сложной конфигурации используется бронза БрОФ4-0,2. Укажите состав сплава, его структуру и назначьте режим термической обработки для снятия внутренних напряжений, возникающих после отливки.

5. Опишите основные свойства керамики и область применения ее в машиностроении.

### Вариант 40

1. Пружина из стали 65 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеет твердость значительно ниже, чем это требуется по техническим условиям. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить? Укажите, какая твердость и структура обеспечивают упругие свойства пружин.

2. Для изготовления штампов горячей штамповки выбрана сталь 4ХЗВМФ. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке этой стали. Укажите микроструктуру и свойства штампов после термической обработки.

3. Для изготовления деталей подшипников качения выбрана сталь ШХ15СГ. Укажите состав стали, назначьте режим термической обработки и приведите свойства стали после термической обработки.

4. Опишите тугоплавкие металлы и сплавы на их основе. Приведите общую характеристику этих сплавов и укажите область их применения.

5. Приведите классификацию технической керамики по составу и укажите область ее применения в машиностроении.

### **Вариант 41**

1. Назначьте режим термической и химико-термической обработки шестерен из стали 20ХН с твердостью зуба 58...62 НРС. Опишите микроструктуру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после термической обработки.

2. Для изготовления молотовых штампов выбрана сталь 5ХНВ. Расшифруйте состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства штампов после термической обработки.

3. Для изготовления обшивки скоростных самолетов применяются сплавы на основе титана. Обоснуйте причины применения сплавов на основе титана взамен алюминиевых. Приведите пример титанового сплава и сравните механические характеристики титановых и алюминиевых сплавов при 200...500° С.

4. Для изготовления режущего инструмента используются сплавы Т5К10 и Т15К6. Укажите состав сплавов, способ изготовления и область применения. Объясните причины высокой теплостойкости этих сплавов в сравнении с углеродистыми и быстрорежущими сталями.

5. Текстолиты. Их свойства и область применения в машиностроении.

### **Вариант 42**

1. Назначьте температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска зенкеров из стали У12А. Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и твердость инструмента после термической обработки.

2. В результате термической обработки детали машин должны получить повышенную прочность по всему сечению (твердость 250...280 НВ). Для изготовления их выбрана сталь 30ХГС. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Назначьте нержавеющую сталь для изготовления деталей, работающих в среде уксусной кислоты при температуре не выше 40° С. Приведите химический состав стали, необходимую термическую обработку, получаемую структуру. Объясните физическую природу коррозионной устойчивости стали и роль каждого легирующего элемента.

4. Для впаев в стеклянные вакуумные приборы проводников применен сплав ковар 29НК. Укажите состав сплава, свойства и причины его применения в данной области техники.

5. Опишите термо- и реактопласты. В чем различие их по структуре и свойствам?

### **Вариант 43**

1. Пружины из стали 65 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость значительно ниже, чем это требуется по техническим условиям. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить? Укажите, какая твердость и структура обеспечивают высокие упругие свойства пружин.

2. В результате термической обработки зубчатые колеса должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой сердцевине. Для их изготовления выбрана сталь 18ХНМФА. Расшифруйте состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической и химико-термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для деталей, работающих в окислительной атмосфере, применяется сталь 08Х18Н12Т. Расшифруйте состав, объясните назначение хрома в данной стали. Обоснуйте выбор стали для данных условий работы.

4. Для червячных пар выбрана бронза БрОЦС4-4-17. Расшифруйте состав, объясните назначение легирующих элементов и высокие антифрикционные свойства этой бронзы.

5. Укажите основные особенности пластмасс как конструкционного материала и рекомендации по использованию Пластмасс в машиностроении.

#### **Вариант 44**

1. Выберите сталь для изготовления рессор. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и главные свойства рессор после обработки. Каким способом можно повысить усталостную прочность рессор?

2. В результате термической и химико-термической обработки валы коробки передач автомобиля должны получить твердый износостойчивый поверхностный слой при вязкой средцевине. Для их изготовления выбрана сталь 15ХГН2ТА. Расшифруйте состав стали и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке. Опишите микроструктуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для изготовления вакуумной аппаратуры и достижения плотных контактов между металлом и стеклом используется сплав платинит Н48. Расшифруйте состав и определите группу сплава по назначению. Опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного состава сплава (в связи с аномалией изменения термического коэффициента расширения).

4. Для поршней двигателя внутреннего сгорания выбран сплав АЛ1. Расшифруйте состав сплава, укажите способ изготовления деталей, режим термической обработки и природу упрочнения. Опишите характеристики механических свойств сплава.

5. Достоинства и недостатки пластмасс. Применение пластмасс для штамповой оснастки.

#### **Вариант 45**

1. Назначьте режим термической обработки слабонагруженных деталей из стали 40. Приведите его обоснование и опишите структуру и свойства деталей. Объясните, почему удовлетворительные свойства на изделиях из данной стали могут быть получены в небольшом сечении.

2. Для изготовления матриц холодной штамповки выбрана сталь Х12Ф1. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства матриц после термической обработки.

3. Для изготовления деталей, работающих в контакте с крепкими кислотами, выбрана сталь 15Х28. Укажите состав стали, объясните причину введения хрома и обоснуйте выбор этой стали для данных условий работы.

4. Для изготовления деталей самолета выбран сплав АВ (авиаль). Расшифруйте состав сплава и укажите характеристики механических свойств. Опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, и объясните природу упрочнения.

5. Корундовая керамика. Опишите ее основные свойства и область применения.

#### **Вариант 46**

1. Пружины из стали 65 после правильно выполненной закалки и последующего отпуска имеют твердость значительно ниже, чем это требуется по техническим условиям. Чем вызван этот дефект и как можно его исправить? Укажите, какие твердость и структура обеспечивают высокие упругие свойства пружин.

2. Для изготовления обрезающих матриц и пуансонов выбрана сталь 9ХФ. Расшифруйте состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру и свойства инструмента после термической обработки.

3. В авиационной и ракетной технике, а также в судостроении и приборостроении применяются высокопрочные мартенсито-стареющие стали Ш8К8М3Т, Н18К12М5Т и др. Укажите состав, термическую обработку, структуру и свойства этих сталей. Опишите природу упрочнения.

4. Для отливок сложной конфигурации используется бронза БрОФ4-0,2. Расшифруйте состав сплава, укажите его структуру и назначьте режим термической обработки для снятия внутренних напряжений, возникающих после отливки.

5. Неметаллическая керамика высокой огнеупорности. Состав, свойства, преимущества и недостатки.

### **Вариант 47**

1. В чем заключаются преимущества и недостатки поверхностного упрочнения стальных изделий при нагреве токами высокой частоты по сравнению с упрочнением методом цементации? Назовите марки стали, применяемые для этих видов обработки.

2. Для изготовления ножовок по металлу выбрана сталь В1. Расшифруйте состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирующего на превращения, происходящие при термической обработке ножовок. Опишите структуру и свойства стали после термической обработки.

3. Для изготовления деталей высокой прочности используется мартенсито-стареющая сталь Н18К8М3. Расшифруйте состав и укажите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирующих элементов на превращения, происходящие при термической обработке. Опишите структуру, свойства и природу упрочнения стали.

4. Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав АМг3. Укажите состав и опишите способ упрочнения этого сплава, объяснив природу упрочнения. Приведите характеристики механических свойств сплава.

5. Укажите состав и свойства керамики, применяемой в электроприборостроении.

### **Вариант 48**

1. Выберите марку чугуна для изготовления ответственных деталей машин (коленчатые валы, шатуны и т.п.). Укажите состав, обработку, структуру и основные механические свойства деталей из этого чугуна.

2. Копиры должны иметь минимальную деформацию и высокую износоустойчивость поверхностного слоя при твердости 750...1000 НV. Для их изготовления выбрана сталь 38ХВФЮА. Расшифруйте состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической и химико-термической обработки, приведите его обоснование, объяснив влияние легирующего на превращения, происходящие при обработке данной стали. Опишите структуру и свойства копиров после обработки.

3. Для деталей самолетов выбраны сплавы ВТ14 и ВТ22. Укажите состав и определите группу сплавов по назначению. Обоснуйте выбор этих сплавов для данных условий работы и укажите способы их упрочнения.

4. Для изготовления вакуумной аппаратуры и достижения плотных контактов между металлом и стеклом используется сплав платинит Н48. Расшифруйте состав и определите группу сплава по назначению. Опишите влияние легирующих элементов на основную характеристику сплава и причины выбора данного состава сплава в связи с аномалией изменения термического коэффициента расширения.

5. Опишите термо- и реактопласты. В чем различие их по структуре и свойствам?

### **Вариант 49**

1. Выберите углеродистую сталь для изготовления мелких метчиков, плашек и сверл. Назначьте режим термической обработки, опишите сущность происходящих превращений, структуру и свойства инструмента.

2. В результате термической обработки полуоси должны получить по всему сечению повышенную прочность (твердость 28...35 HRC). Для их изготовления выбрана сталь 40ХНМА. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите микроструктуру и свойства изделий после термической обработки.

3. Для изготовления калибров выбрана сталь 9Х18. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим термической обработки, дайте его обоснование и укажите микроструктуру и свойства калибров после термической обработки. Объясните назначение хрома в данной стали.

4. Для изготовления некоторых деталей самолета выбран сплав АЛ2. Приведите химический состав и укажите способ изготовления деталей из данного сплава. Опишите методы повышения механических свойств сплава и сущность этого явления.

5. Достоинства и недостатки пластмасс. Применение пластмасс для штамповой оснастки.

### **Вариант 50**

1. Выберите марку чугуна для изготовления ответственных деталей машин (коленчатые валы, шатуны и т.п.). Укажите состав, обработку, структуру и основные механические свойства деталей из этого чугуна.

2. Для изготовления измерительного инструмента выбрана сталь ХВГ. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим термической обработки, объяснив влияние легирования на превращения, происходящие при термической обработке данной стали. Опишите структуру, и свойства инструмента в готовом виде.

3. Назначьте нержавеющую сталь для работы в средах средней агрессивности. Приведите состав стали, необходимую термическую обработку и получаемую структуру. Объясните физическую природу коррозионной устойчивости материала и роль каждого легирующего элемента.

4. Для изготовления мембран и других упругих элементов выбрана бронза БрБНТ-1,7. Приведите химический состав, режим термической обработки и получаемые механические свойства материала. Опишите процессы, происходящие при термической обработке, и объясните природу упрочнения в связи с диаграммой состояния медь-бериллий.

5. Укажите основные особенности пластмасс как конструкционного материала и рекомендации по использованию пластмасс в машиностроении.

### **Список литературы, необходимой для выполнения контрольных работ**

Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М., 1980.

Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка. М., 1977.

Гуляев А.Л. Металловедение. М., 1986.

Мозберг Р.К. Материаловедение. Таллин, 1976.

Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. М., 1977.

Арзамасов Б.Н. Материаловедение. М., 1986.

## ПРИЛОЖЕНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

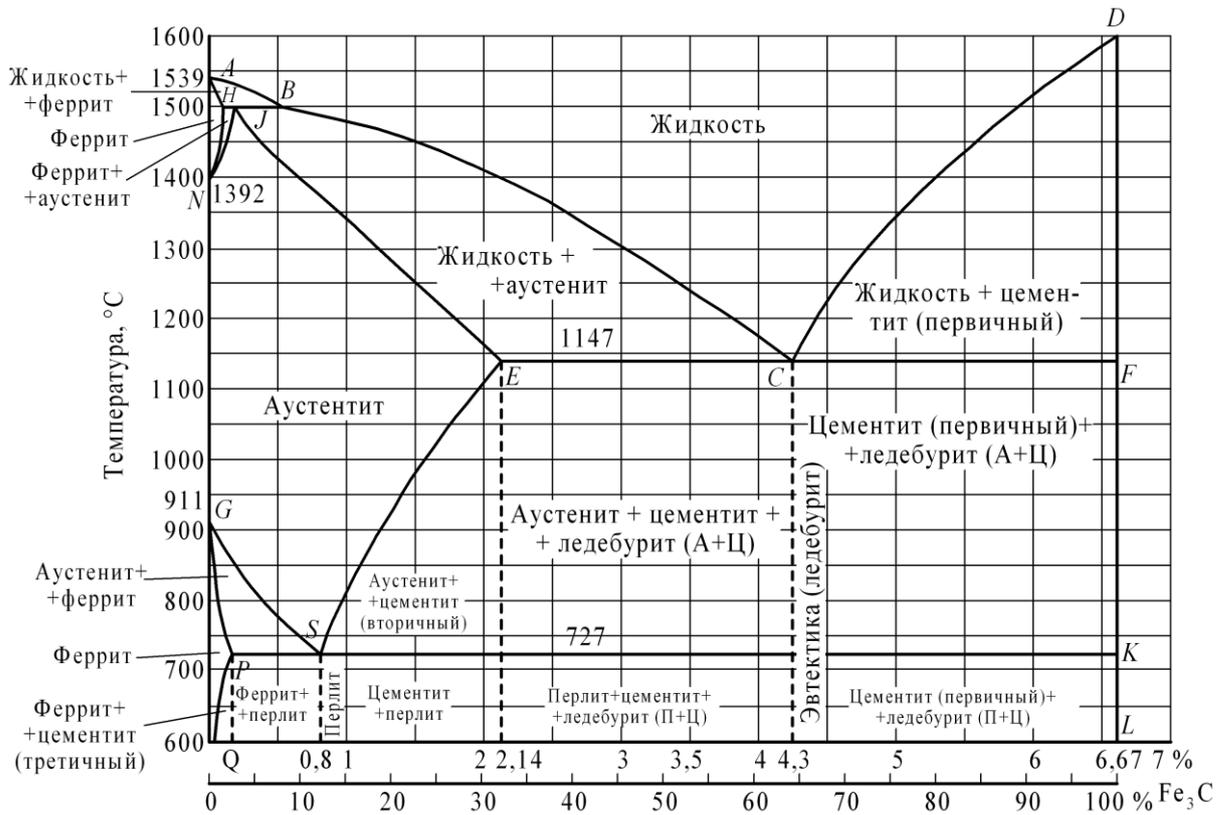


Рисунок 1 – Диаграмма состояния железо-цементит

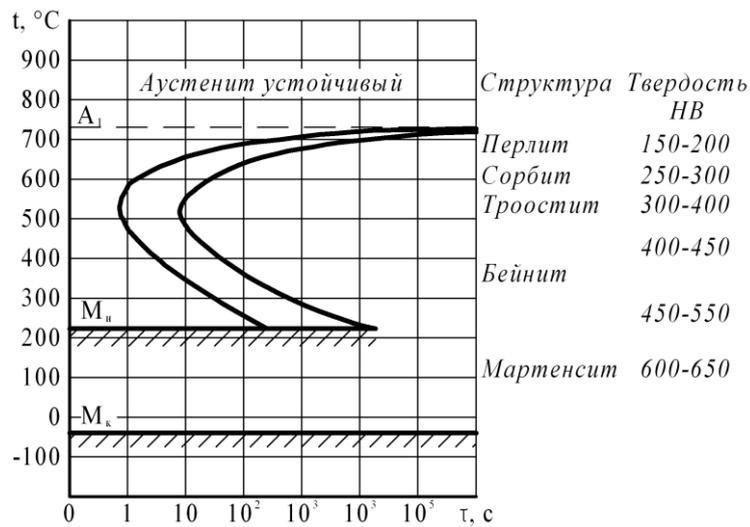


Рисунок 2 – Диаграмма изотермического превращения аустенита эвтектоидной стали У8 и примерная прочность структур

## Перечень ГОСТов на стали и сплавы

### 1. Сталь

Углеродистая обыкновенного качества – ГОСТ 380-71  
Углеродистая качественная – ГОСТ 1050-74  
Легированная, конструкционная, качественная, рессорно-пружинная – ГОСТ 1050-74  
Углеродистая инструментальная – ГОСТ 1435-74  
Легированная инструментальная – ГОСТ 5950-73  
Подшипниковая – ГОСТ 801-78  
Быстрорежущие стали – ГОСТ 19265-73  
Конструкционный повышенной и высокой обрабатываемости резанием – ГОСТ 1414-75  
Жаростойкие и жаропрочные – ГОСТ 5632-72  
Коррозионностойкие – ГОСТ 5632-72  
Сплавы твердые спеченные – ГОСТ 3882-74  
Магнитотвердые (для постоянных магнитов) – ГОСТ 6862-71  
Электротехнические – ГОСТ 21427.0-75...  
ГОСТ 21427.3-75

### 2. Чугун

Серый – ГОСТ 1412-79  
Ковкий – ГОСТ 1215-79  
Высокопрочный – ГОСТ 7293-85  
Жаростойкий – ГОСТ 7769-75

### 3. Алюминий и его сплавы

Алюминий – ГОСТ 11069-74  
Деформируемые – ГОСТ 4784-74  
Литейные – ГОСТ 2685-75

### 4. Медь и ее сплавы

Медь ГОСТ 859 – 78  
Латунь двойная и многокомпонентная деформируемая – ГОСТ 15527-70  
Латунь литейная – ГОСТ 17711-80  
Бронза оловянистая деформируемая – ГОСТ 5017-74  
Бронза безоловянистая деформируемая – ГОСТ 18175-78  
Бронза оловянистая литейная – ГОСТ 613-79  
Бронза безоловянистая литейная – ГОСТ 493-79  
Медно-никелевые сплавы – ГОСТ 492-73

### 5. Титановые сплавы – ГОСТ 19807-74

### 6. Антифрикционные сплавы

Алюминиевые – ГОСТ 14113-78  
Цинковые – ГОСТ 21437-75  
Баббиты – ГОСТ 1320-74

### 7. Магний и его сплавы

Магний – ГОСТ 804-72  
Деформируемые – ГОСТ 14957-76  
Литейные – ГОСТ 2856-79

Таблица 1 – Улучшаемые стали

№ группы	Марка стали	Условия нагружения	Прокаливаемость $D_{кр}$ , мм	Перечень изделий	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	НВ
1	30, 40, 45, 50	Детали, работающие при малых нагрузках	8...12	Гладкие, ступенчатые валы, фланцы, штифты, цапфы, валы карданные	700...800	500...700	11...15	1,0...1,35	241...269
2	30Х 40Х 40Г 40ХН	Средненагруженные детали	15	Оси, рычаги, коленчатые валы, шестерни, болты шатуна	850...930	700...780	11...18	0,8...0,85	265...270
			20...25						
3	30ХГ СА 40ХН МА 30ХН 2ВФ 18Х2 Н4ВА	Детали, работающие при наибольших удельных нагрузках	30 80 100 120	Валы, детали рулевого управления, тяжело нагруженные детали редукторов компрессорных машин, высоконапряженные валы ротора турбин, коленчатые валы	1100...1150	850...880	10...15	1,0...1,2	– 267 – –

Таблица 2 – Цементуемые стали

№ группы	Марка стали	Условия нагружения	Сечение детали	Прокаливаемость $D_{кр}$ , мм	Перечень деталей	Поверхностный слой HRC	Сердцевина изделия				
							$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	КСУ, МДж	НВ

												/м <sup>2</sup>	
1	10	Износ при малых удельных нагрузках	Малое	Менее 10 мм	Кулачки, штамповый инструмент	60...64	Не регламентированы					95...100	
2	15Х, 15Г, 20Х, 20Г, 15ХФ, 12ХН2	Износ при повышенных удельных нагрузках	Малое и среднее	10...15	Штамповый инструмент, зубчатые колеса, работающие на износ без динамических нагрузок	58...61	750...850	650...700	15	1,0...1,2	100...160		
3	18ХГМ, 18ХГТ, 12ХН3А	Износ при удельных нагрузках	Среднее	15...20 и более	Шестерни	56...61	1200...1300	1000...1100	12...15	0,8...1,0	250...350		
4	18Х2Н4ВА, 30ХГТ	Износ при высоких удельных нагрузках	Большое	Более 100	Зубчатые колеса автомобиля	56...61	1300...1600	1100...1400	10...14	0,7...1,0	320...440		

№ группы	Марки стали	Условия работы	Примерное назначение	σ <sub>в</sub> , МПа	σ <sub>0,2</sub> , МПа	δ, %	ψ, %	НВ
				после окончательной обработки				
1	65, 85, 60Г, 70Г	Стали пониженной прочности	Пружины механизмов и машин	1000...1150	800...1000	7...10	25...35	320...420

2	50ХГ, 55ХГ Р, 55С2, 60С2, 50ХФ А, 50ХГ ФА	Стали средней прочности	Рессоры автомашин; пружины подвижного состава железнодорожн ого транспорта	1300...1 600	1100...1 400	5...8	20...35	360...4 80
3	70С2 ХА, 70С3 А, 60С2 ХФА	Стали повышенн ой прочности	Пружины часовых механизмов и еханизмов машин (тяжелонагруже нных)	1600...1 900	1450...1 700	6...8	20...25	380...4 80