



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)  
ФИЛИАЛ ДВФУ В Г.АРСЕНЬЕВЕ

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор филиала ДВФУ  
в г. Арсеньеве  
С. В. Дубовицкий  
« 04 сентября 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ**

**Специальность 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение»  
специализация/ Вертолетостроение**

**Форма подготовки очная/заочная/заочная (ускоренное обучение на базе СПО)**

курс 2/2/1 семестр 3/-/-  
лекции 36/10/8 час.  
практические занятия – 18/-/- час.  
лабораторные работы 18/8/8 час.  
с использованием МАО – 26/4/6 час.  
в электронной форме лек. -/ пр./ лаб.-  
всего часов контактной работы 72/18/16 час.  
в том числе с использованием МАО - 26/4/6 час. в электронной форме - час.  
самостоятельная работа 72/126/56 час.  
в том числе на подготовку к экзамену – 27/9/9 час.  
изучено и зачтено: -/172 час.  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет не предусмотрен  
экзамен 3/-/- семестр. 2/2/1 курс

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 12 сентября 2016 г. № 1165

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры СВС, протокол № 13 от 03.09.2019 г.

Составитель (ли): доцент. Е.С. Бронникова

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Материаловедение»**

Учебная дисциплина «Материаловедение» предназначена для студентов 2 курса специальности 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение, специализация «Вертолётостроение» очной и заочной форм обучения, первого курса заочной формы обучения ускоренное обучение.

Трудоёмкость дисциплины составляет: 4 зачётные единицы, 144 час., в том числе, лекции – 36/ 10/ 8 час., лабораторные работы – 18/ 8/ 8 час., практические занятия 18/ -/ - час., изучено и зачтено -/ -/ 72 час., самостоятельная работа – 72/ 126/ 56 час., в том числе, контроль – 27/ 9/ 9 час.

Дисциплина относится к базовой части учебного плана по данной специальности.

Дисциплина «Материаловедение» находится в логической и содержательно-методической взаимосвязи с такими учебными дисциплинами базовой части учебного плана, как: физика, химия. «Входными» знаниями и умениями, необходимыми для освоения материаловедения обучающимися, в области физики выступают следующие темы: основы молекулярной физики и термодинамики, законы диффузии, термодинамики, элементы физики атомного ядра и элементарных частиц; в области химии: строение атомов, периодическая система Д.И. Менделеева, типы связей в твердых телах, энергетика химических процессов, правило фаз, общая характеристика химических элементов и их соединений, теория коррозии металлов..

В свою очередь, предметное знание материаловедения является одним из составляющих фундаментального инвариантного ядра формирования структуры и содержания базовых дисциплин профессионального цикла подготовки специалистов по специальности «Самолёто- и вертолётостроение». Так, структурная единица «Технология обработки

авиационных материалов», «Детали механизмов и машин» и др. в качестве теоретической платформы имеют, в том числе дисциплину «Материаловедение». Структурные единицы «Сопротивление материалов», «Проектирование процессов и оснастки заготовительно-штамповочного производства», «Конструкция самолёта (вертолёта)», «Конструирование деталей и узлов» в своем основании имеют фундаментальные положения, в том числе, в области материаловедения. Профессионально-деятельностные методы выбора рациональных и экономичных материалов, методов их упрочнения, защиты от коррозии, формируемые в процессе изучения материаловедения, выступают в качестве ориентирующей основы организации предметного содержания выше указанных дисциплин.

Цель дисциплины: – формирование профессионально-деятельностной компоненты системы знаний в области материаловедения, выработка у студентов научно-обоснованных навыков по выбору оптимальных материалов для изготовления машиностроительных и авиационных конструкций, рациональных методов их упрочняющей обработки, методов модифицирования и защиты от коррозии, а так же формирование общекультурных и профессиональных компетенций обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

Задачи дисциплины сформировать:

- способность выявлять сущность научно-технических проблем в области материаловедения, возникающих в ходе профессиональной деятельности
- способность демонстрировать базовые знания в области материаловедения и готовность использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы, теоретического и экспериментального исследования
- способность формировать законченное представление о принятых инженерных решениях и полученных результатах в виде отчета с его публикацией (публичной защитой)

Для успешного изучения дисциплины «Материаловедение» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОК-7. Владение культурой мышления, способность к обобщению, анализу, критическому осмыслению, систематизации, прогнозированию, постановке целей и выбору путей их достижения

ОК-8. Способность применять методы и средства познания, самообучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, развития социальных и профессиональных компетенций

ОПК-2. Способность к самообразованию и использованию в практической деятельности новых знаний и умений

ОПК-8. Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, умение работать с компьютером как средством управления информацией

ПК-18. Готовность к подготовке и проведению экспериментов и анализу их результатов

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные компетенции:

ОПК-4 – Способность организовывать свой труд и самостоятельно оценивать результаты своей профессиональной деятельности, владеть навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований

ОПК-6 – Способность самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания

профессиональные компетенции

ПК-1 – Готовность к решению сложных инженерных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин

Компетенции и этапы формирования компетенций представлены в таблице

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-4 – способность организовывать свой труд и самостоятельно оценивать результаты своей профессиональной деятельности, владеть навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований</p>	Знает	<p>основы, методы и принципы организации своего труда, принципы самостоятельной оценки результатов деятельности по основным видам материалов, используемых в авиационном производстве их структуре и свойствах, знает источники информации об основных видах материалов, используемых в авиационном производстве их структуру и свойства, влияние различных технологических процессов на структуру и свойства материалов</p>
	Умеет	<p>самостоятельно воспринимать, анализировать и систематизировать информацию об основных видах, структурах и свойствах металлических и неметаллических материалов, используемых в авиационном производстве, в том числе и при проведении научных исследований</p>
	Владеет	<p>навыками восприятия информации о видах, структурах и свойствах авиационных материалов из различных источников и использовать эту информацию в том числе при проведении научной работы и использование навыков научной работы в профессиональной деятельности</p>
<p>ОПК-6 – способность самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания</p>	Знает	<p>принципы и формы организации самостоятельного или, в составе группы, научного поиска информации по фундаментальным основам дисциплины, базовые понятия, категории и закономерности по основным типам и маркам материалов, их структуре и свойствах после различных видов термообработки, и технологических процессов</p>
	Умеет	<p>использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специальностью, выбирать материалы по критериям прочности, жесткости, долговечности в производстве авиационных конструкций</p>
	Владеет	<p>навыками научного поиска по рациональному выбору материалов, назначению его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях; способностью анализировать, интерпретировать и обобщать фоновые</p>

		информационные данные в области материаловедения
ПК-1 – способность к решению инженерных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин (модулей)	Знает	фундаментальные основы дисциплины: основные типы и марки материалов, их структуру и свойства после различных видов термообработки, литья, технологий обработки давлением, сварки
	Умеет	выбирать материалы по критериям прочности, в том числе, с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин, жесткости и долговечности в производстве авиационных конструкций
	Владеет	навыками рационального выбора материала, назначения его обработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях эксплуатации, в том числе, с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин

- Для формирования выше указанных компетенций в рамках дисциплины «Материаловедение» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:
- Лекции-визуализации
- Исследовательские лабораторные работы с элементами имитационной профессиональной деятельности
- Практические занятия с элементами имитационной профессиональной деятельности
- Решение задач с анализом конкретных производственных ситуаций
- Научно-исследовательская деятельность

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (36/ 10/ 8 ЧАС.)**

### **МОДУЛЬ I. Закономерности формирования структуры материалов (23/ 5/ 4 час.)**

## **Раздел I. Строение и свойства материалов (4/ 1/ 0,5 час.)**

### **Тема 1. Введение. (1/0,25/ самостоятельное изучение час)**

Материаловедение как наука о взаимосвязи строения, состава и свойств материалов и сплавов. Роль материалов в современной технике. Работы отечественных и зарубежных ученых в области материаловедения. Основные направления в области научных исследований в авиастроении.

**Тема 2. Общая классификация машиностроительных и авиационных материалов, основы рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в машино- и авиастроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии (2/ 0,5/ самостоятельное изучение час.)**

**Тема 3 . Кристаллические и аморфные тела. (1/ 0,25/ самостоятельное изучение час.)** Элементы кристаллографии. Кристаллическая решетка. Типы кристаллических решеток, их параметры. Реальное строение кристаллов. Точечные дефекты. Линейные дефекты. Кривая Одингга. Поверхностные дефекты. Реальная прочность. Структура неметаллических материалов (полимеры, стекло, керамика).

## **Раздел II. Формирование структуры литых металлов (1/ 0,25/ 0,25 час.)**

### **Тема 1. Кристаллизация металлов. (1/ 0,25/ 0,25 час.)**

Термодинамические основы кристаллизации. Кинетика кристаллизации. Факторы, влияющие на процесс кристаллизации. Строение слитков. Анизотропия и полиморфизм в металлах.

## **Раздел III. Формирование структуры деформированных металлов (4/ 0,5 / 0,25 час.)**

**Тема 1 . Пластическое деформирование моно- и поликристаллов. Наклеп, возврат и рекристаллизация. (1/ 0,25 / самостоятельное изучение час.)**

Механизм пластического деформирования. Особенности деформирования монокристаллов. Деформирование поликристаллов. Деформирование двух-фазных сплавов. Свойства холоднодеформированных металлов и сплавов.

Влияние холодной пластической деформации на структуру и свойства металлов. Наклеп. Текстура деформации. Влияние нагрева на структуру и свойства холоднодеформированных металлов. Возврат. Процесс полигонизации. Первичная рекристаллизация. Собирательная рекристаллизация. Факторы, влияющие на размер зерна после рекристаллизации. Текстура рекристаллизации. Изменение свойств металла при рекристаллизации. Холодная и горячая деформация

## **Тема 2. Механические свойства материалов (3/ 0,25/ 0,25 час.)**

Определение механических свойств материалов

Характеристика и виды механических испытаний

Статические и усталостные испытания

Динамические испытания

Измерение твёрдости

Испытания на усталость

Оценка механических свойств многофазных и композиционных материалов

## **Раздел IV. Теория сплавов – (4/ 1,5/ 1 час.)**

### **Тема 1. Диаграммы состояния сплавов (2/ 1/ 0,5 час.)**

Определение терминов: сплав, система, компонент, фаза. Правило фаз.

Твердые растворы, промежуточные фазы, их строение и свойства.

Диаграммы состояния двойных сплавов: диаграмма состояния системы с полной растворимостью компонентов в твердом состоянии, диаграмма состояния системы с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии с эвтектическим и перитектическим превращениями

### **Тема 2. Диаграммы состояния сплавов (2/ 0,5/ 0,5 час.)**

Диаграмма состояния системы, образующей химические соединения, диаграмма состояния системы с наличием полиморфного превращения у компонентов. Физические и механические свойства сплавов в равновесном состоянии.

## **Раздел V. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов (4/0,5/ 0,5 час.)**

### **Тема 1. Диаграмма состояния железо–цементит. (2/ 0,2/ 0,25 час.)**

Компоненты, фазы, структурные составляющие сталей и белых чугунов, их характеристика, условия образования и свойства. Основные точки и линии диаграммы.

### **Тема 2. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей. Углеродистые стали и чугуны (2/ 0,25/ 0,25 час.)**

Влияние углерода, график зависимости механических свойств стали от содержания углерода. Влияние постоянных примесей: серы, фосфора, кремния, марганца.

Классификация сталей

Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества и качественные, литейные стали

Чугуны: белые, серые, высокопрочные, легированные

### **Раздел VI. Теория термической обработки стали. (6/ 1,25/ 1,25 час.)**

#### **Тема 1. Основы теории термической обработки стали (2/ 0,5/ 0,5 час.)**

Определение. Классификация видов термической обработки стали. Место термообработки в общем технологическом процессе изготовления машиностроительной продукции. Параметры режима, графики термообработки. Диффузия в металлах и сплавах. Термическая обработка сплавов, не связанная с фазовыми превращениями в твердом состоянии.

Термическая обработка сплавов с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Превращения в сталях при нагреве до аустенитного состояния. Превращение аустенита при различных степенях переохлаждения. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита. Перлитное превращение. Мартенситное превращение и его особенности. Влияние легирующих элементов на мартенситное превращение. Критическая скорость охлаждения и факторы, влияющие на нее. Превращение при нагреве закаленной стали. Влияние температуры и продолжительности нагрева на строение и свойства закаленной стали. Влияние легирующих элементов на превращение при отпуске. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость

## **Тема 2. Технология термической обработки стали. (2 / 0,5/ 0,5 час.)**

Общая характеристика процессов термической обработки стали. Отжиг сталей. Нормализация сталей. Особенности закалки сталей. Закаливаемость и прокаливаемость сталей. Отпуск закаленных сталей. Оборудование для термической обработки.

Основы выбора рациональных, энергосберегающих и экологически чистых технологий термообработки при производстве машиностроительных изделий. Автоматизация технологических процессов проведения термообработки

## **Тема 3. Химико-термическая обработка (ХТО) стали. (2/ 0,25/ 0,25 час.)**

Физические основы химико-термической обработки. Виды ХТО. Цементация сталей. Азотирование сталей. Насыщение поверхности стали одновременно углеродом и азотом.

Ионная химико-термическая обработка. Диффузионное насыщение деталей металлами и неметаллами. Перспективы развития химико-термической обработки

## **МОДУЛЬ II. Машиностроительные и авиационные материалы (13/ 5/ 4 час.)**

### **Раздел I. Легированные стали (3/ 1/ 0,5 час.)**

#### **Тема 1. Классификация и маркировка легированных сталей (1/ 0,5/ 0,25 час.)**

Легирующие элементы, их назначение. Классификация и маркировка легированных сталей.

#### **Тема 2. Стали и сплавы с особыми свойствами. Инструментальные стали и сплавы. (2/ 0,5/ 0,25 час.)**

Классификация сталей и сплавов с особыми свойствами. Требования, Группы, марки, свойства, область применения.

Классификация инструментальных сталей и сплавов. Критерии выбора. Требования к инструментальным сталям и сплавам. Группы, марки, свойства, область применения.

## **Раздел II. Лёгкие металлы и сплавы (6/ 1/ 1 час.)**

### **Тема 1. Алюминий, сплавы на основе алюминия (3/ 0,5/ 0,5 час.)**

Классификация, маркировка, химический состав и свойства сплавов на основе алюминия, термообработка сплавов на основе алюминия

### **Тема 2. Титан, магний. Сплавы на основе титана и магния (3/ 0,5 /0,5 час.)**

Классификация, маркировка, химический состав и свойства сплавов на основе титана, термообработка сплавов на основе титана

Классификация, маркировка, химический состав и свойства сплавов на основе магния, термообработка сплавов на основе магния

## **Раздел III. Сплавы на основе меди и антифрикционные материалы (1/ 1/ 0,5 час.)**

### **Тема 1. Латунь и бронзы. (0,5/ 0,5/ 0,25 час.)**

Классификация латуней. Влияние цинка на свойства латуней. Марки, механические свойства и область применения.

Классификация бронз. Марки, механические свойства и область применения.

### **Тема 3. Антифрикционные материалы (0,5/ 0,5/ самостоятельное изучение час.)**

Назначение. Требования к антифрикционным материалам. Классификация. Сплавы на основе меди, олова (оловянистые баббиты). Сплавы на основе свинца (свинцовистые баббиты). Сплавы на основе цинка и алюминия.

## **Раздел IV. Неметаллические материалы (1/ 1/ 1час.)**

### **Тема 1. Полимеры и пластмассы (0,5/ 0,5/ 0,5 час.)**

Общая классификация неметаллических материалов, экономические предпосылки применения неметаллических материалов в машиностроении. Основные сведения о пластмассах и полимерах. Молекулярное строение полимеров. Полярность полимеров. Неполярные термопластичные пластмассы

Полярные термопластичные пластмассы

Терморезистивные материалы

## **Тема 2. Резиновые материалы. Лаки. Клеи. Герметики. (0,5/ 0,5/ 0,5 час.)**

Резины. Состав и свойства. Область применения. Процессы старения резин. Формообразование деталей из резин.

Лакокрасочные покрытия. Маркировка и обозначение. Классификация. Клеи и герметики. Состав. Классификация. Конструкционные смоляные и резиновые клеи. Герметики. Область применения.

## **Раздел V. Композиционные материалы (КМ) (2/ 1/ 1 час.)**

### **Тема 1. Принципы создания и основные типы КМ (2 / 1/ 1 час.)**

Определение. Совокупность признаков, присущих КМ. Матрицы и армирующие, упрочняющие компоненты. Классификация КМ. Особенности. Композиционные материалы с нуль-мерными, одномерными наполнителями. Эвтектические КМ. Композиционные материалы с неметаллической матрицей. Свойства, особенности, область применения.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (18/ - / -час.)**

**Занятие 1. Система организации труда, принципы формирования навыков самостоятельной работы. Научные исследования в области материаловедения. (2 час.)**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

1. Система организации труда и принципы формирования навыков самостоятельной работы
2. Научные исследования в области материаловедения.
3. Цели и задачи научных исследований
4. Выявление уровня владения знаниями и умениями, способности и интересы студентов в области НИР
5. Выбор темы научного исследования
6. Этапы проведения научного исследования

**Занятие 2. Организация и планирование проведения и обработки результатов научных исследований в области макро- и микроанализа материалов деталей машин и элементов авиационных конструкций. (3 час.)**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

1. Организация и планирование проведения макро- и микроанализа материалов деталей машин и элементов авиационных конструкций
2. Изучение сущности макро- и микроанализа материалов
3. Изучение оборудования для проведения макро- и микроанализа
4. Изучения правил подготовки макро- и микрошлифов
5. Разработка методик по обработке экспериментальных исследований по макро- и микроанализу материалов деталей машин и элементов конструкций

**Занятие 3. Работа по чертежам авиационных деталей. (4 час.)**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

Используя информацию, заложенную конструктором в рабочих чертежах авиационных деталей, студенты под руководством преподавателя выполняют определённые задания исследовательского характера.

Предварительно изучаются:

1. Правила изучения научной литературы, приобретение практических навыков работы со справочной и научной литературой, выделение главной мысли, конспектирование; обсуждение прочитанных научных работ.

2. Формулируется объект и предмет исследования, определение целей, задач и исследований

Задания для исследований по рабочему чертежу авиационной детали:

1. Дать характеристику, расшифровать и описать механические и технологические свойства материала, из которого изготовлена данная деталь.

2. Назначить режим термообработки с учётом современных научных достижений в области материаловедения

3. Дать определения всем выбранным видам термообработки. Описать влияние термообработки на структуру и свойства стали

4. Указать способ защиты от коррозии для данной детали. Расшифровать. Кратко описать свойства и методы получения антикоррозионных покрытий.

5. Указать критерии выбора инструментального материала для обработки резанием с учётом современных научных достижений в области материаловедения

6. Выбрать инструментальный материал для обработки определённых поверхностей на деталях

7. Дать характеристику, расшифровать выбранную марку инструментального материала, указать методы повышения стойкости инструмента с учётом современных научных достижений в области материаловедения

8. Составление библиографии

9. Составление методик теоретических исследований по рабочим чертежам деталей

#### **Занятие 4. Анализ диаграммы состояния железо-цементит, правило фаз. Построение кривых охлаждения. (2 час.)**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

Под руководством преподавателя студенты выполняют следующие задания

1. Записать и объяснить сущность перитектической, эвтектической и эвтектоидной реакций
2. Построить кривую охлаждения с применением правила фаз Гиббса для сплава, содержащего определённый (по вариантам) % углерода. Выбрать для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определить состав фаз, т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
3. Описать превращения, происходящие в сплаве при охлаждении.
4. Указать название данного сплава, зарисовать микроструктуру сплава с указанием структурных составляющих, входящих в состав данного сплава.

#### **Занятие 5. Номенклатура машиностроительных и авиационных материалов. Система и принципы их маркировки. Основы принципов рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в авиа- и машиностроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии. Решение задач. (4 час.)**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

1. Номенклатура машиностроительных и авиационных материалов. Разработка интеллект-карты
2. Система и принципы маркировки машиностроительных и авиационных материалов
3. Основы принципов рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в авиа- и машиностроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии.
4. Разработка методики решения задач

5. Решение задач

**Занятие 6. Критерии рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях (3 час.)**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

1. Понятие о долговечности и надежности элементов авиационных конструкций
2. Критерии рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций
3. Разработка методики решения задач
4. Решение задач

**Лабораторные работы (18/ 8/ 8 час.)**

**Лабораторная работа №1. Научные исследования по макроанализу деталей и элементов авиационных конструкций.**

**Аддитивные технологии и бионический дизайн в авиакосмической отрасли (2/ - / - час.)**

**Лабораторная работа №2. Ознакомление с устройством и работа на металлографическом микроскопе. (2/ 4/ 4 час.)**

**Лабораторная работа №3. Испытания авиационных материалов на твердость по методу Бринелля. (2/ 2/ 2 час.)**

**Лабораторная работа №4. Испытания авиационных материалов на твердость по методу Роквелла. (2/ 2/ 2 час.)**

**Лабораторная работа №5. Исследование микроструктуры и свойств стали в равновесном состоянии и исследование вопроса влияния содержания углерода на структуру и свойства углеродистой стали. (2 / - / - час.)**

**Лабораторная работа №6. Термообработка сталей. Исследование влияния термообработки на структуру и свойства сталей. (4/ -/ - час.)**

**Лабораторная работа №7. Исследование влияния термообработки и модифицирования на свойства сплавов на основе алюминия. (4/ -/ - час.)**

**Для групп заочной формы обучения, в том числе, с ускоренным обучением возможен второй вариант лабораторных работ: Лабораторная работа №1. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Бринелля. (2/ 2 час.)**

**Лабораторная работа №2. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Роквелла. (2/ 2 час.)**

**Лабораторная работа №3. Испытания авиационных материалов на ударную вязкость (2/ 2 час.)**

Для групп на базе СПО зачтено 72 час.

Темы учебной дисциплины для перезачёта:

1. Закономерности формирования структуры материалов – 2 час.
2. Общая классификация машиностроительных и авиационных материалов – 2 час.
3. Основы рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в машино- и авиастроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии – 2 час.
4. Кристаллические и аморфные тела – 2 час.
5. Формирование структуры литых металлов – 2 час.
6. Кристаллизация металлов – 2 час.

7. Пластическое деформирование моно- и поликристаллов – 2 час.
8. Наклеп, возврат и рекристаллизация – 2 час.
9. Механические свойства материалов – 2 час.
10. Теория сплавов – 2 час.
11. Диаграммы состояния сплавов – 2 час.
12. Диаграммы состояния сплавов – 2 час.
13. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов – 2 час.
14. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства сталей – 2 час.
15. Углеродистые стали и чугуны – 2 час.
16. Основы теории термической обработки – 2 час.
17. Технология термической обработки стали – 2 час.
18. Химико-термическая обработка – 4 час.
19. Легированные стали – 4 час.
20. Классификация и маркировка легированных сталей – 2 час.
21. Стали и сплавы с особыми свойствами – 2 час.
22. Классификация сталей и сплавов с особыми свойствами. Требования, Группы, марки, свойства, область применения – 2 час.
23. Классификация инструментальных сталей и сплавов. Критерии выбора. Требования к инструментальным сталям и сплавам. Группы, марки, свойства, область применения – 4 час.
24. Алюминий, сплавы на основе алюминия – 2 час.
25. Классификация, маркировка, химический состав и свойства сплавов на основе алюминия, термообработка сплавов на основе алюминия – 2 час.
26. Сплавы на основе титана и магния – 2 час.
27. Сплавы на основе меди и антифрикционные материалы – 2 час.
28. Неметаллические материалы – 2 час.
29. Полимеры и пластмассы – 2 час.
30. Резиновые материалы. Лаки. Клеи. Герметики – 2 час.
31. Композиционные материалы – 4 час.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Материаловедение» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация. экзамен	
1	Раздел I. Строение и свойства материалов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.6, 7,8,9
			умеет	ПР-6	в.5,43
			владеет	ПР-6	в.5,43
2	Раздел II. Формирование структуры литых металлов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.10
			умеет	ПР-6	в.5, 46
			владеет	ПР-6	в.5, 46
3	Раздел III. Формирование структуры деформированных металлов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.3, 4, 16,17
			умеет	ПР-6, ПР-11	в.4
			владеет	ПР-6, ПР-11	в.4
4	Раздел IV. Теория сплавов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.11, 12,13, 14, 15
			умеет	ПР-6, ПР-11	в.5
			владеет	ПР-6, ПР-11	в.5
5	Раздел V. Диаграмма состояния	ОПК-4 ОПК-6	знает	УО-1	в.18,19
			умеет	ПР-6, ПР-11	в.5

	железоуглеродистых сплавов	ПК-1	владеет	ПР-6, ПР-11	в. 5
6	Раздел VI. Теория термической обработки стали	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 23, 24, 25... 33
			умеет	ПР-6, ПР-11	в. 30, 45, 46
			владеет	ПР-6, ПР-11	в. 30, 45, 46
7	МОДУЛЬ II. Машиностроительные и авиационные материалы Раздел I. Легированные стали	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 34, 35, 36
			умеет	ПР-6	в. 45, 46
			владеет	ПР-6	в. 45, 46
8	Раздел II. Лёгкие металлы и сплавы	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 38, 39, 40, 41
			умеет	ПР-6, ПР-11	п. 45, 46
			владеет	ПР-6, ПР-11	в. 45, 46
9	Раздел III. Сплавы на основе меди и антифрикционные материалы	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 37,
			умеет	ПР-1	в. 45, 46
			владеет	ПР-1	в. 45, 46
10	Раздел IV. Неметаллические материалы	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 43
			умеет	ПР-1	в. 45, 46
			владеет	ПР-1	в. 44, 45 п. 45, 46
11	Раздел V. Композиционные материалы (КМ)	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 44
			умеет	ПР-1	в. 45, 46
			владеет	ПР-1	в. 45, 46

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Адаскин А.М., Красновский А.Н. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов: учебник / А.М. Адаскин, А.Н. Красновский. – М.: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2016. – 400 с. [Электронный ресурс.] Режим доступа – Доступ осуществляется с компьютеров, подключенных к сети ДВФУ  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=544502>
2. Материаловедение : учеб. пособие для вузов / под ред. Л.В. Тарасенко. – М. : НИЦ Инфра-М, 2012. – 475 с. [Электронный ресурс.] Режим доступа – Доступ осуществляется с компьютеров, подключенных к сети ДВФУ  
<http://znanium.com/bookread.php?book=257400>
3. Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. [Электронный ресурс] Режим доступа – Доступ осуществляется с компьютеров, подключенных к сети ДВФУ  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>
4. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Круглов, В. И. Ершов, А. С. Чумадин и др. - М.: Логос, 2011. - 432 с. – Режим доступа:  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=468969>

### Дополнительная литература

1. Материаловедение в машиностроении : учеб. пособие / В.П. Дмитренко, Н.Б. Мануйлова. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 432 с. [Электронный ресурс.] Режим доступа – Доступ осуществляется с компьютеров, подключенных к сети ДВФУ

<http://znanium.com/bookread2.php?book=791863>

2. Черепяхин, А.А. Материаловедение: учебник / Черепяхин А.А., Смолькин А.А. - М.:КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 288 с. [Электронный ресурс.]  
Режим доступа – Доступ осуществляется с компьютеров, подключенных к сети ДВФУ

<http://znanium.com/bookread2.php?book=550194>

3. Кожухар, В. М. Основы научных исследований [Электронный ресурс] :  
Учебное пособие / В. М. Кожухар. - М.: Дашков и К, 2013. - 216 с. – Режим  
доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=415587>

4. Основы научных исследований (Общий курс): [Электронный ресурс]  
Учебное пособие / В.В. Космин. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М,  
2014. - 214 с. – Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=487325>

5. Основы научных исследований [Электронный ресурс] / Б.И. Герасимов,  
В.В. Дробышева, Н.В. Злобина и др. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. -  
272 с – Режим доступа:

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390595>

### **Нормативно-правовые материалы**

1. Открытая база ГОСТов. [Электронный ресурс] Режим доступа.

<http://standartgost.ru/>

2. Отраслевые стандарты ОСТ. [Электронный ресурс] Режим доступа.

<http://normativ.info/ost/ost.html>

3. ГОСТ 7.32-2001. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и  
правила оформления. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 15 с.

4. ГОСТ Р.7.05-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила  
составления. – М.: Стандартинформ, 2008. – 19 с.

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека НЭБ

<http://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery>

2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»

<http://e.lanbook.com/>

3. ЭБС «Консультант студента»

<http://www.studentlibrary.ru/>

4. ЭБС znanium.com НИЦ «ИНФРА-М»

<http://znanium.com/>

5. Научная библиотека ДВФУ публичный онлайн каталог

<http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

6. Информационная система ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам

<http://window.edu.ru/resource>

7. ЭБС IPRbooks

<http://www.iprbookshop.ru/>

8. Марочник стали и сплавов. [Электронный ресурс]

Содержит сведения о классификации, назначении, заменителях, аналогах, химическом составе, температуре критических точек, механических, физических, технологических и литейных свойствах 3221 сплавов. Возможен поиск материалов по заданному химическому составу или свойствам. Режим доступа.

<http://www.splav-kharkov.com/main.php>

Центральный металлический портал РФ

Конкретную марку стали, цветного металла можно найти при помощи ПОИСКА на данном портале. В марочнике сплавов перечислены основные марки стали, марки чугуна, марки алюминия и других широко используемых в

производстве металлов и их сплавов. Основы [расшифровки марок сталей](#) приведены в статье по ссылке. [Электронный ресурс] Режим доступа.

[http://metallicheckiyportal.ru/marki\\_metallov/sti/instrymentalnava\\_vglerodistava\\_stal](http://metallicheckiyportal.ru/marki_metallov/sti/instrymentalnava_vglerodistava_stal)

9. Книги, лекции, методические материалы по материаловедению. [Электронный ресурс] Режим доступа.

<http://www.materialscience.ru/subjects/materialovedenie/>

10. Учебные фильмы по материаловедению [Электронный ресурс] Режим доступа

<http://www.youtube.com/playlist?list=PLF5D72C59F3D8DAB9>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Программное обеспечение.

1. Altami PhotoKit
2. Windows 7
3. MS Office.
4. Siemens NX
5. Компас 3D

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на  
изучение дисциплины

Овладением необходимыми профессиональными знаниями, умениями и навыками должно завершиться изучение дисциплины. Данный результат может быть достигнут только после значительных усилий. При этом важное значение имеют не только старание и способности, но и хорошо продуманная организация труда студента, и прежде всего правильная организация времени.

По каждой теме дисциплины «Материаловедение» предполагается проведение аудиторных занятий: чтение лекций, проведение практических занятий и проведение лабораторных работ. Большое значение имеет и самостоятельная работа студентов. самостоятельная работа студентов включает в себя следующие виды работ: работа с научной литературой при изучении тем, предназначенных к самостоятельному изучению; работа с лекционным материалом и литературой при подготовке к проведению лабораторных работ и их защите; работа с лекционным материалом и литературой при подготовке к практическим работам и их защите; подготовка к экзамену, выполнение научно-исследовательской работы.

Время, на изучение дисциплины и планирование объема времени на самостоятельную работу студента отводится согласно рабочему учебному плану данного направления. Предусматриваются также активные формы обучения, такие как, исследовательские лабораторные работы с элементами имитационной профессиональной деятельности, практические занятия с элементами имитационной профессиональной деятельности, решение задач с анализом конкретных производственных ситуаций, составление интеллект карт и др.

Для сокращения затрат времени на изучение дисциплины в первую очередь, необходимо своевременно выяснить, какой объем информации следует усвоить, какие умения приобрести для успешного освоения дисциплины, какие задания выполнить для того, чтобы получить достойную оценку. Сведения об этом: списки рекомендуемой и дополнительной литературы, темы лабораторных работ, практических занятий, тестовые задания, а также другие необходимые материалы имеются в разработанной рабочей учебной программы дисциплины.

Регулярное посещение лекций и практических занятий не только способствует успешному овладению профессиональными знаниями, но и помогает наилучшим образом организовать время, т.к. все виды занятий распределены в семестре планомерно, с учетом необходимых временных

затрат. Важная роль в планировании и организации времени на изучение дисциплины отводится знакомству с планом-графиком выполнения самостоятельной работы студентов по данной дисциплине. В нем содержится виды самостоятельной работы для всех разделов дисциплины, указаны примерные нормы времени на выполнение и сроки сдачи заданий.

Чтобы содержательная информация по дисциплине запоминалась, целесообразно изучать ее поэтапно – по темам и в строгой последовательности, поскольку последующие темы, как правило, опираются на предыдущие. При подготовке к практическим занятиям целесообразно за несколько дней до занятия внимательно 1..2 раза прочесть нужную тему, попытавшись разобраться со всеми теоретико-методическими положениями и примерами. Для более глубокого усвоения учебного материала крайне важно обратиться за помощью к основной и дополнительной учебной, справочной литературе или к преподавателю за консультацией. Консультации проводятся еженедельно по расписанию. За день до практического занятия или лабораторной работы крайне важно повторить определения базовых понятий, классификации, структуры и другие базовые положения.

Важной частью работы студента является знакомство с рекомендуемой и дополнительной литературой, поскольку лекционный материал, при всей его важности для процесса изучения дисциплины, содержит лишь минимум необходимых теоретических сведений. Высшее образование предполагает более глубокое знание предмета. Кроме того, оно предполагает не только усвоение информации, но и формирование навыков исследовательской работы. Для этого необходимо изучать и самостоятельно анализировать статьи периодических изданий и Интернет-ресурсы.

Работу по конспектированию дополнительной литературы следует выполнять, предварительно изучив планы практических занятий. В этом случае ничего не будет упущено и студенту не придется возвращаться к знакомству с источником повторно. Правильная организация работы, чему должны способствовать данные выше рекомендации, позволит студенту

своевременно выполнить все задания, получить достойную оценку и избежать, таким образом, необходимости тратить время на переподготовку и передачу предмета.

Подготовленный студент легко следит за мыслью преподавателя, что позволяет быстрее запоминать новые понятия, сущность которых выявляется в контексте лекции. Повторение материала облегчает в дальнейшем подготовку к экзамену.

Студентам рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины «Материаловедение»:

- изучение конспекта лекции в тот же день после лекции – 10 ... 15 минут;
- повторение лекции за день перед следующей лекцией – 10 ... 15 минут;
- изучение теоретического материала по рекомендуемой литературе и конспекту – 0,5 час в неделю;
- подготовка к практическому занятию или лабораторной работе – 0,4 часа.

Тогда общие затраты времени на освоение курса «Материаловедение» студентами составят около 1,4 часа в неделю.

#### Описание последовательности действий обучающихся, или алгоритм изучения дисциплины

Учебный процесс студента по дисциплине «Материаловедение» сводится в последовательном изучении тем аудиторных занятий: лекционных, лабораторных и практических. На основе лекционных занятий, студент переходит к выполнению практических и лабораторных работ. Кроме того, для углубленного изучения определенной темы студентом самостоятельно выполняется задания согласно методических указаний по самостоятельной работе.

Освоение дисциплины «Материаловедение» включает несколько составных элементов учебной деятельности.

1. Внимательное чтение рабочей программы дисциплины, что помогает целостно увидеть структуру изучаемых вопросов.

2. Изучение методических рекомендаций по самостоятельной работе студентов.

3. Важнейшей составной частью освоения дисциплины является посещение лекций (обязательное) и их конспектирование.

Глубокому освоению лекционного материала способствует предварительная подготовка, включающая чтение предыдущей лекции, работу с учебной литературой, учебными пособиями и научными материалами.

Обязательное составление интеллект-карт по разделам учебного материала, связанного с системой маркировки сталей и сплавов, их свойствами и термообработкой.

Обязательное ведение глоссария, т.к. при изучении дисциплины материаловедение студенты знакомятся с совершенно новыми для них понятиями и терминами, поэтому ведение глоссария поможет запомнить новые термины и определения по дисциплине.

Регулярная подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам, активная работа на занятиях, включающая:

1. Повторение материала лекции по теме практического занятия или лабораторной работы. Составить интеллект карту по теме.
2. Знакомство с планом занятия и списком основной и дополнительной литературы, с рекомендациями преподавателя по подготовке к занятию
3. Изучение научных сведений по данной теме в разных учебных пособиях и научных материалах
4. Чтение первоисточников и предлагаемой дополнительной литературы;
5. Выписывание основных терминов по теме, нахождение их объяснения в технических словарях и ведение глоссария
6. Составление конспекта, при необходимости, плана ответа на основные вопросы практического занятия, составление схем, таблиц, интеллект карт
7. Посещение консультаций преподавателя с целью выяснения возникших сложных вопросов при подготовке к занятию, передаче контрольных заданий.

8. Подготовка к устным опросам, самостоятельным и контрольным работам.
9. Самостоятельная проработка тем, не излагаемых на лекциях. Написание конспекта по рекомендуемым преподавателем источникам.
10. Подготовка к экзамену (в течение семестра), повторение материала всего курса дисциплины «Материаловедение».

При непосещении студентом определенных занятий, по уважительной причине, студентом отрабатывается материал на занятиях, при этом баллы за данное занятие не снижаются. Если же уважительность пропущенного занятия студентом документально не подтверждается, в таких случаях баллы по успеваемости снижаются. В целях уточнения материала по определенной теме студент может посетить часы консультации преподавателя, согласно графику. По окончании курса студент проходит промежуточный контроль знаний по данной дисциплине в форме экзамена.

Таким образом, при изучении курса «Материаловедение» следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 ... 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 ... 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с рекомендуемой литературой и для решения задач (по 1 часу).
4. При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по теме занятия, изучить примеры. Решая задачу, – предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 ... 2 практические задачи.

## Рекомендации по ведению конспектов лекций

Конспектирование лекции – важный шаг в запоминании материала, поэтому конспект лекций необходимо иметь каждому студенту. Задача студента на лекции – одновременно слушать преподавателя, анализировать и конспектировать информацию. При этом как свидетельствует практика, не нужно стремиться вести дословную запись. Таким образом, лекцию преподавателя можно конспектировать, при этом важно не только внимательно слушать лектора, но и выделять наиболее важную информацию и сокращенно записывать ее. При этом одно и то же содержание фиксируется в сознании четыре раза: во-первых, при самом слушании; во-вторых, когда выделяется главная мысль; в-третьих, когда подыскивается обобщающая фраза, и, наконец, при записи. Материал запоминается более полно, точно и прочно.

Хороший конспект – залог четких ответов на занятиях, хорошего выполнения устных опросов, самостоятельных и контрольных работ. Значимость конспектирования на лекционных занятиях несомненна. Проверено, что составление эффективного конспекта лекций может сократить в четыре раза время, необходимое для полного восстановления нужной информации. Для экономии времени, перед каждой лекцией необходимо внимательно прочитать материал предыдущей лекции, внести исправления, выделить важные аспекты изучаемого материала

Конспект помогает не только лучше усваивать материал на лекции, он оказывается незаменим при подготовке экзамену. Следовательно, студенту в дальнейшем важно уметь оформить конспект так, чтобы важные моменты культурологической идеи были выделены графически, а главную информацию следует выделять в самостоятельные абзацы, фиксируя ее более крупными буквами или цветными маркерами. Конспект должен иметь поля для заметок. Это могут быть библиографические ссылки и, наконец, собственные комментарии.

## **Настоятельно рекомендую составлять интеллект-карты по изучаемому учебному материалу**

### Рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практические занятия являются одним из видов занятий при изучении курса дисциплины «Материаловедение» и включают самостоятельную подготовку студентов по заранее предложенному плану темы, конспектирование предложенной литературы, составление схем, таблиц, работу со словарями, учебными пособиями, первоисточниками, решение задач и проблемных ситуаций, работу с рабочими чертежами авиационных деталей. Работа по чертежам авиационных деталей особенно важна, т.к. относится к профессиональным знаниям.

Целью практических занятий является закрепление, расширение, углубление теоретических знаний, полученных на лекциях и в ходе самостоятельной работы, развитие познавательных способностей, проведение научно-исследовательской работы.

Задачей практического занятия является формирование у студентов навыков самостоятельного мышления и публичного выступления при изучении темы, умения обобщать и анализировать фактический материал, сравнивать различные точки зрения, определять и аргументировать собственную позицию. Основой этого вида занятий является изучение первоисточников, повторение теоретического материала, решение проблемно-поисковых вопросов. В процессе подготовки к практическим занятиям студент учится:

1. Самостоятельно работать с научной, учебной литературой, научными изданиями, справочниками и специальными Интернет-ресурсами
2. Находить, отбирать и обобщать, анализировать информацию
3. Выступать перед аудиторией

Самоподготовка к практическим занятиям включает такие виды деятельности как:

1. Самостоятельная проработка конспекта лекции, учебников, учебных пособий, учебно-методической литературы
2. Конспектирование обязательной литературы; работа с первоисточниками, что является основой для обмена мнениями, выявления непонятого
3. Выступления с докладами (домашними заданиями и их защита)
4. Подготовка к опросам и контрольным работам и экзамену.

Собранные сведения, источники по определенной теме могут служить основой для выступления с докладом на занятиях по дисциплине «Материаловедение».

Доклад – вид самостоятельной научно-исследовательской работы, где автор раскрывает сущность исследуемой проблемы; приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Различают устный и письменный доклад (по содержанию, близкий к реферату). Выступление с докладом выявляет умение работать с литературой; способность раскрыть сущность поставленной проблемы коллегам по группе, ее актуальность; общую подготовку в рамках дисциплины.

#### Рекомендации по работе с литературой

Приступая к изучению дисциплины «Материаловедение», студенты должны не только ознакомиться с рабочей учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в научной библиотеке ДВФУ, но и обратиться к рекомендованным электронным учебникам и учебно-методическим пособиям, завести две тетради для конспектирования лекций и работы с первоисточниками. Самостоятельная работа с учебниками и книгами – это важнейшее условие формирования у студента научного способа познания. Учитывая, что работа студентов с литературой, в частности, с первоисточниками, вызывает определенные трудности, методические рекомендации указывают на методы работы с ней.

Во-первых, следует ознакомиться с планом и рекомендациями преподавателя, данными к практическому занятию. Во-вторых, необходимо проработать конспект лекций, основную литературу, ознакомиться с

дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях, а также дополнительно использовать интернет-ресурсы. Список обязательной и дополнительной литературы, включающий первоисточники, научные статьи, учебники, учебные пособия, словари, энциклопедии, представлен в рабочей учебной программе данной дисциплины, а также в электронном варианте курса в системе LMS Blackboard. В-третьих, все прочитанные статьи, первоисточники, указанные в списке основной литературы, следует законспектировать. Вместе с тем это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц и источника). Законспектированный материал поможет проанализировать различные точки зрения по спорным вопросам и аргументировать собственную позицию, будет способствовать выработке собственного мнения по проблеме.

Конспектирование первоисточников предполагает краткое, лаконичное письменное изложение основного содержания, смысла (доминанты) какого-либо текста. Вместе с тем этот процесс требует активной мыслительной работы. Конспектируемый материал содержит информацию трех видов: главную, второстепенную и вспомогательную. Главной является информация, имеющая основное значение для раскрытия сущности того или иного вопроса, темы. Второстепенная информация служит для пояснения, уточнения главной мысли. К этому типу информации относятся разного рода комментарии. Назначение вспомогательной информации – помочь читателю лучше понять данный материал. Это всякого рода напоминания о ранее излагавшемся материале, заголовки, вопросы.

Работая над текстом, следует избегать механического переписывания текста. Важно выделять главные положения, фиксирование которых сопровождается, в случае необходимости, цитатами. Вспомогательную информацию при конспектировании не записывают. В конспекте необходимо указывать источник в такой последовательности: 1) автор; 2) название

работы; 3) место издания; 4) название издательств; 5) год издания; 6) нумерация страниц (на полях конспекта). Эти данные позволят быстро найти источник, уточнить необходимую информацию при подготовке к опросу, тестированию. к контрольной работе. Усвоению нового материала неоценимую помощь оказывают собственные схемы, рисунки, таблицы, графическое выделение важной мысли. На каждой странице конспекта возможно выделение трех-четырех важных моментов по определенной теме. Необходимо в конспекте отражать сущность проблемы, поставленного вопроса, что служит решению поставленной на практическом занятии задаче. Если Вы чувствуете, что не владеете навыком устного изложения, составляйте подробный план материала, который будете излагать. Но только план, а не подробный ответ, т.к. в этом случае Вы будете его читать. Старайтесь отвечать, придерживаясь пунктов плана. Старайтесь не волноваться. Говорите внятно при ответе, не употребляйте слова-паразиты. Преодолевайте боязнь выступлений. Смелее вступайте в полемику и не страдайте, если Вам не удастся в ней победить.

Консультирование преподавателем. Назначение консультации – помочь студенту в организации самостоятельной работы, в отборе необходимой дополнительной литературы, содействовать разрешению возникших вопросов, проблем по содержанию или методике преподавания, а также проверке знаний студента пропущенного занятия. Обычно консультации, которые проходят в форме беседы студентов с преподавателем имеют факультативный характер, т.е. не являются обязательными для посещения. Консультация как дополнительная форма учебных занятий предоставляет студентам возможность разъяснить вопросы, возникшие на лекции, при подготовке к практическим занятиям или экзамену, при написании студенческой научной работы, при самостоятельном изучении материала.

В любом случае, если Вы собрались идти на консультацию:

постарайтесь заранее четко сформулировать свой вопрос (или вопросы);

задавая вопрос преподавателю, покажите, что Вы самостоятельно сделали для его разъяснения.

#### Рекомендации по подготовке к экзамену

Разъяснения по поводу работы с рейтинговой системой и подготовке к экзамену

Рейтинговая система представляет собой один из очень эффективных методов организации учебного процесса, стимулирующего заинтересованную работу студентов, что происходит за счет организации перехода к саморазвитию обучающегося и самосовершенствованию как ведущей цели обучения, за счет предоставления возможности развивать в себе самооценку. В конечном итоге это повышает объективность в оценке знаний.

При использовании данной системы весь курс по предмету разбивается на тематические разделы. По окончании изучения каждого из разделов обязательно проводится контроль знаний студента с оценкой в баллах. По окончании изучения курса определяется сумма набранных за весь период баллов и выставляется общая оценка, и студент получает допуск к экзамену. В целях оперативного контроля уровня усвоения материала дисциплины «Материаловедение» и стимулирования активной учебной деятельности студентов (очной формы обучения) используется рейтинговая система оценки успеваемости. В соответствии с этой системой оценки студенту в ходе изучения дисциплины предоставляется возможность набрать определенный минимум баллов за текущую работу в семестре. Результирующая оценка по дисциплине «Материаловедение» складывается из суммы баллов текущего контроля и результата сдачи экзамена

«Автоматический» экзамен по дисциплине не выставляется. Формой промежуточного контроля знаний студентов по дисциплине «Материаловедение» является экзамен. Подготовка к экзамену и успешное освоение материала дисциплины начинается с первого дня изучения дисциплины и требует от студента систематической работы:

1. Не пропускать аудиторные занятия (лекции, практические занятия)

2. Активно участвовать в работе (выступать с сообщениями, проявляя себя в роли докладчика и в роли оппонента, выполнять все требования преподавателя по изучению курса, приходить подготовленными к практическим занятиям и лабораторным работам)

3. Своевременно выполнять контрольные работы, сдавать тестовые задания

4. Регулярно систематизировать материал записей лекционных, практических занятий: написание содержания занятий с указанием страниц, выделением (подчеркиванием, цветовым оформлением) тем занятий, составление своих схем, таблиц, интеллект-карт

Подготовка к экзамену предполагает самостоятельное повторение ранее изученного материала не только теоретического, но и практического.

Систематическая и своевременная работа по освоению материалов по дисциплине «Материаловедение» становится залогом получения высокой оценки знаний (в соответствии с рейтинговой системой оценок).

Студенты готовятся к экзамену согласно вопросам к экзамену. На экзамены студенты должны показать, что материал курса ими освоен. При подготовке к экзамену студенту необходимо (вопросы к экзамену выдаются в начале семестра):

- ознакомиться с предложенным списком вопросов
- повторить теоретический материал дисциплины, используя материал лекций, отчётов по лабораторным работам, практических занятий, учебников, учебных пособий
- повторить основные понятия и термины дисциплины

В экзаменационном билете по дисциплине «Материаловедение» предлагается два задания в виде вопросов, носящих теоретический характер и один вопрос практический, а именно: работа по чертежу авиационной детали или решение задачи. Время на подготовку к экзамену устанавливается в соответствии с общими требованиями, принятыми в ДВФУ.

Рекомендации по работе с чертежами авиационных деталей.

Рабочий чертёж – это тот первый основной инженерный конструкторский документ, с которым работают студенты старших курсов при изучении специальных и общепрофессиональных дисциплин, таких как: детали машин и основы конструирования, проектирование самолётов (вертолётов), конструкция самолётов (вертолётов), технология производства самолётов (вертолётов) и других. С рабочими чертежами студенты работают при выполнении курсовых и дипломных проектов, при прохождении учебной и других видов практики, предусмотренных государственным образовательным стандартом высшего образования. Практические навыки, сформированные при выполнении данного комплекса заданий, необходимы и в процессе будущей производственной деятельности любого бакалавра. Бакалавр должен уметь читать чертёж, правильно понимать замысел конструктора, получать полное представление не только о форме, размерах, но и о материале, из которого изготовлена данная деталь или узел, а также о других требованиях, предъявляемых к готовому изделию, в частности по термообработке, защите детали от коррозии.

Содержание заданий по рабочему чертежу детали.

Руководствуясь информацией, заложенной в чертеже детали, провести информационный поиск и ответить на следующие вопросы:

1. Провести анализ геометрической формы и конструктивных особенностей детали.
2. Дать характеристику материала детали, расшифровать, выполнить анализ механических и технологических свойств материала.
3. Назначить режим термообработки (Т.О.), построить график Т.О. На соответствующей диаграмме состояния компонентов указать температуры нагрева при Т.О. Дать определения выбранным видам Т.О., выполнить анализ влияния Т.О. на структуру и свойства материала.

4. Указать способ защиты от коррозии. Провести его анализ, описать способы получения и свойства антикоррозийных покрытий.

5. Указать критерии выбора инструментального материала для изготовления режущего инструмента. Выбрать марку инструментального материала для изготовления инструмента для обработки поверхности детали \_\_\_\_\_ (по указанию преподавателя). Провести анализ свойств выбранного инструментального материала. Дать характеристику, расшифровать, указать свойства выбранного инструментального материала.

6. Выбрать наиболее эффективный метод упрочнения рабочих поверхностей режущего инструмента, положительно влияющий на работоспособность инструмента.

7. Выбрать и описать метод неразрушающего контроля детали.

Перед выполнением задания необходимо тщательно изучить чертёж. Вся информация, которая необходима для выполнения задания, находится на чертеже.

В основной надписи указан номер чертежа, название детали, масса детали (кг), масштаб, в котором выполнен чертёж, марка материала.

В технических требованиях указаны: требования к материалу, заготовке, термической обработке, требования к качеству поверхностей, указания к их отделке, сведения о покрытии; размеры, их предельные отклонения, предельные отклонения формы взаимного расположения поверхностей, условия и методы испытаний, указания о маркировании и клеймении; правила упаковки, транспортирования и хранения детали.

### **Методические рекомендации по выполнению научно-исследовательских работ**

Важнейшим элементом развития системы высшего образования является подготовка молодых специалистов, для которой необходима система организации научно-исследовательской деятельности студентов в вузах.

Целью научно-исследовательской работы студентов по специальности 24.05.07 Самолёто- вертолётостроение специализация «Вертолётостроение»

является формирование квалифицированного кадрового ресурса, способного использовать полученные знания в области «Материаловедения» в профессиональной деятельности.

Кроме того, научно-исследовательская деятельность обучающихся относится к активным методам обучения – деятельность, главной целью которой является образовательный результат, она направлена на обучение студентов, развитие у них исследовательского типа мышления, научение алгоритму ведения исследования, навыкам, которые могут быть затем использованы в исследовании любой сложности и тематики. Организация НИРС направлена на выявление наиболее одаренных студентов, имеющих выраженную мотивацию к научной деятельности; создание благоприятных условий для развития и внедрения различных форм научного творчества молодежи, базирующихся на отечественном и зарубежном опыте и результатах научно-методических разработок; содействие всестороннему развитию личности студента, формированию навыков самостоятельной работы и работы в творческих коллективах, овладение методологией научных исследований; интеграцию научно-практических потенциалов преподавателей и студентов, направленную на решение научно-практических проблем в различных отраслях науки.

Часть лучших работ, выполненных в процессе изучения дисциплины «Материаловедение», будет представлено на научно-практической конференции.

НИРС, включенная в учебный процесс по дисциплине «Материаловедение», выполняемая в соответствии с учебными планами и программами предусматривает: выполнение индивидуальных заданий, лабораторных работ, содержащих элементы научных исследований; изучение теоретических основ методики, постановки, организации и выполнения научных исследований, планирования и организации научного эксперимента, обработки научных данных. НИРС выполняется в

лаборатории «Материаловедения» кафедры «Самолёто- и вертолётостроения» филиала.

### **Этапы проведения научного исследования студента**

При подготовке и проведении исследования выделяют несколько этапов, которые отличаются друг от друга характером и содержанием, формами и процедурами исследовательской деятельности. Эти этапы взаимосвязаны и объединены логикой единого исследовательского замысла.

#### **I. Подготовительный этап**

На этом этапе уточняется тема, составляется программа исследования, определяется выборка, разрабатывается инструментарий, составляются графики работ, проводятся организационные мероприятия.

Рабочий план имеет произвольную форму. Перед составлением рабочего плана необходимо уяснить очередность и логическую последовательность выполнения намечаемых задач исследования, разработать стратегию и тактику выполнения научного исследования по своей работе.

Для того, чтобы правильно провести исследование, необходимо разработать программу, в которой должна быть изложена общая концепция исследования. Программа включает следующие этапы:

##### **1. Определение проблемы**

Определить научную проблему исследования – не всегда простая задача. Очень важно обдуманно подходить к формулировке темы исследования, чтобы заявленная тема действительно отражала существующую проблему.

##### **2. Выявление объекта исследования**

Объект – это та область действительности, которая содержит определенные противоречия (т.е. является носителем проблемной ситуации) и на которую направлен процесс познания. Иными словами, то, на что направлено исследование.

##### **3. Выявление предмета исследования**

Предмет – это свойства, стороны, особенности объекта, которые в наиболее полном виде выражают исследуемую проблему и подлежат изучению.

#### 4. Обозначение цели исследования

Цель исследования должна ориентировать на конечный результат исследования.

#### 5. Определение задач

Задачи исследования – необходимые средства реализации поставленной цели.

Невозможно в одном исследовании решить далеко разнесенные задачи. Они должны конкретизировать цель исследования, задавать рамки.

#### 5. Выдвижение гипотез

Гипотеза – научное предположение о состоянии объекта, о структуре связей между составляющими его элементами. Если цель исследования – это вопрос, то гипотеза – предполагаемый ответ на этот вопрос. В процессе исследования гипотеза может подтвердиться, а может опровергнуться. Главные требования к гипотезе – научная обоснованность, соответствие ранее установленным фактам, принципиальная проверяемость.

#### 6. Интерпретация понятий

Интерпретация понятий – процедура истолкования, уточнения смысла понятий, составляющих концептуальную схему исследования.

После того, как разработана программа, следует приступить к разработке инструментария исследования, соответствующего выбранному методу сбора информации.

#### Сбор научной информации

1. Определение основных источников научной информации.

2. Изучение литературы.

Работая с литературой, обращайтесь внимание на следующее:

1. Общую характеристику области исследования

2. Классификацию основных направлений исследований в данной области, практически используемые и находящиеся в стадии разработки направления

4. Различные точки зрения на разрешение проблемы

3. Результаты существующих исследований по каждому разделу классификации, по используемому методу,

4. Применяемый научный аппарат.

При работе с литературой удобно пользоваться карточками (компьютерными файлами), в которые помимо библиографических данных включается краткая аннотация статьи или книги, ваше отношение к ней, возможность использования в работе.

Просмотрите всю известную литературу по вашей теме и составьте файлы, потом переходите к подробному изучению отобранных источников.

Делайте пометки и замечания в файлах.

С осторожностью относитесь к цитатам. Собранную информацию группируйте по главам, параграфам и разделам. Удобно пользоваться для этих целей отдельными папками.

### **Написание и оформление научных работ**

**Общими требованиями**, предъявляемыми к студенческой научной работе, являются:

1. Четкость построения, логическая последовательность излагаемого материала
2. Убедительная аргументация, краткость и точность формулировок, конкретность изложения результатов работы, убедительность выводов и обоснованность рекомендаций
3. Практическая значимость
4. Тщательность и аккуратность оформления.

**Структура** студенческой научной работы аналогична структуре дипломной и курсовой работ и содержит:

1. Титульный лист
2. Реферат
3. Отзыв научного руководителя
4. Содержание

5. Перечень сокращений, условных обозначений, символов, единиц и терминов
6. Введение
7. Основная часть
8. Заключение
9. Список использованных источников
10. Приложения.

Титульный лист оформляется, как для курсовой работы, только вместо «курсовая работа» следует писать «научная работа».

Отзыв научного руководителя входит в структуру работы и брошюруется. Отзыв следует оформлять в соответствии с требованиями по оформлению дипломной работы

Принятые в научной работе малораспространенные сокращения, условные обозначения, символы, единицы и специфические термины должны быть представлены в виде отдельного списка.

**Основная часть** работы должна отражать следующие этапы:

1. Выбор направления исследований
2. Теоретические или экспериментальные исследования
3. Обобщение и оценку результатов исследования.

В соответствии с перечисленными этапами в **основной части** работы необходимо отразить следующее.

Обоснование выбора принятого направления исследования, методы решения задачи их сравнительную оценку, разработку общей методики проведения научных исследований, анализ и обобщение существующих результатов.

Характер и содержание теоретических исследований, обоснование необходимости проведения экспериментальных работ для подтверждения особых положений теоретических исследований или получения конкретных значений параметров, сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями.

Обобщение и оценку результатов исследований, включая оценку полноты решения поставленной задачи и предложения по дальнейшим направлениям работ, оценку достоверности полученных результатов и их сравнение с аналогичными результатами отечественных и зарубежных работ, обоснование необходимости проведения дополнительных исследований, отрицательные результаты, приводящие к необходимости прекращения дальнейших исследований.

Объем научной работы – до 10 страниц машинописного текста, выполненного через 1,5 межстрочных интервала.

### **Представление результатов исследования**

1. Написание статей.
2. Участие в конференциях.

## **ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ НАД НАУЧНЫМ ИССЛЕДОВАНИЕМ**

### **Написание научной работы.**

Научная работа должна показать ваше умение сжато, логично и аргументировано излагать мысли. Поэтому добейтесь, чтобы между главами и параграфами чётко просматривалась связь, была выявлена логика исследования. Каждый тезис должен "работать" на конечный результат, обосновывая, доказывая его объективность и необходимость. При написании текста задавайте себе вопрос: "Нужен ли этот материал для решения поставленной задачи?".

В работе должна быть доказана новизна полученных результатов по сравнению с имевшимися исследованиями.

Думайте о предмете исследования постоянно.

Начинайте писать, как только накоплен материал по очередному параграфу или разделу. Используйте целевой подход, т.е. определите цель, результат, к которому вы должны прийти. Сформулируйте примерные выводы. Составьте план параграфа.

На первых порах писать будет нелегко. Очень трудно переносить мысли на бумагу, подбирать слова. Не надо много времени тратить на формулировки, поменьше обращайтесь внимания на литературную сторону. Вы ещё не раз вернетесь к началу и по ходу дела улучшите стиль вашего изложения.

Выбирайте знакомые всем слова. Старайтесь сделать фразы простыми и ясными, тем более, что писать таким образом значительно легче. Используйте общепринятые в науке языковые обороты. Приучите себя пользоваться безличной формой изложения; "в научной работе доказано", "в результате можно получить". В научной литературе принято пользоваться местоимением "Мы"; местоимение "Я" не используется ("мы считаем", "мы доказываем", "по нашему мнению" и т.п.).

Как правило, вызывает трудности начало работы. Поэтому "для разминки" надо потратить несколько минут на повторное прочтение ранее написанного материала и его корректировку. Выбирайте удобные часы работы. Не забывайте об отдыхе.

Обязательна ссылка при использовании чужих материалов.

Задавайте вопросы по исследованию не только научному руководителю, но и другим преподавателям. Их ответы могут навести вас на интересные мысли и идеи.

## **МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Лекционные аудитории Д-201, Д-207
2. Специализированная аудитория – лаборатория материаловедения с отделениями: макро- и микроанализа – Д-205, отделением новых материалов и аддитивных технологий, механических испытаний Д-109, термообработки Д-106.
3. Оборудование:
  - комплект учебно-наглядных пособий: плакаты в электронном виде по различным темам, коллекции различных материалов, учебные кинофильмы

- комплекты заготовок, полученных различными методами: прокаткой, прессованием, волочением, ковкой, различными методами штамповки, литьём, порошковой металлургией, сваркой.
- наборы деталей и узлов машиностроительного назначения, элементы конструкции летательных аппаратов; режущий инструмент
- образцы материалов и неметаллических материалов, композиционных материалов

Технические средства обучения:

- Интерактивная доска TRIUMPH BOARD (Projection) 78" прямой проекции
- Проектор Epson EMP 1810 (Д-201)
- 3-D принтер Micromake, 3-D принтер Prizm Pro V2 Dual
- 3-D сканер Shining 3-D EinScan-SF
- Персональный компьютер – 3 шт., доступ к Интернет
- Электронная библиотека, доступ к Интернет

Специальное оборудование лаборатории материаловедения для выполнения  
лабораторных работ

Наименование оборудования	Модель
1. Комплекс металлографический цифровой	Альтами МЕТ вариант 1
2. Сканер	Epson Perfection V100 Photo s/n J85W027315
3. Фотоаппарат цифровой	Canon A-550
4. Лупы различного увеличения для макроанализа	
5. Микроскоп для макроанализа	МБС-9
6. Микроскоп металлографический 2 шт.	МИМ-7
7. Микроскоп металлографический -2 шт.	МИМ-8
8. Печь лабораторная муфельная	СНОЛ- 1100, Р =3 кВт, f =50 Гц
9. Твёрдомер для испытания на твёрдость по Бринеллю	ТБ-5004
10. Твёрдомер для испытания на твёрдость по Роквеллу	ТР 5006
11. Установка для шлифования и полирования макро- и микрошлифов	
12. Набор химической посуды	
13. Набор химических реактивов	
14. Спирт этиловый	
15. Оснастка для проведения термообработки	



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ФИЛИАЛ ДВФУ В Г. АРСЕНЬЕВЕ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Материаловедение»**

**Специальность 24.05.07 Самолёто- и вертолётостроение**

**Специализация «Вертолётостроение»**

**Форма подготовки очная/ заочная/ заочная ускоренное обучение**

**Арсеньев  
2019**

Самостоятельная работа студента составляет 72/ 126/ 56 час. и включает в себя

выполнение следующих видов работ:

1. Работа с научной литературой при изучении тем, предназначенных к самостоятельному изучению – 12/ 94/ 34час.
2. Работа с лекционным материалом и литературой при подготовке к проведению лабораторных работ и их защите – 5/ 3/ 3 час.
3. Работа с лекционным материалом и литературой при подготовке к практическим занятиям и их защите – 5/ -/ - час.
4. Выполнение контрольной работы – -/ 20/ 20
5. Выполнение научной работы – 23/- / - час.
4. Контроль – 27/ 9/ 9 час.

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час.	Форма контроля
1		Работа с научной литературой при изучении тем, предназначенных к самостоятельному изучению:	12/ 94/ 34	
1.1	2 неделя	Модуль I. Раздел I. Тема 3. Кристаллические и аморфные тела. Параметры кристаллических решёток металлов	1/ 8/ 3	Контроль конспекта Экзамен
1.2	4 неделя	Модуль I. Раздел III. Тема 2. Процессы возврата и полигонизации в сплавах	1/ 8/ 3	Контроль конспекта Экзамен
1.3	6 неделя	Модуль I. Раздел IV. Тема 1. Диаграммы состояния сплавов с перитектическими превращениями	1/ 8/ 3	Защита работы
1.4.	7 неделя	Модуль I. Раздел IV. Тема 2. Диаграммы состояния системы, образующей химическое соединение	1/ 9/ 3	Защита работы
1.5	9 неделя	Модуль I. Раздел V. Тема 2. Углеродистые стали и чугуны	1/ 8/ 3	Контроль конспекта Экзамен
1.6	11 неделя	Модуль I. Раздел VI. Тема 1. Мартенситное превращение, его особенности, влияние легирующих элементов на мартенситное превращение	1/ 10/ 4	Контроль конспекта Экзамен
1.7.	13 неделя	Модуль I. Раздел VI. Тема 3. Ионная химико-термическая обработка	1/ 10/ 4	Контроль конспекта Защита

				работы
1.8.	14 неделя	Модуль II. Раздел II. Тема 2. Инструментальные стали и сплавы, составить интеллект-карту	1/ 9/ 4	Контроль интеллект- карты. защита работы
1.9.	15 неделя	Модуль II. Раздел IV. Тема 3. Антифрикционные материалы. Сплавы на основе цинка и алюминия. Составить интеллект-карту	1/ 8/ 3	Контроль интеллект- карты. защита работы
1.10	16 неделя	Модуль II. Раздел V. Тема 1. Термо- и терморектопласты, их применение как авиационных конструкционных материалов	1/ 8/ 3	Экзамен
1.11	17 неделя	Модуль II. Раздел V. Тема 2. Резиновые материалы. Лакокрасочные материалы. Клеи. Герметики. Применение в авиастроении Составить интеллект-карту	1/ 8/ 4	Контроль интеллект- карты. защита работы
2		Работа с лекционным материалом и литературой при подготовке к выполнению лабораторных работ и их защите:	5/ 3/ 3	
2.1	6 неделя	Лабораторная работа №3. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Бринелля.	1/ 1/ 1	Защита работы
2.2	8 неделя	Лабораторная работа №4. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Роквелла.	1/ 1/ 1	Защита работы
2.3	10 неделя	Лабораторная работа №5. Исследование микроструктуры и свойств стали в равновесном состоянии и исследование вопроса влияния содержания углерода на структуру и свойства углеродистой стали	1 / 1/1	Защита работы
2.4	12 неделя	Лабораторная работа №6. Термообработка сталей. Исследование влияния термообработки на структуру и свойства сталей.	1/-/ -	Защита работы
2.5	14 неделя	Лабораторная работа №7. Исследование влияния термообработки и модифицирования на свойства сплавов на основе алюминия.	1/-/ -	Защита работы
3		Работа с лекционным материалом и литературой при подготовке к выполнению практических работ и их защите:	5/-/-	
3,1	1 неделя	Занятие 1. Система организации труда, принципы формирования навыков самостоятельной работы. Научные исследования в области материаловедения.	0,5	Выступлен ие на научной конференц ии
3.1	3 неделя	Занятие 2. Организация и планирование проведения и обработки результатов макро- и микроанализа материалов деталей машин и элементов	0,5	Защита работы, экзамен

		авиационных конструкций.		
3.2	5 неделя	Занятие 3. Работа по чертежам авиационных деталей.	1	Защита работы, экзамен
3.3	7 неделя	Занятие 4. Анализ диаграммы состояния железо-цементит, правило фаз. Построение кривых охлаждения.	1	Защита работы, экзамен
3.4	9 неделя	Занятие 5. Номенклатура машиностроительных и авиационных материалов. Система и принципы их маркировки. Основы принципов рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в авиа- и машиностроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии. Решение задач.	1	Защита работы, экзамен
3.5	11 неделя	Занятие 6. Критерии рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях	1	Защита работы, экзамен
4	В течение межсессионного периода	Выполнение контрольной работы	-/ 20/ 20	Защита работы, экзамен
4	1 – 18 неделя	Выполнение научной работы	23/-/-	Выступление на научной конференции
4		Подготовка к экзамену	27/ 9/ 9	Экзамен
		Итого:	72/ 126/ 56 час.	

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Подготовка организованных, инициативных и самостоятельных выпускников, проявляющих ответственность, целеустремленность и исполнительность при решении поставленных перед ними задач, является основной задачей высшей школы. При этом процесс обучения можно разбить на две основные части. В первую входит обучение, осуществляемое непосредственно преподавателем: чтение лекций,

проведение практических занятий, лабораторных работ и консультаций. Вторую и не менее важную часть составляет самостоятельная работа. Самостоятельная работа является особым видом совместной деятельности студента и преподавателя.

Целью самостоятельной работы так же, как и при проведении аудиторных занятий, является формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков по дисциплине «Материаловедение». Рациональное планирование этого вида образовательного процесса позволит избежать дублирования в изучении дисциплины, создать оптимальные условия для овладения навыками самообучения каждым из студентов и реализации ими своего внутреннего потенциала.

Задачами, реализуемыми в ходе выполнения самостоятельной работы, являются:

1. Приобретение студентами новых знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе преподавателей
2. Возможность самостоятельной ориентации в научной информации
3. Отбор и накопление профессиональных знаний, формирование умений и навыков, выработка на этой основе соответствующих компетенций.

Организационные мероприятия, обеспечивающие нормальное функционирование самостоятельной работы студента, основываются на следующих предпосылках:

1. Самостоятельная работа должна быть конкретной по своей предметной направленности
2. Самостоятельная работа должна сопровождаться эффективным, непрерывным контролем и оценкой ее результатов.

Методические указания по самостоятельной работе помогут студентам, изучающим данную дисциплину, в организации наиболее эффективной работы при усвоении всех видов занятий, используемых в дисциплине.

Изучая дисциплину «Материаловедение», студенты знакомятся с большим количеством научной литературы, включающей учебники, учебные пособия, конспекты лекций, статьи. Такая самостоятельная работа способствует пониманию и осмыслению теоретического материала и подготавливает к выполнению лабораторных и практических занятий.

На основе полученных ранее знаний по дисциплине студентам также дается возможность найти самостоятельно конкретные способы решения задач применительно к условиям задания. Самостоятельная работа этого типа создает предпосылки для дальнейшей творческой работы студента. К такой форме самостоятельной работы относится выполнение индивидуальных заданий и сдача тестов. Самостоятельное решение задач по дисциплине показывает уровень подготовленности студентов. Ответы на тестовые задания активизируют, закрепляют и конкретизируют теоретические знания, полученные студентами на лекциях и путём самостоятельного изучения специальной литературы.

Темы, которые студенты должны изучить самостоятельно, а также источники литературы лектор зачитывает студентам в конце каждой лекции. По усвоенному самостоятельно материалу студенты отчитываются при сдаче тестов промежуточного контроля, а также при итоговом контроле на экзамене.

По дисциплине «Материаловедение» предусмотрено проведение практических занятий. Для подготовки к занятиям студентам рекомендуется прочесть соответствующую литературу по теории данного занятия, а затем ответить на вопросы, приведенные в методическом пособии, разработанным для данного курса. В этом пособии имеются контрольные вопросы по каждому занятию. Для закрепления теоретического материала и в целях развития практических навыков студенты на практических занятиях получают индивидуальные задания в

виде задач, содержащихся в методических указаниях по проведению практических занятий. По решению задач студенты отчитываются на очередном практическом занятии. Примеры заданий для самостоятельной работы по практическим занятиям приведены ниже.

По дисциплине «Материаловедение» предусмотрено проведение лабораторных работ.

Лабораторные работы проводятся в лаборатории материаловедения, оснащённой специальным оборудованием.

Материаловедение имеет ярко выраженный прикладной характер и располагает многими методами изучения связи физико-химических параметров материалов с их технологическими свойствами.

Технический прогресс, решение задач, стоящих перед любым промышленным предприятием, требуют от специалистов определённых знаний в области материаловедения, умения рационально использовать обширную номенклатуру материалов, методы их упрочняющей обработки для достижения необходимых эксплуатационных свойств изделий, защиты от коррозии. При изготовлении изделий и их испытаниях на производстве постоянно должен проводиться контроль качества материалов. Для этого используют ряд методов, к числу которых, прежде всего, относится макро- и микроанализ.

Настоящий лабораторный практикум состоит из семи лабораторных работ. Перечень лабораторных работ составлен на основании опыта преподавания курса «Материаловедение», в соответствии с рабочей учебной программой дисциплины и требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования для специальности 24.05.07 «Самолётостроение - и вертолётостроение»

Лабораторные работы по данному курсу позволят студентам практически освоить методы микро- и макроанализа, изучить микроструктуры и свойства авиационных и общемашиностроительных сталей и сплавов,

научиться выбирать правильные режимы термической обработки для сталей и сплавов, ознакомиться с технологией её проведения. Кроме того, получить навыки проведения научных исследований в области материаловедения.

Тематика лабораторных работ направлена на закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами на лекциях, на проверку теоретических положений экспериментальным путем, на выработку умений и навыков работы с оборудованием, аппаратурой и приборами, с практикой планирования и подготовки эксперимента, а также его обработки.

Вся эта деятельность по подготовке и выполнению лабораторных работ обеспечивает формирование общепрофессиональных ОПК-4, ОПК-6 компетенций и профессиональных компетенций ПК-1.

Содержание разделов и наименование лабораторных работ приведены в разделе «Структура и содержание практической части курса». Литература, где можно найти материал, необходимый для подготовки к лабораторной работе, дается после каждой работы.

### **Методические указания к выполнению всех видов самостоятельной работы, предусмотренных планом-графиком**

1. Работа с научной литературой при изучении тем, предназначенных к самостоятельному изучению.

При самостоятельной работе с научной литературой обязательно вести конспект, либо представлять учебный материал в виде интеллект-карт, то есть в виде особого способа записи материалов в виде **радиантной структуры**, то есть структуры, исходящей от центра к краям, постепенно разветвляющейся на более мелкие части. Интеллект-карты могут заменить традиционный конспект, таблицы, графики и схемы.  
<http://go.mail.ru/search?q=%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB>

[%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0&gp=820339](#)

Все дело в особенностях нашего мышления. Наше мышление НЕ организовано как текст, линейно. Оно имеет именно такую структуру: ветвящуюся, каждое понятие в нашей голове связано с другими понятиями, эти другие понятия связаны с третьими и так далее до бесконечности.

Такая организация материала называется многомерной, радиантной. Именно такая структура наиболее органично отражает наше реальное мышление.

Точно также на физическом уровне соединяются нейроны в нашем мозгу: каждый нейрон опутывает сеть дендритов других нейронов, от одного нейрона по цепям связей мы можем перейти к другому нейрону.



Интеллект-карты — наиболее адекватно отражает наше реальное многомерное радиантное мышление. Именно поэтому она более удобна в использовании по сравнению с обычным текстом. Интеллект-карты позволяют более качественно отобразить структуру материала, смысловые и иерархические связи, показать, какие существуют отношения между составными частями.

Благодаря своей структуре интеллект-карты позволяют раскрывать интеллектуальный потенциал. А достигается это за счет правильно организации и за счет работы обоих полушарий мозга. Ведь в подобной ветвящейся структуре работает как правое, так и левое полушарие мозга. Интеллект-карты в учебной деятельности применяются для следующих целей:

1. Записи учебных конспектов по книгам и на слух
2. Создания планов написания статей, книг, рефератов, дипломов
3. Сдачи экзаменов
4. Структурирования любого учебного материала, что позволяет понять суть, мысль автора, разложить по полочкам трудный учебный материал
5. Запоминания смысла учебного материала.

Интеллект-карты запоминаются в разы легче, чем любой текстовый материал

Модуль I. Закономерности формирования структуры материалов

Раздел I. Строение и свойства материалов

Тема 3. Кристаллические и аморфные тела.

Вопросы для самостоятельного изучения:

Параметры и дополнительные характеристики кристаллических решёток металлов.

В дополнение к теоретическому учебному материалу, представленному в лекции по данной теме необходимо изучить самостоятельно и отразить вопрос по параметрам и дополнительным характеристикам кристаллических решёток металлов: координационное число, коэффициент компактности, привести определения и их численные значения для различных типов кристаллических решёток металлов.

Кроме того, ответить на следующие контрольные вопросы:

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит существенная разница между строением аморфных и кристаллических тел? Что такое кристаллическая решетка?
2. Перечислите основные типы ячеек кристаллических решеток металлов. Что такое параметры решеток?
3. Что понимается под кристаллографическими направлениями и плоскостями и как они обозначаются?
4. Что такое анизотропия свойств в кристаллах, чем она обусловлена? Привести пример.
5. Почему поликристаллические тела являются изотропными? Что такое квазиизотропия (псевдоизотропия)?
6. Что такое аллотропия (полиморфизм) металлов и каково ее практическое значение?
7. Что представляют собой краевые дислокации, какова их роль в протекании пластической деформации металла и как они влияют на его прочность?
8. Что такое плотность дислокаций и как она влияет на характер изменения прочности металла?

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с.стр. 26...28

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Кристаллическое строение металлов

<http://twi.mpei.ac.ru/ochkov/TM/lecture1.htm>

Модуль I.

Раздел III. Формирование структуры деформированных металлов

Тема 1. Пластическое деформирование моно- и поликристаллов. Наклёп, возврат и рекристаллизация.

Сущность процессов возврата и полигонизации в сплавах.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр.101...103

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Контрольные вопросы:

1. Что такое возврат?
2. Что такое отдых и полигонизация.
3. Что такое рекристаллизация: первичная, собирательная.
- 4.Какая деформация называется холодной, а какая горячей?

Модуль I.

Раздел IV. Теория сплавов

Тема 1. Диаграммы состояния

Диаграммы состояния сплавов с перитектическими превращениями

Примерный план ответа:

1. Вычертите диаграмму состояния сплавов с перитектическими превращениями.
2. Обозначьте характерные точки и линии диаграммы. Опишите, что показывает каждая точка и линия диаграмм.
3. Укажите фазы в каждой области диаграммы.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр.70

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Модуль I.

Раздел IV. Теория сплавов

Тема 2. Диаграммы состояния

Диаграммы состояния системы, для случая образования химического соединения

Примерный план ответа:

1. Вычертите диаграмму состояния сплавов для случая образования химического соединения
2. Обозначьте характерные точки и линии диаграммы.
3. Опишите, что показывает каждая точка и линия диаграмм.
4. Укажите фазы в каждой области диаграммы.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр.70

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Модуль I.

Раздел V. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Тема 2. Углеродистые стали и чугуны

Примерный план ответа:

1. Требования к конструкционным и инструментальным сталям
2. Понятие углеродистая сталь
3. Общая классификация углеродистых сталей по различным признакам:
  - 3.1. По химическому составу
  - 3.2. По качеству
  - 3.3. По применению
4. Принципы маркировки углеродистых сталей по каждой группе
5. Приведите примеры марок сталей по каждой группе, укажите их свойства, область применения
6. Какие сплавы относятся к чугунам
7. Общая классификация чугунов в зависимости от содержания углерода в чугунах
8. Белые, серые, ковкие, высокопрочные чугуны, антифрикционные чугуны.
9. Приведите примеры марок чугунов по каждой группе, принципы маркировки, область применения.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов:  
учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. -  
397 с. стр.180...186, стр.256...268

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Модуль I.

Раздел VI. Теория термической обработки стали

Тема 1.

Мартенситное превращение, его особенности

План ответа:

1. Дайте характеристику мартенсита. Каковы условия образования мартенсита?
2. Опишите механизм мартенситного превращения.
2. Зарисуйте кристаллическую решётку мартенсита. Укажите свойства мартенсита. Чем объясняется высокая твёрдость мартенсита.
3. Зависимость тетрагональности мартенсита от содержания углерода в стали.
4. Влияние тетрагональности мартенсита на свойства мартенсита и величину внутренних напряжений.
5. Причины присутствия остаточного аустенита в структуре закалённой стали.

Модуль I.

Раздел VI. Теория термической обработки стали

Тема 3.Ионная химико-термическая обработка

План ответа:

1. Определение ионной химико-термической обработки
2. Преимущества по сравнению с традиционными видами химико-термической обработки
3. Служебные свойства покрытий для изделий из различных сталей, полученных ионной химико-термической обработкой
4. Области применения ионной химико-термической обработки

[Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://ion-procion.ru/ob-azotirovanii/ionnaya-khto/>

Модуль II. Машиностроительные и авиационные материалы

## Раздел II. Легированные стали

### Тема 2. Стали и сплавы с особыми свойствами. Инструментальные стали и сплавы

Вопрос для самостоятельного изучения: инструментальные стали и сплавы

Учебный материал по данному вопросу лучше всего представить в виде разработанной вами Интеллект-карты.

Рекомендуемая литература: Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы: учебник / Ю.М. Зубарев. – СПб. : Изд-во «Лань», 2008. – 224 с.: ил. стр. <http://e.lanbook.com/view/book/595/>

План ответа:

1. Классификация инструментальных материалов по назначению
2. Требования, предъявляемые к каждой группе инструментальных материалов
3. Приведите примеры марок сталей и сплавов, их расшифровку для различных групп инструментальных материалов, их свойства, упрочняющую термообработку и область применения
4. Критерии выбора инструментального материала для изготовления конкретного инструмента

Модуль II.

## Раздел IV. Сплавы на основе меди и антифрикционные материалы

### Тема 3. Антифрикционные материалы. Сплавы на основе свинца и алюминия.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр. 287, 330

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Модуль II.

## Раздел V. Неметаллические материалы

Тема 1. Термо- и терморектопласты, их применение как авиационных конструкционных материалов

Рассмотрите применение термо- и терморектопластов как авиационных конструкционных материалов, их группы марки, свойства

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр. 348...364

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Модуль II.

Раздел V. Неметаллические материалы

Тема 2. Резиновые материалы. Лакокрасочные материалы. Клеи. Герметики. Применение в авиационной технике.

Рассмотрите применение резиновых материалов, лакокрасочных материалов, клеев, герметиков, как авиационных конструкционных материалов, их группы марки, свойства

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр. 365...369

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

2. Работа с лекционным материалом, литературой и методическими указаниями к проведению лабораторных работ при подготовке к проведению лабораторных работ и их защите.

Подготовка к лабораторным работам заключается в изучении целей и задач лабораторной работы, изучении теоретической части и методических указаний, подготовке ответов на контрольные вопросы.

**Лабораторная работа №1. Научные исследования по макроанализу деталей и элементов авиационных конструкций (2час.)**

Цель работы: ознакомление с методикой проведения макроструктурного анализа; получение практических навыков изготовления макрошлифов,

изучения поверхностей деталей, изломов, макрошлифов, выявления макродефектов, неоднородности, причин разрушения металла; приобретение навыков фотографирования, сканирования и зарисовки макроструктур.

Приобретение навыков проведения научных исследований в области материаловедения.

Оборудование и материалы:

1. Микроскоп бинокулярный МБС-9.
2. Лупы различного увеличения.
3. Установка для полирования образцов.
4. Химические травители.
5. Персональный компьютер: ПК DNS Office s/n F5CA001340-18
6. Фотоаппарат цифровой: Canon A550.
7. Принтер SAMSUNG
8. Сканер Epson Perfection V100 Photo s/n J85W027315
9. Коллекция образцов, деталей и элементов конструкций

Макроскопический анализ (макроанализ) металлов и сплавов заключается в исследовании их строения невооруженным глазом или при помощи небольших увеличений (до 30 раз). Макроанализ позволяет оценить качество материала, выявить наличие в нем макродефектов, характер его предшествующей обработки (литье, обработка давлением, резание, сварка, наплавка, термическая и химико-термическая обработка и др.), структурную и химическую неоднородность, волокнистость, причины и характер разрушения. Структура материалов, наблюдаемая невооруженным глазом или при небольших увеличениях, называется макроструктурой. Ее можно зафиксировать фотоснимком или рисунком.

С помощью макроанализа можно дать общую оценку состояния больших поверхностей материала или детали в целом и выбрать небольшие наиболее важные и типичные участки для дальнейшего углубленного

изучения. Макроанализ проводят путем изучения изломов, макрошлифов или внешних поверхностей заготовок и деталей.

Наружные, или поверхностные, макродефекты, расположенные непосредственно на поверхности изделий, позволяют выявить исследования поверхностей этих изделий. Если изделия литые, т. е. получены методом литья, то на их поверхности наиболее часто встречаются следующие дефекты:

1. Пригар, представляющий собой трудноотделимую корку, состоящую из смеси металла, формовочного песка и шлака
2. Усадочные пустоты (раковины, рыхлости, пористость), образующиеся в результате усадки металла (уменьшение объема) при его затвердевании
3. Газовые раковины (пузыри), возникающие в кристаллизующемся металле чаще всего из-за его большой газонасыщенности
4. Ужимины, создающиеся вследствие частичного отслоения внутренних поверхностных слоев песчаной формы, что приводит к образованию в твердом металле полостей, заполненных формовочным материалом
5. Трещины, появляющиеся как результат высоких напряжений в отливках из-за сопротивления формы их усадке, а также неодинаковых скоростей охлаждения различных частей литой заготовки
6. Неметаллические включения, которые по происхождению разделяются на эндогенные и экзогенные. Эндогенные образуются в результате взаимодействия компонентов сплава, например железа, с растворенными в нем кислородом, серой, азотом; экзогенные – шлаковые включения и засоры от разрушающихся стенок формы

В пластически деформированных изделиях остается часть дефектов литого металла. Оставшиеся дефекты при пластическом деформировании металла видоизменяются. Усадочные пустоты превращаются в расслоения. Некоторые неметаллические включения (а также газовые пузыри), окисленные и потому не заварившиеся в процессе горячей обработки

давлением, вытягиваются и образуют прямые тонкие штрихи-трещинки глубиной не более 1,5 мм и длиной от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Такие трещинки, расположенные в направлении деформирования, называются волосовинами. В некоторых легированных сталях выявляются флокены – тонкие трещины, которые в поперечном сечении представляют собой овальные пятна серебристо-белого цвета. Они особенно хорошо наблюдаются на изломах и протравленных макрошлифах. Происхождение флокенов связано с поглощением водорода жидкой сталью, его сегрегацией в местах больших искажений кристаллической решетки затвердевшей стали. Это приводит к появлению значительных напряжений и, как следствие, трещин при пластической деформации стали, а также при ее неравномерном охлаждении или фазовых превращениях. К дефектам пластически деформированного металла относятся также сильно разветвленные, глубоко проникающие в глубь металла трещины и раковины, вызванные пережогом (т. е. окислением металла по границам зерен); надрывы, обусловленные чрезмерно большой степенью деформации; окалина – слои окисленного металла (если она вдавлена в металл, на его поверхности образуется рябизна).

В термически обработанном металле чаще всего обнаруживаются обезуглероживание и закалочные трещины. Обезуглероживание поверхностных слоев стальных изделий является результатом окислительного действия печной газовой среды. На поверхности изделий возникают участки с пониженной твердостью – мягкие пятна. Закалочные трещины имеют зигзагообразный характер, часто образуют сетку. Края закалочных трещин, в отличие от трещин горячедеформированного металла, не обезуглероживаются, поскольку такие трещины образуются в процессе закалки при охлаждении изделий до температур ниже 100° С или после полного охлаждения.

В сварных изделиях основными дефектами являются трещины, как результат высоких напряжений, и непровар. Непровар – местное отсутствие соединения основного металла и наплавленного. Этот дефект возникает при загрязнении свариваемых поверхностей или недостаточном разогреве основного металла. Возможен также пережог из-за высокой температуры нагрева металла в процессе сварки. Он образуется при нарушении режима тепловой обработки (высокая температура нагрева в кислородсодержащей среде), вызывающем интенсивное окисление металла вдоль границ зерен. Это сильно охрупчивает металл. Дефект неисправим. Макроструктура сварного шва показана на рис. 1.

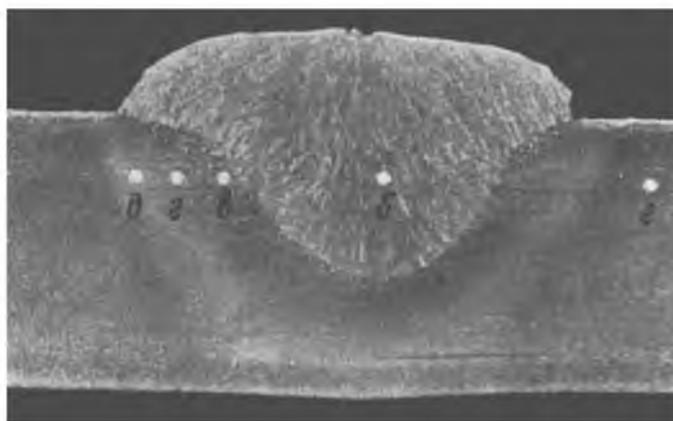


Рис. 1. Макроструктура сварного шва стали Ст.3, выполненного электродуговой сваркой под флюсом, электродная проволока Св-08: б – сварной шов; в – участок перегрева; г - участок мелкого зерна; д – участок неполной перекристаллизации.

По результатам исследования поверхностей изделий делается мотивированное заключение о возможности их дальнейшей эксплуатации. Внутренние дефекты, которые могут привести к разрушению изделия, выявляются при изучении изломов.

Изломом называется поверхность, образуемая вследствие разрушения металла. Изломы металлов могут существенно отличаться по цвету. Так, стали и белые чугуны, в которых весь углерод связан в цементите, имеют излом светло-серого цвета. У графитизированных чугунов, в которых углерод находится преимущественно в виде графита, излом черного цвета.

На поверхности изломов можно видеть дефекты, которые способствовали разрушению. В зависимости от состава, строения металла, наличия дефектов, условий обработки и эксплуатации изделий изломы могут иметь вязкий, хрупкий или усталостный характер.

Вязкий (волокнистый) излом имеет бугристо-сглаженный рельеф и свидетельствует о значительной пластической деформации, предшествующей разрушению. По виду вязкого излома нельзя судить о форме и размерах зерен металла.

Хрупкий (кристаллический) излом характеризуется наличием на поверхности плоских блестящих участков (фасеток). Так как разрушение протекает без заметной пластической деформации и форма зерна не искажается, то на хрупком изломе видны исходные форма и размер зерен металла. При этом разрушение может происходить через зерна (транскристаллический излом) либо по границам зерен (интеркристаллический, или межкристаллический, излом). Разрушение по границам зерен имеет место при наличии на границах неметаллических включений (фосфиды, сульфиды, оксиды) или других выделений, ослабляющих прочность границ зерна.

Хрупкое разрушение наиболее опасно, так как происходит чаще всего при напряжениях ниже предела текучести материала. Его возникновению способствуют наличие поверхностных дефектов, конструктивные просчеты (резкое изменение сечения, толстостенность деталей), низкая температура и ударные нагрузки при работе, крупнозернистость металла, выделения по границам зерен хрупких фаз, межзеренная коррозия. Разновидностями хрупкого излома являются нафталинистый, камневидный, фарфоровидный и др.

Нафталинистый излом (рис. 2) – транскристаллический с крупным зерном и избирательным блеском, подобным блеску кристаллов нафталина. Он свидетельствует о повышенной хрупкости стали, и наблюдается в

легированных, преимущественно быстрорежущих сталях. Причиной возникновения такого излома является перегрев стали, вызывающий укрупнение зерен и образование определенной ориентации структурных составляющих (текстура). Внешне в изломе текстура проявляется как одно крупное зерно. Нафталинистый излом устраняется путем многократных повторных фазовых перекристаллизации металла.

Хрупкий излом называют камневидным (рис. 3), если металл имеет крупнозернистое строение, а разрушение носит преимущественно межкристаллический характер. Причина образования такого излома – перераспределение примесей при перегреве металла с выделением их в приграничных участках зерен. Камневидный излом можно устранить путем гомогенизирующего отжига.



Рис. 2. Нафталинистый излом.



Рис. 3. Камневидный излом

Обычно изломы бывают смешанными. При смешанном изломе на его поверхности наблюдаются участки вязкого и хрупкого разрушения.

Фарфоровидный излом характерен для правильно закаленной стали, вид излома матовый, мелкозернистый.

Усталостный излом (рис. 4) образуется в результате длительного воздействия на металл циклически изменяющихся во времени напряжений

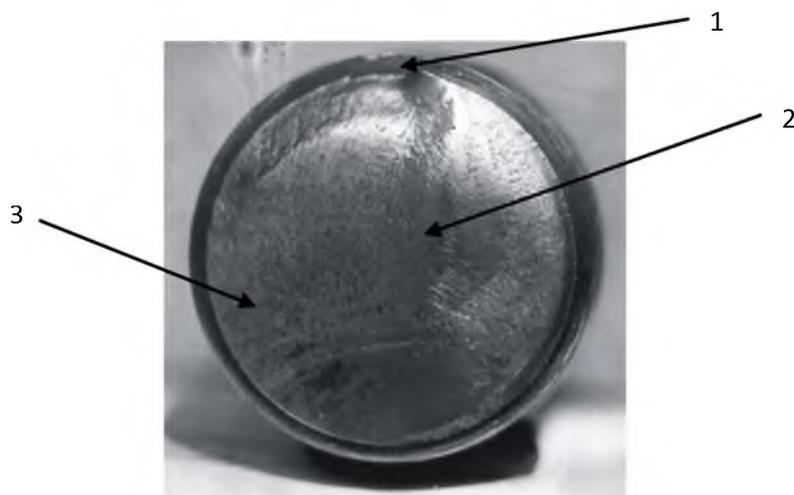


Рис. 4. Усталостный излом штока компрессора:

1. Зона зарождения трещины.
2. Зона распространения трещины.
3. Зона долома.

и деформаций. Излом состоит из трех зон: зарождения трещины, собственно усталостного распространения трещины и долома. Механизм усталостного разрушения следующий. Усталостная трещина возникает в местах, где имеются концентраторы напряжений или дефекты. Первая зона плоская и гладкая. Увеличиваясь при работе детали, трещина образует зону собственного усталостного распространения с характерными концентрическими бороздками или дугами и мелкозернистым, фарфоровидным изломом. Зачастую она имеет отдельные участки гладкой притертой поверхности. Долом происходит внезапно, когда ослабленное трещиной сечение детали не способно выдержать прикладываемой механической нагрузки. Долом бывает вязким или хрупким. В практике широко применяют такой метод макроанализа, как исследование макрошлифов. Макрошлиф – это образец с плоской шлифованной и протравленной поверхностью, вырезанный из исследуемого участка детали или заготовки. Его получают следующим образом. На металлорежущем станке или ножовкой вырезают образец, одну из плоских поверхностей которого ровняют напильником или на плоскошлифовальном станке. Затем образец шлифуют вручную или на шлифовально - полировальном станке шлифовальной шкуркой различной зернистости. Шлифование

одной шкуркой нужно проводить в одном направлении, после чего следует смыть остатки абразива водой. Переходя на более мелкую шкурку, поворачивают образец на  $90^\circ$  и проводят обработку до полного исчезновения рисок, образованных предыдущей шкуркой. Образец промывают водой, просушивают и подвергают глубокому или поверхностному травлению. Состав некоторых реактивов для травления приведен в таблице 1.

Перед травлением образец обезжиривают и очищают, как правило, этиловым спиртом. Травление большинством реактивов, приведенных в таблице 1, осуществляют, погружая в них образец. При этом следует строго соблюдать правила техники безопасности.

Реактив, активно взаимодействуя с участками, где имеются дефекты и неметаллические включения, протравливает их более сильно и глубоко. Поверхность макрошлифа получается рельефной. С помощью реактивов для глубокого травления выявляются даже внутренние дефекты (поры, раковины, ликвация, волосовины, трещины, флокены и др.), не выходящие непосредственно на поверхность детали. Поверхностное травление, проводимое менее агрессивными реактивами, позволяет выявить в сталях, чугунах и цветных сплавах ликвацию, макроструктуру литого или деформированного металла, дефекты, качество сварных соединений, структурную неоднородность материала, подвергнутого термической или химико-термической обработке. Реактивы, используемые при травлении макрошлифов, и особенности травления указаны в таблице 1.

Таблица 1 - Реактивы, используемые при травлении макрошлифов, и особенности травления

Сплавы	Реактив			Особенности травления
	номер	назначение	состав	
1	2	3	4	5
Для глубокого травления				
Углеродистые и низколегированные стали, чугуны.	1	Выявление ликвации, дефектов, дендритности, неоднородности, волокнистости.	10...20 мл серной кислоты, 90...80 мл. воды	Температура: 20 либо 70 <sup>0</sup> С, длительность – несколько часов.
	2	Выявление ликвации, дефектов, волокнистости, макроструктуры сварных соединений.	50 мл. соляной кислоты, 50 мл. воды.	Температура: 20 либо 60...70 <sup>0</sup> С, длительность – 1...60 мин.
	3	Выявление общей макроструктуры, дефектов.	7,5 мл. серной кислоты, 10 г. хромового ангидрида, 80 мл. воды.	Температура : 50...70 <sup>0</sup> С, длительность – не менее 10 мин.
Высоколегированные и коррозионно-стойкие стали	4	Выявление общей макроструктуры, дефектов, ликвации, волокнистости, дендритности.	10 мл. серной кислоты, 50 мл. соляной кислоты, 40 мл. воды.	Кипящий раствор, длительность – 10...60 мин.
Коррозионо-стойкие хромоникелевые стали.	5	Оценка склонности к межкристаллитной коррозии.	10 мл. серной кислоты, 3 г. серноокислой меди, 87 мл.	Погружение предварительно нагретой до 625 <sup>0</sup> С стали в кипящий реактив, длительность – 72 ч.
Медные сплавы	6	Выявление общей макроструктуры.	50 мл. азотной кислоты, 50 мл. воды.	Температура – 20 <sup>0</sup> С, длительность – несколько минут.

Продолжение таблицы 1.

Для поверхностного травления				
Различные стали и чугуны.	7	Выявление ликвации серы, фосфора и углерода, полосчатости деформированной стали, грубой зернистости, поверхностных дефектов.	8 г. хлористого аммиака меди, 100 мл. воды (реактив Гейна).	Температура – 20 <sup>0</sup> С, длительность – 0,5...5 мин. Выпавшую медь удаляют ватой под струей воды.
	8	Выявление ликвации серы	5 мл. серной кислоты, 100 мл. воды (реактив Баумана).	Не фиксированную фотобумагу смачивают реактивом, прижимают эмульсией к макрошлифу на 1...10 мин., промывают т, фиксируют, снова промывают и высушивают.
	9	Выявление ликвации фосфора	3 мл. соляной кислоты, 0,2 г. хлористой меди, 3 г. хлорного железа, 0,1 г. хлористого олова, 100 мл. этилового спирта, 100 мл. воды (реактив Обергоффера).	
	10	Выявление образования оксидов	а) 5 мл. соляной кислоты, 100 мл. воды; б) 2 г. красной кровяной соли, 100 мл. воды.	Желатиновую бумагу или не фиксированную фотобумагу пропитывают реактивом а, приблизительно на 5 мин. прижимают к макрошлифу, затем проявляют реактивом б.

Продолжение таблицы 1

Медные или никелевые сплавы	11	Выявление общей макроструктуры.	5 г. хлорного железа, 30 мл. соляной кислоты, 100 мл. воды.	Температура – 20 <sup>0</sup> С, длительность – 1...5 мин.
Алюминий и его сплавы	12	Выявление общей макроструктуры и макроструктуры сварных соединений	а) 10 мл. соляной кислоты, 10 мл. азотной кислоты, 1 мл. плавиковой кислоты, 10 мл. воды; б) 10 мл. едкого натра, 100 мл. воды.	Температура – 20 <sup>0</sup> С, длительность – 1...5 мин.
Титан и его сплавы.	13	Выявление макроструктуры и включений	2 мл. азотной кислоты, 2 мл. плавиковой кислоты, 96 мл. воды.	То же, длительность 0,5...1 мин.
Никелевые сплавы.	14	Выявление макроструктуры, дефектов, дендритности, сульфидов в сварных соединениях.	50 мл. соляной кислоты, 2 г. сернокислотой меди, 50 мл. этилового спирта, 50 мл. воды.	То же, длительность – 3...10 мин.

Протравленный макрошлиф промывают водой для удаления травителя, обрабатывают спиртом, высушивают с целью предотвращения коррозии. Макроанализ макрошлифов позволяет выявить структурную (например, в стали, закаленной токами высокой частоты – рис. 5, 6, 7) или химическую (например, в стали, науглероженной (рис. 8) или наплавленной износостойким сплавом) неоднородность, возникшую при обработке готовых изделий.

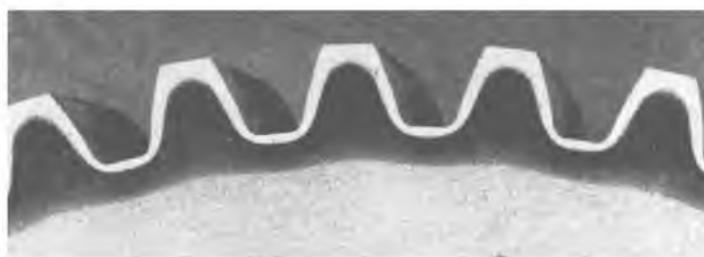


Рис. 5. Макроструктура шестерни с равномерно закалённым слоем на поверхности.

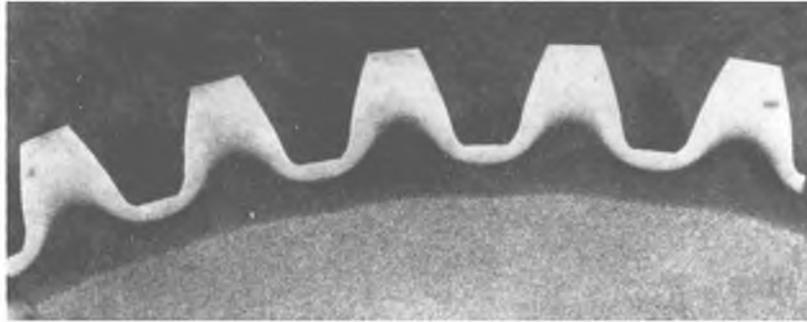


Рис. 6. Макроструктура шестерни с неравномерным слоем и напряжениями, могущими вызвать поломку зубьев.



Рис. 7. Макроструктура шейки вала с поверхностной высокочастотной закалкой.

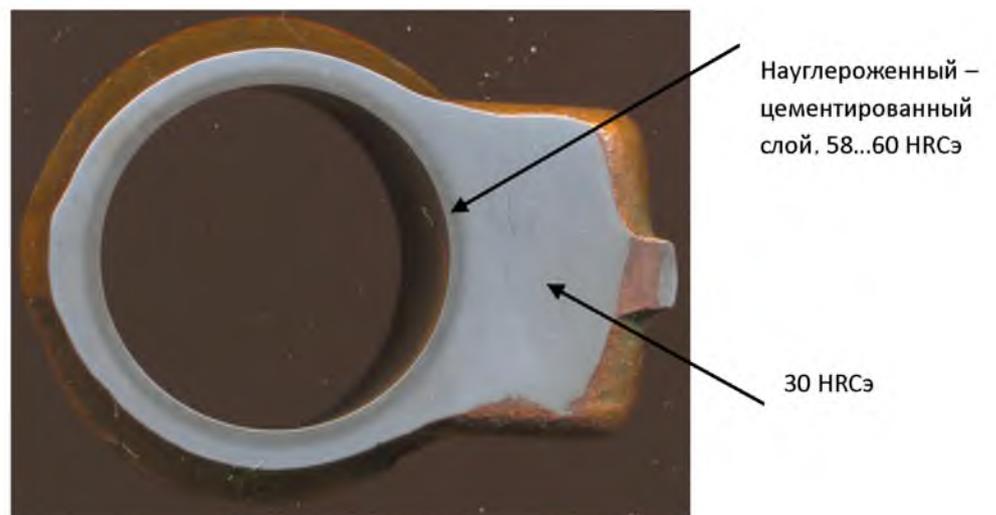


Рис. 8. Макроструктура детали из стали 12ХН3А с науглероженым (цементированным) слоем.

Химическая неоднородность сплава, возникающая при его производстве, называется ликвацией. Особенно склонны к ликвации в стали такие элементы, как: углерод, сера и фосфор. Важно знать распределение в стали вредных примесей серы и фосфора, оказывающее существенное влияние на строение металла и его свойства. Сера вызывает красноломкость стали, т. е. охрупчивание при высоких температурах, а фосфор – хладноломкость, т. е. охрупчивание при низких температурах. Поэтому содержание серы и фосфора в сталях строго регламентируется. Характер распределения названных элементов зависит от процесса кристаллизации металла в отливке или в сварном соединении и от вида обработки давлением.

Общую ликвацию углерода, фосфора и серы позволяет оценить обработка макрошлифа реактивом Геина (реактив 7 в таблице 1). При взаимодействии шлифа и реактива железо из поверхностного слоя стали переходит в реактив, на его место осаждается медь, которая защищает сталь от дальнейшего воздействия реактива.

Места скоплений углерода, серы и фосфора оказываются в меньшей степени защищенными медью и протравливаются сильнее. После удаления под струей воды слоя меди эти участки выглядят темнее.

Ликвацию серы в стали или чугуна можно оценить методом Баумана (реактив 8 в таблице 1). Сера находится в стали в составе сульфидов ( $\text{FeS}$  и  $\text{MnS}$ ). При взаимодействии их с серной кислотой, оставшейся на фотобумаге, образуется сероводород ( $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ ). Сероводород взаимодействует с бромистым серебром фотоземли ( $2\text{AgBr} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{HBr} + \text{Ag}_2\text{S}$ ). Образующиеся на фотобумаге темные участки  $\text{Ag}_2\text{S}$  выявляют форму и характер распределения серы в исследуемом металле.

Для выявления ликвации фосфора целесообразно проводить травление реактивом Обергоффера (реактив 9 в таблице 1).

С ликвацией химических элементов также тесно связаны дендритность строения литых сплавов и волокнистость строения деформированных металлов. Дендритами называют кристаллы (зерна) литого металла, имеющие древовидную форму. Вредные примеси в виде неметаллических включений (сульфидов, фосфидов, оксидов) и некоторые легирующие элементы скапливаются чаще всего в междендритных пространствах. Продукцией металлургических предприятий, как правило, является металл, претерпевший горячую обработку давлением – ковку или прокатку. При деформировании дендриты, вначале дезориентированные, постепенно поворачиваются и вытягиваются вдоль направления деформации. Вытягиваются и неметаллические включения. В результате этого формируется типичная для прокатанного металла полосчатая, волокнистая структура. Такое волокнистое строение металла называют первичной полосчатостью. Вторичная полосчатость образуется в доэвтектоидной стали (и в некоторых легированных при их охлаждении от высоких температур) в результате выделения избыточного феррита из аустенита на вытянутых неметаллических включениях. Макроанализ позволяет установить и способ изготовления деталей.

Волокнистое строение металла обуславливает резко выраженную анизотропию его свойств (различие их показателей вдоль и поперек волокна). Пластичность, ударная вязкость и прочность образцов, вырезанных вдоль волокон, выше. Поэтому ответственные детали, особенно работающие при высоких динамических нагрузках (коленчатые валы, шестерни, шатуны, молотовые штампы, клапаны, крюки), изготавливают так, чтобы волокна в них не перерезались, а соответствовали конфигурации изделия. При обработке резанием детали из деформированной стали ее волокна перерезаются, что резко снижает прочность детали. На рис. 9, 10, 11, 12, 13 показана макроструктура

штампованных поковок с удовлетворительной макроструктурой и на рис. 14 с неудовлетворительной макроструктурой и наличием «прострела».

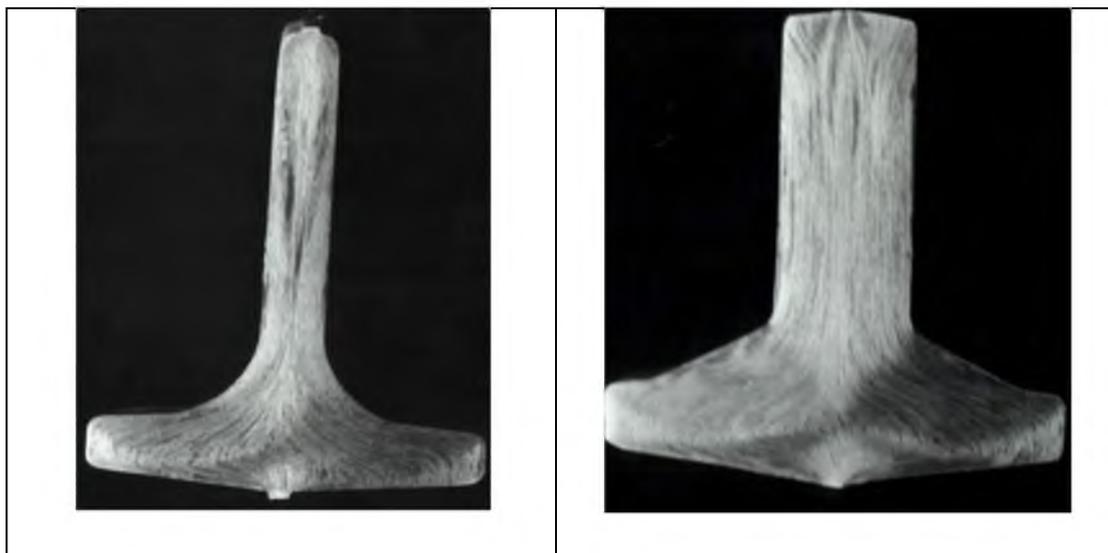


Рис. 9 . Макроструктура штампованных поковок. Макроструктура удовлетворительная. Сплав АК6.

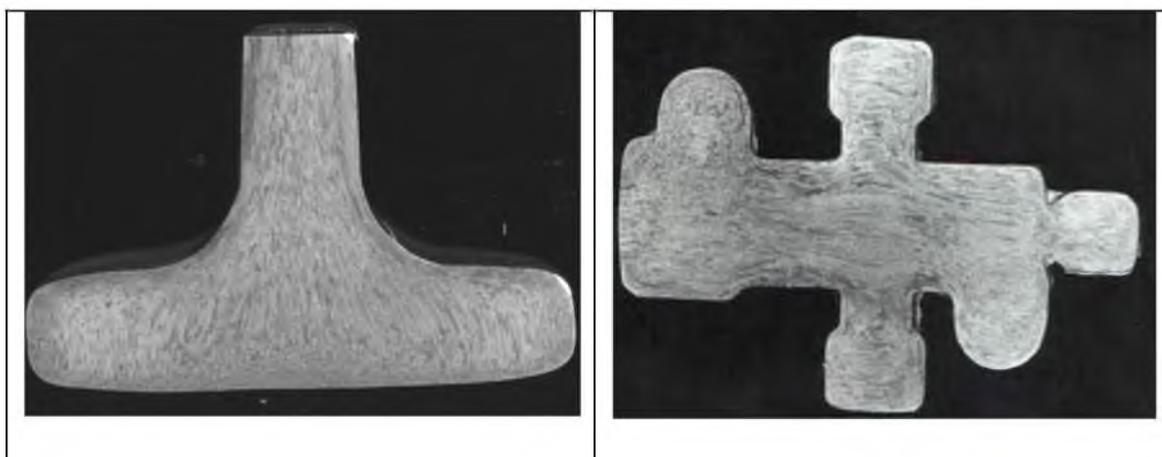


Рис. 10. Макроструктура штампованной поковки. Макроструктура удовлетворительная. Сплав АК6.

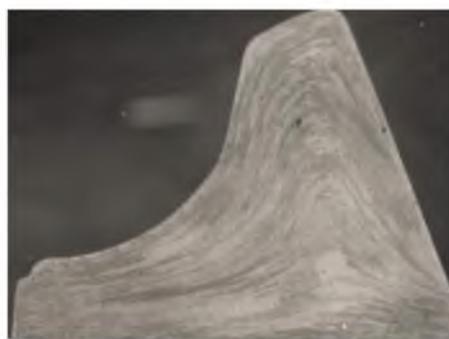


Рис. 11. Макроструктура штампованной поковки. Макроструктура удовлетворительная. Сплав АК6.

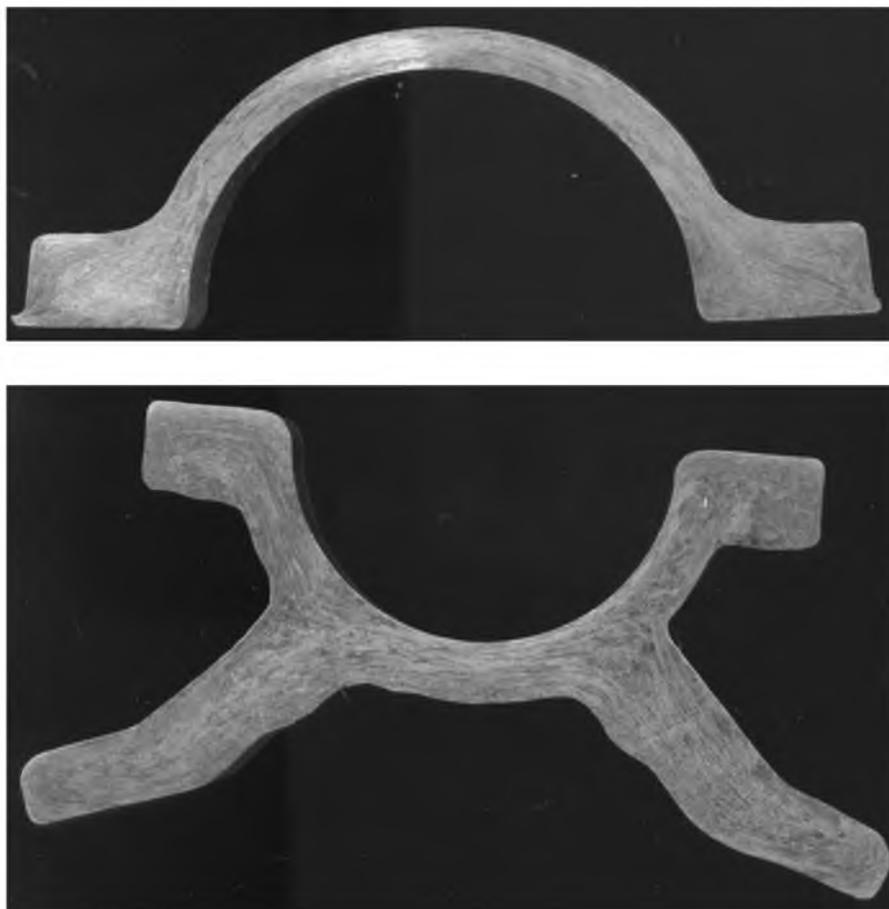


Рис. 12. Макроструктура штампованных поковок. (Верхняя фотография деталь «Крышка», нижняя фотография – деталь «Основание» для сборочного узла «Корпус»).  
Макроструктура удовлетворительная. Сплав АК6.



Рис. 13. Макроструктура штампованной поковки. Макроструктура удовлетворительная. Сплав на основе титана ВТ 22.



Рис. 14. Макроструктура штампованной поковки. Макроструктура неудовлетворительная. Наблюдаем «прострел».

### Задание

1. Ознакомиться с методикой приготовления макрошлифов.
2. Изучить коллекцию образцов с основными дефектами, наблюдаемыми на их поверхности. Зарисовать эти дефекты.
3. Исследовать, сфотографировать и зарисовать макроструктуру макрошлифов с химической неоднородностью, сварные соединения, детали, упрочненные термической, химико-термической обработкой или наплавкой, деталей, изготовленных резанием и обработкой давлением.
4. Изучить, сфотографировать, отсканировать или зарисовать основные виды изломов (вязкий, хрупкий, усталостный).
5. Сделать выводы и составить отчет по работе в соответствии с заданиями (в отчете обязательно должно быть указаны тема, цель работы, оборудование и материалы, выполнен протокол макроанализа по форме, пояснение к каждой рассмотренной макроструктуре, использованная литература).
6. Ознакомиться с конкретными материалами экспертных исследований, проведенных кафедрой, по установлению причин аварии или поломки металлического изделия для того, чтобы убедиться в большой практической значимости макроанализа.
7. Разработать методику проведение научно-исследовательской работы по макроанализу элементов конструкций и деталей ЛА

При выполнении работы следует соблюдать правила безопасной работы на оборудовании и с химическими реактивами.

Примерные задания к лабораторной работе:

### **1. Объект исследований: заклёпочные соединения**

Конструкция соединения: прессованный уголок – материал Д16Т  
лист – материал Д16Т, заклёпка – материал В65.

Покрытие – грунтовка АК-070.

Задание:

1. Выполнить эскиз соединения с указанием размеров
2. Дать характеристику и расшифровать марки материалов
3. Указать термообработку
4. Расшифровать покрытие
5. Произвести сканирование поверхности макрошлифа
6. Выявить дефекты соединения
7. Указать в отчёте возможные дефекты клёпанных соединений.

### **2. Объект исследований: литая заготовка (отливка), полученная литьём в кокиль**

Материал – сплав АЛ-9

Задание:

1. Выполнить эскиз с указанием размеров
2. Дать характеристику и расшифровать марку материала
3. Произвести сканирование поверхности заготовки
4. Выявить дефекты
5. Указать в отчёте возможные дефекты литых заготовок

### **3. Объект научных исследований: литая заготовка (отливка), полученная литьём в песчано-глинистые формы**

Материал – 35ХГСЛ

Задание:

1. Выполнить эскиз с указанием размеров

2. Дать характеристику и расшифровать марку материала
3. Произвести сканирование заготовки
4. Выявить дефекты
5. Указать в отчёте возможные дефекты литых заготовок

#### **4. Объект исследований: элемент конструкции из композиционных материалов**

Материалы – стеклотекстолит ЭТФ-Т – углепластик однонаправленный КМУ-3

Задание:

1. Выполнить эскиз с указанием размеров
2. Дать характеристику и расшифровать марку материала
3. Произвести сканирование заготовки
4. Выявить дефекты
5. Указать в отчёте возможные дефекты конструкций из композиционных материалов

Интернет ресурсы: <http://technomag.bmstu.ru/doc/361759.html>.

#### **5. Объект исследований: сварные соединения**

Конструкция соединения: баллон высокого давления – материал 30ХГСА  
Штуцер – 09Х18Н9Т

Задание:

1. Выполнить эскиз соединения с указанием размеров
2. Дать характеристику и расшифровать марки материалов
3. Произвести сканирование поверхности макрошлифа
4. Выявить дефекты соединения
5. Указать в отчёте возможные дефекты сварных соединений.

## 6. Объект исследований: сварные соединения

Конструкция соединения: элементы подкоса подредукторной рамы – материал ВТ-14

Задание:

1. Выполнить эскиз соединения с указанием размеров
2. Дать характеристику и расшифровать марки материалов
3. Произвести сканирование поверхности макрошлифа
4. Выявить дефекты соединения
5. Указать в отчёте возможные дефекты сварных соединений.

Форма протокола макроанализа.

№ п/п	Марка материала, исследуемая заготовка, изделие.	Эскиз исследуемого изделия. Наблюдаемая структура	Состав травителя	Вывод Дефекты, наблюдаемые в исследуемом изделии/Возможные дефекты

## Лабораторная работа №2. Ознакомление с устройством и работа на металлографическом микроскопе. Микроанализ металлов и сплавов. (2час.)

Цель работы: ознакомление с процессом приготовления микрошлифов, изучение устройства металлографического микроскопа и приобретение практических навыков работы на нем, проведение микроанализа сплавов и приобретение навыков фотографирования и зарисовки простейших микроструктур.

Оборудование и материалы:

1. Цифровой металлографический комплекс Альтами МЕТ 1.
2. Микроскопы металлографические МИМ7, МИМ8.
3. Установка для полирования образцов.
4. Химические травители.
5. Персональный компьютер: ПК DNS Office s/n F5CA001340-18

6. Фотоаппарат цифровой: Canon A550, A640.
7. Принтер Canon
8. Сканер Epson Perfection V100 Photo s/n J85W027315
9. Коллекция образцов для проведения микроанализа.

Микроскопический анализ (микроанализ) металлов и сплавов заключается в исследовании строения (структуры) металла с помощью оптического или электронного микроскопа. Строение металлов и сплавов, наблюдаемое при помощи микроскопа, называется микроструктурой.

Между микроструктурой металлов и их свойствами существует четкая связь. Микроанализ позволяет определить форму и размеры отдельных зерен и фаз, а также их содержание, относительное расположение, выявить наличие имеющихся в металле включений, микродефектов и судить о свойствах металлов и сплавов, о предшествующей обработке этих материалов (литье, деформирование, термическая обработка). Микроанализу подвергают специально подготовленные образцы, называемые микрошлифами.

Микрошлифы готовят следующим образом. Место вырезки образца выбирают в зависимости от задач исследования (в ряде случаев порядок и место вырезки строго регламентируются ГОСТами). В случае выяснения причин разрушения деталей во время эксплуатации образцы вырезают вблизи места разрушения ножовкой, фрезой, резцом, алмазными, вулканитовыми кругами или электроискровым способом. При вырезании и последующем шлифовании образца зачастую необходимо охлаждение. Значительный нагрев недопустим, так как он может вызвать существенные структурные изменения металла.

Обычно образцы имеют форму цилиндра или четырехгранника с линейными размерами 10...20 мм. В случае, когда размеры микрошлифов малы (проволока, тонкий лист, мелкие детали), последние закрепляют в специальных зажимах (струбцины) или заливают в оправках легкоплавкими

материалами (сплав Вуда, эпоксидные или акриловые смолы, сера, пластмассы).

Поверхность образца делают плоской и шлифуют вручную либо на станках наждачными шкурками. При этом следует соблюдать последовательность и плавность перехода от грубозернистых к мелкозернистым шкуркам. Для сухого шлифования применяют шкурку, выпускаемую промышленностью по ГОСТ 6456–82, для мокрого – водостойкую бумажную шкурку (ГОСТ 10054–82). Если шлифование ведут вручную, шлифовальную бумагу кладут на ровную плоскую поверхность (например, на стекло). После шлифования остатки абразива смывают водой с поверхности шлифа. Затем для удаления мелких рисок образец полируют. Электролиты и режимы электролитического полирования металлов и сплавов показаны в таблице 2.

Таблица 2 - Электролиты и режимы электролитического полирования металлов и сплавов

Полируемые металлы, сплавы	Электролит		Режим полирования
	номер	состав	
1	2	3	4
Углеродистые, аустенитные, коррозионно-стойкие стали, бериллий.	1	200 мл. перхлористой кислоты, 700 мл. этилового спирта, 100 мл. глицерина.	Напряжение $U = 30 \dots 40$ В; плотность тока $I = (1 \dots 1,5) \times 10^4$ А/м <sup>2</sup> ; время полирования $\tau = 10 \dots 30$ с.
Алюминий и его сплавы.		То же.	$U = 40 \dots 50$ В; $I = 1,8 \cdot 10^4$ А/м <sup>2</sup> ; $\tau = 20 \dots 30$ с.
Никель и его сплавы.		То же.	$U = 40$ В; $I = (1,4 \dots 1,5) \cdot 10^4$ А/м <sup>2</sup> ; $\tau = 40 \dots 60$ с.
Титан и его сплавы	2	20 мл. перхлористой кислоты, 350 мл. этилового спирта, 100 мл. бутилцеллозолява.	$U = 30$ В; $I = (0,018 \dots 0,035) \cdot 10^4$ А/м <sup>2</sup> ; $\tau = 30$ с.

Существующие способы полирования основаны на механическом или электрохимическом способе удаления материала, либо на их комбинации. Механическое полирование ведут на полировальном станке, диск которого обтянут тканью (фетр, бархат, тонкое сукно). На ткань наносят пасту ГОИ

или периодически поливают ее суспензией, содержащей мелкие абразивные частицы (окиси алюминия, хрома, железа и т. д.). Хорошим полирующим материалом являются алмазные пасты, содержащие алмазные микропорошки АСМ или АМ. Пасту наносят на бумажный лист, закрепленный на вращающемся диске, или на ткань. Когда поверхность приобретает зеркальный блеск, полирование прекращают. На качественно отполированном микрошлифе при наблюдении под микроскопом отсутствуют риски, царапины, вырывы (хвосты).

Микрошлиф промывают водой или спиртом, просушивают сжатым воздухом или фильтровальной бумагой. Весьма эффективно электрохимическое полирование, основанное на анодном растворении выступов шлифованной поверхности в гальванической ванне. Образец (анод) и в большинстве случаев аустенитную коррозионно-стойкую сталь (катод) опускают в ванну с электролитом. При пропускании тока выступы шлифованной поверхности растворяются, поверхность становится зеркальной.

После полирования под микроскопом сначала изучают нетравленный шлиф, затем – протравленный.

При изучении нетравленного шлифа можно обнаружить различные микродефекты. Наблюдаемые на шлифе различного цвета участки небольших размеров представляют собой неметаллические включения (оксиды, сульфиды, силикаты), которые ухудшают механические свойства сплавов. Выявленные при микроанализе размеры включений, их форму, содержание и характер распределения их в стали оценивают по шкале баллов по ГОСТ 1778–70 и делают вывод о пригодности стали для изготовления тех или иных деталей.

Таблица 3 - Реактивы для травления микрошлифов

Номер	Реактив	
	назначение	состав
1	Выявление структуры сталей, в том числе после термической или химико-термической обработки, чугунов, магния.	1...5 мл. азотной кислоты, 100 мл. этилового спирта (реактив Ржешотарского).
2	Выявление структуры различных сталей, чугунов, ферросплавов.	0,5...6 г. пикриновой кислоты, 100 мл. этилового спирта.
3	Выявление структуры коррозионно-стойких сталей с высоким содержанием никеля и кобальта, а также структуры сплавов никеля.	30 мл. азотной кислоты, 20 мл. уксусного ангидрида*.
4	Выявление структуры высокохромистых коррозионно-стойких сталей.	3 мл. азотной кислоты, 10 мл. соляной кислоты, 100 мл. этилового спирта.
5	Выявление карбидов, вольфрамовидов в сталях и структуры высоколегированных хромоникелевых сталей.	10 г. калиевой соли гексацианожелезной кислоты (красная кровяная соль), 10 г. едкого калия, 100 мл. дистиллированной воды (реактив Мураками).
6	Выявление структуры никелевых и кобальтовых сплавов, коррозионно-стойких и жаропрочных сталей.	20 г. сернокислой меди, 100 мл. соляной кислоты, 100 мл. дистиллированной воды (реактив Марбле).
7	Выявление структуры меди и ее сплавов.	5 мл. хлорного железа, 10 мл. соляной кислоты, 100 мл. дистиллированной воды.
8	Выявление структуры титановых сплавов.	5 мл. плавиковой кислоты (48%-я), 100 мл. дистиллированной воды.
9	Выявление структуры алюминиевых сплавов.	5 мл. плавиковой кислоты (48%-я), 100 мл. дистиллированной воды.

\* Реактив наносят ватным тампоном.

Черные включения больших размеров пластинчатой, хлопьевидной или шаровидной формы, обнаруживаемые в чугунах, представляют собой выделения графита. Чем больше дисперсность и изолированность графитных включений, чем совершеннее их геометрическая форма, тем выше механические свойства чугунов.

После просмотра нетравленного микрошлифа его подвергают травлению, которое проводят в большинстве случаев погружением шлифа в соответствующий реактив (таблица 3). Продолжительность травления может составлять от нескольких секунд до нескольких минут в зависимости от его

целей. Затем шлиф промывают водой, просушивают фильтровальной бумагой и изучают с помощью металлографического микроскопа. Последний в отличие от биологического позволяет рассматривать непрозрачные тела в отраженном свете. Если структура шлифа выявлена нечетко, его травят дополнительно, если слишком затемнена – снова полируют и травят. В силу различной интенсивности взаимодействия реактива с различными фазами создается микрорельеф поверхности. Наиболее протравившиеся (растворившиеся при протравливании) фазы, граничные зоны зерен при рассмотрении под микроскопом выглядят темными в отличие от светлых непротравившихся.

Рассмотрим устройство и правила работы на металлографическом микроскопе Альтами МЕТ 1.

#### 1. Область применения

Металлографический микроскоп Альтами МЕТ 1 используется в институтах, исследовательских лабораториях и на производстве для наблюдения и анализа микроструктуры металлов и сплавов. Альтами МЕТ 1 - идеальное решение для изучения свойств металлов и качества металлических покрытий.

2. Общий вид металлографического микроскопа Альтами МЕТ 1 показан на рис. 15.

3. Возможные увеличения микроскопа Альтами МЕТ 1 показаны в таблице

4. Увеличение микроскопа зависит от увеличений объектива и окуляра, как показано в таблице 4.

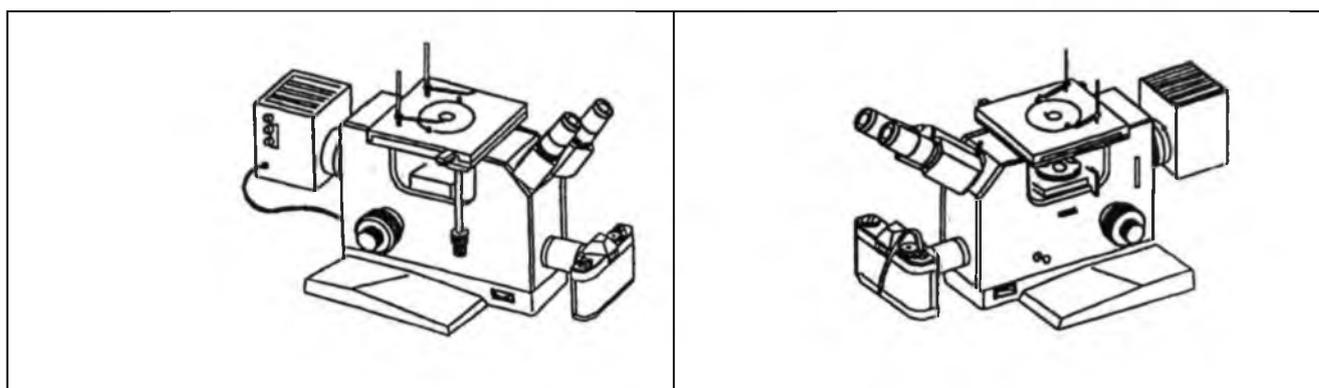


Рис. 15. Общий вид Альтами МЕТ 1

Таблица 4 – Возможные увеличения Альтами МЕТ 1

		Объективы					
		2.5X*	4X*	10X	20X	40X	100X
Окуляры	5X*	12.5X	20X	50X	100X	200X	500X
	10X	25X	40X	100X	200X	400X	1000X
	12.5X	≈30X	50X	125X	250X	500X	1250X

3. Рабочее напряжение микроскопа 220В/50Гц

4. Диапазон перемещения предметного столика 75x50 мм

5. Работа на микроскопе

Обозначение элементов микроскопа показано на рис. 16

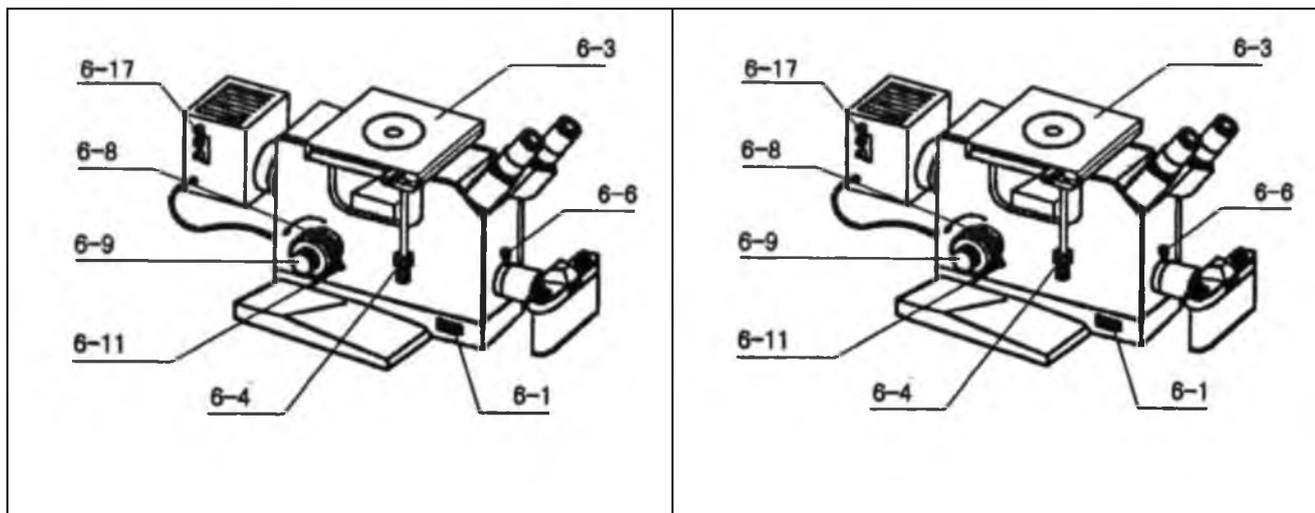
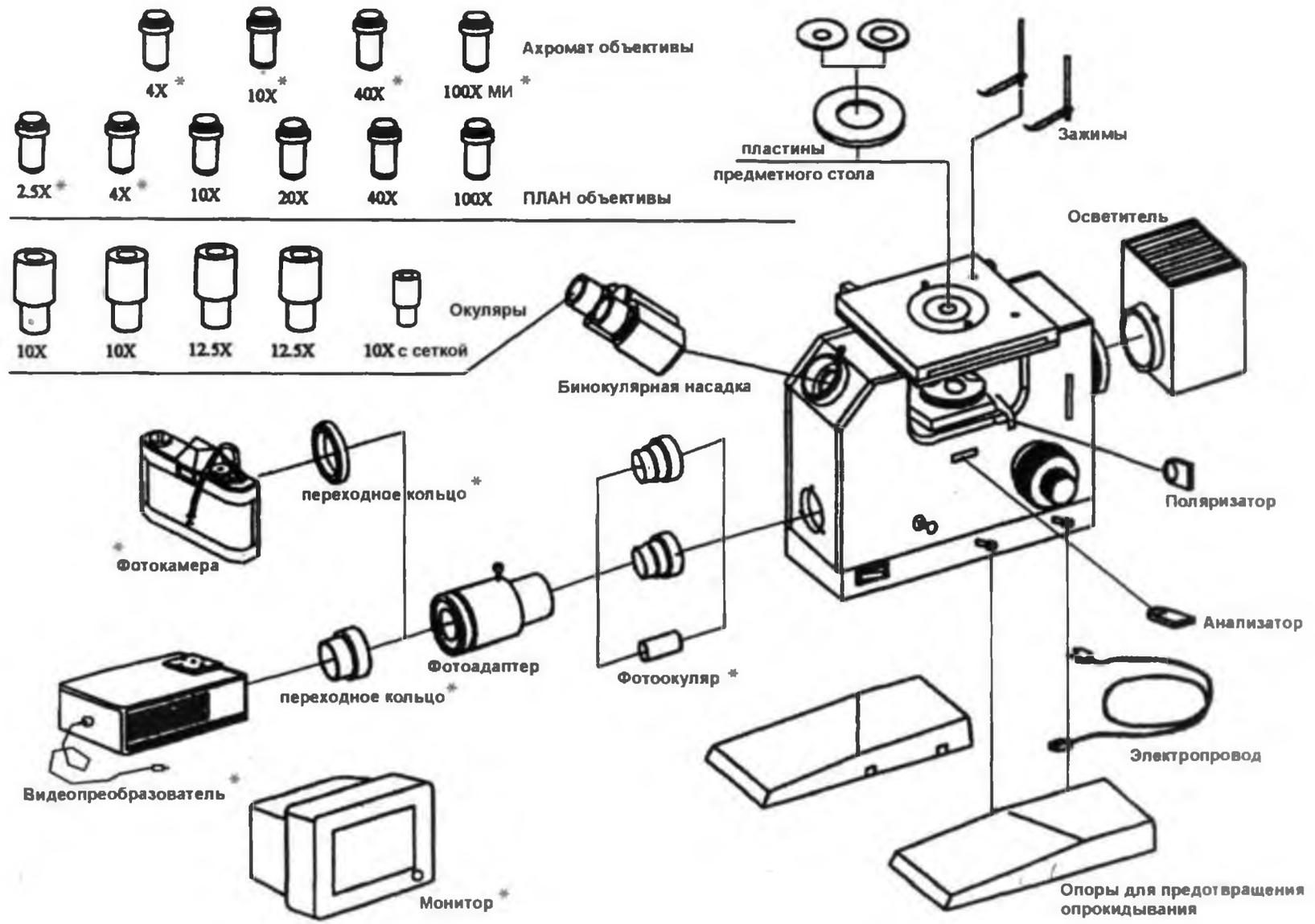


Рис. 16. Обозначение элементов микроскопа Альтами МЕТ 1.

#### 4.1 Настройка микроскопа

- После того, как убедитесь, что рабочее напряжение микроскопа и напряжение сети соответствуют, подключите шнур электропитания к розетке.
- Установите рычаг регулировки света, находящийся на левой стороне

основания микроскопа (6-1) в положение, соответствующее минимальному уровню освещенности, включите микроскоп.



- Поместите пластину с подходящим отверстием в отверстие предметного столика (6-3) . Установите исследуемый образец на пластине.
- Вращая револьверное устройство (6-7), установите, к примеру, объектив 10x в рабочее положение.
- Вращая ручку грубой фокусировки (6-8), получите изображение исследуемого объекта в окулярах, затем ручкой точной фокусировки получите четкое изображение.
- Установите удобное расстояние между окулярами, как показано на рис. 17.



Рис. 17. Схема установки удобного расстояния между окулярами

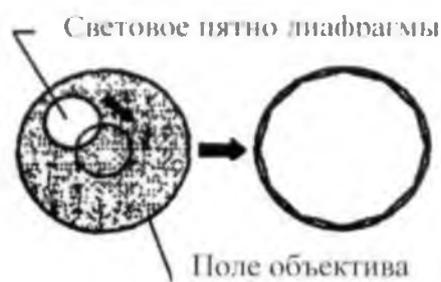


Рис. 18. Настройка положения ирисовой диафрагмы.

Установите объектив большего увеличения, который Вы хотите использовать в рабочее положение. Вращая ручки грубой и точной фокусировки, получите четкое изображение в правом окуляре. Затем получите четкое изображение одновременно в двух окулярах, вращая кольцо подстройки диоптрий левого окуляра.

- Настройте положение ирисовой диафрагмы, для этого сделайте диаметр диафрагмы минимальным (ручка регулировки диафрагмы и винты подстройки положения находится за револьверным устройством), чтобы световое пятно

полностью было видно в окулярах и добейтесь, чтобы центр светового пятна совпадал с центром изображения, видимого в окулярах (как показано в рис. 18). Откройте диафрагму полностью.

- Откройте полностью диафрагму (6-16), установите один из светофильтров в рабочее положение (6-15).
- Добейтесь максимально яркого света, вращая ручки настройки положения лампы осветительного блока.

4.2. Использование кольца регулировки жесткости хода и ограничителя хода грубой фокусировки.

- При длительной работе на микроскопе может пропадать резкость изображения из-за «скатывания» объективов вниз. Для предотвращения потери фокусировки имеется возможность регулировать жесткость хода револьверного устройства. Кольцо регулировки жесткости хода находится на правой ручке коаксиальной фокусировки.

Ограничитель хода грубой фокусировки находится на противоположной стороне от кольца регулировки жесткости хода, на левой ручке коаксиальной фокусировки. Ограничитель хода может быть использован для быстрого возврата в рабочее положение объектива после необходимой расфокусировки или с целью предотвращения объектива во время работы.

- Для использования ограничителя получите четкое изображение в объективе или фото/видео принадлежности, а затем затяните (не прикладывая чрезмерных усилий) ограничитель (для этого потяните ручку ограничителя на себя до упора).
- Таким образом, вы получите верхний предел перемещения объективов. Не прикладывайте больших усилий при достижении верхнего предела перемещения, это может сломать механизм ограничителя.
- Чтобы снять верхний предел перемещения объективов, верните ограничитель в исходное положение.

4.3. Поляризация света

В некоторых исследованиях необходимо использование поляризованного света. Металлографический микроскоп Альтами МЕТ 1 дает такую возможность.

Установите анализатор и поляризатор в специальные щелевые отверстия, как показано на рис. 2 до упора.

Вращайте кольцо анализатора до получения изображения.

#### 4.4. Фото/видео принадлежности для цифрового комплекса Альтами МЕТ 1.

Металлографический микроскоп Альтами МЕТ 1 оснащен специальным выводом для подключения фото/видео устройств.

Для подключения фотоаппарата необходимо снять предохранительное кольцо с фотовыхода микроскопа. Совместите фотоадаптер, поставляемый в комплекте, с фотоаппаратом и осторожно прикрутите фотоаппарат с фотоадаптером к фотовыходу микроскопа.

Для того чтобы можно было производить фото/видео съемку исследуемого объекта через специальный вывод, необходимо полностью выдвинуть рычаг (6-5 см. рис. 16). При этом изображение в окулярах пропадет.

Включите фотокамеру. На ЖК экране фотокамеры будет видно исследуемый объект. Фокусировка для окуляров и фотокамеры не всегда совпадает в точности, поэтому необходимо подстроить фокусировку, чтобы получить резкое изображение на фотоснимке.

После подстройки фокусировки микроскопа и выбора необходимого увеличения на фотокамере произведите фотосъемку. Для фотосъемки рекомендуется использовать либо дистанционный пульт, либо программу для управления фотокамерой с компьютера, чтобы не нажимать на кнопку фотоаппарата вручную, что может создать вибрацию фотоаппарата и снизить качества получаемого изображения.

#### 4.5. Замена лампы освещения.

Для начала, отключите электропитание микроскопа и выньте шнур из розетки. Выверните винты крепления осветительного блока и отделите блок от микроскопа. Осторожно замените лампу. Не оставляйте на устанавливаемой

лампе грязи и отпечатков. Установите осветительный блок на место и прикрутите его винтами крепления.

4.6. После окончания работы на микроскопе, выключите микроскоп, выньте вилку из розетки и накройте микроскоп защитным чехлом (поставляется в комплекте).

Рассмотрим устройство металлографического вертикального микроскопа МИМ – 7 и правила работы с ним. По расположению основных узлов различают вертикальные (МИМ-7, ММР-2Р, ММР-4, ММУ-3) и горизонтальные (МИМ-8М, МИМ-9, Neophot-21) металлографические микроскопы.

Общее увеличение микроскопа при визуальном рассмотрении равно произведению увеличения объектива и окуляра:

$$V_o = V_{об} V_{ок} = 250 \cdot l / (F_{ок} F_{об}),$$

где  $l$  – оптическая длина тубуса, м.;  $F_{об}$ ,  $F_{ок}$  – фокусные расстояния объектива и окуляра, м.

Важная характеристика микроскопа – разрешающая способность (РС, м<sup>-1</sup>) его оптической системы. Под разрешающей способностью понимают величину, обратную минимальному расстоянию  $d_{min}$  между двумя точками, когда они еще видны раздельно:

$$PC = 1/d_{min} = 2n \sin \alpha / \lambda = 2A / \lambda,$$

где  $n$  – коэффициент преломления для среды между объектом и фронтальной линзой объектива,  $\alpha$  – половина отверстного угла фронтальной линзы объектива,  $\lambda$  – длина волны света, м.;  $A$  – числовая апертура.

Чем меньше абсолютное значение  $\alpha$ , тем выше РС системы, достигающая максимума при  $A = 1,5$  и  $\lambda = 6 \cdot 10^{-7}$  м:

$$PC_{max} = 2 \cdot 1,5 / (6 \cdot 10^{-7}) = 5 \cdot 10^8 \text{ м}^{-1}.$$

Микрошлифы обычно просматривают в воздушной среде ( $n = 1$ ) Поместив между объектом и фронтальной линзой объектива среду с большим показателем преломления (например, каплю кедрового масла,  $n = 1,52$ ), можно достичь максимальных увеличения и разрешающей способности.

Максимальное полезное увеличение микроскопа, т.е. увеличение, при котором выявляются детали структуры, определяется по формуле

$$V_{\Pi} = PC_{\max}/PC_{\Gamma},$$

где  $PC_{\Gamma} = 1 / d_{\Gamma}$  – максимальная разрешающая способность человеческого глаза,  $m^{-1}$ . В рассматриваемом случае

$$V_{\Pi} = 5 \cdot 10^8 / (3 \cdot 10^4) = 1500.$$

Качественное изображение микроструктуры обеспечивается, когда общее увеличение оптической системы не превышает ее полезного увеличения. Последнее для видимого света в данной системе принимают равным 500...1000 апертур взятого объектива. Качество изображения зависит также и от степени коррекции ошибок изображений (геометрической или хроматической аберрации).

Рассмотрим устройство металлографического микроскопа МИМ-7 (рис. 19). Он состоит из следующих основных систем: оптической, осветительной с фотографической аппаратурой и механической.

Оптическая система микроскопа включает объектив и окуляр, от которых зависит увеличение микроскопа, и ряд вспомогательных элементов (призмы, зеркала, линзы и др.) Объектив, представляющий собой сложное сочетание линз, дает действительное увеличенное обратное изображение микроструктуры микрошлифа. Окуляр состоит из нескольких линз и предназначен для увеличения изображения, полученного объективом, и преобразования его из обратного в прямое. В таблице 5 содержатся характеристики объективов и окуляров для микроскопа МИМ-7 и создаваемые им увеличения.

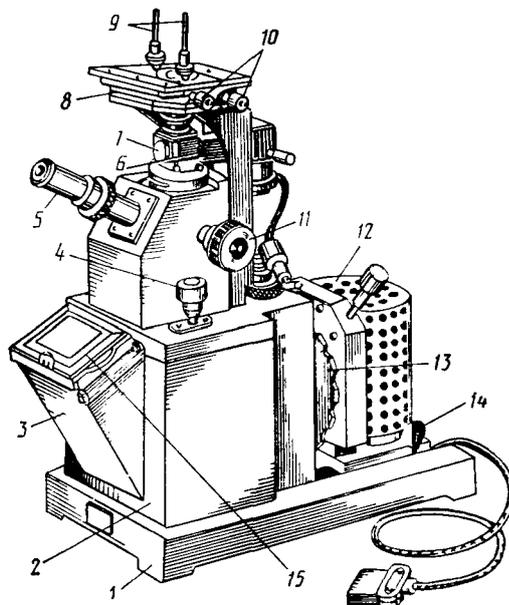


Рис. 19. Общий вид микроскопа МИМ-7.

1 – основание; 2 – корпус; 3 – фотокамера; 4 – микрометрический винт; 5 – визуальный тубус с окуляром; 6 – рукоятка иллюминатора; 7 – иллюминатор; 8 – предметный столик; 9 – клеммы; 10 – винты перемещения столика; 11 – макрометрический винт; 12 – осветитель; 13 – рукоятка светофильтров 14 – стопорное устройство осветителя; 15 – рамка с матовым стеклом.

В осветительную систему микроскопа входят источник света, серия линз, светофильтров и диафрагм. Источником света является электрическая лампа (17 В), включаемая в сеть через понижающий трансформатор.

Часть света, излучаемого лампой 18 (рис. 20), проходит через коллектор 17, светофильтр 19 на зеркало 20 и далее через линзу 16, апертурную диафрагму 15, линзу 14, полевую диафрагму 12, пентапризму 11, линзу 10 поступает на плоскопараллельную отражательную пластинку 7. Пластинка 7 полупрозрачная, пропускает около  $\frac{2}{3}$  светового потока и лишь около  $\frac{1}{3}$  его отражает на объектив 8, который фокусирует лучи на поверхности микрошлифа 9. Отраженные от объекта лучи проходят через объектив 8, плоскопараллельную пластинку 7, ахроматическую линзу 6, зеркало 5, окуляр 4 и попадают в глаз наблюдателя. Для фотографирования тубус с окуляром 4 и зеркалом 5 выдвигают, и лучи проходят через один из трех фотоокуляров 3 на зеркало 1 и

фотопластинку или матовые стекла 2. Экспонирование осуществляют с помощью фотозатвора 13.

Таблица. 5 - Увеличение микроскопа МИМ-7

Характеристики объективов		Увеличение окуляра						
		при визуальном наблюдении				при фотографировании		
F, мм.	A	7*	10*	15*	20*	7*	10*	15*
23,17	0,17	60	90	130	170	70	120	160
13,89	0,30	100	140	200	300	115	200	270
8,16	0,37	170	240	360	500	200	340	450
6,16	0,65	-	320	500	650	-	440	600
2,77	1,25	500	720	1080	1440	575	1000	1350

П р и м е ч а н и я . А – числовая апертура; F – фокусное расстояние. Звездочка обозначает кратность увеличения окуляра.

Механическая система микроскопа включает макровинт, стопорное устройство для него (стопор), микровинт, предметный столик с двумя винтами, корпус, штатив и ряд других элементов.

Работу на микроскопе рекомендуется проводить таким образом. На предметный столик 8 (см. рис. 19) над прорезью помещают образец, обращенный полированной поверхностью к объективу. Затем включают микроскоп в электросеть, устанавливая при этом необходимый накал лампы освещения. Затем, опустив рукоятку стопора, плавным вращением макровинта 11 поднимают или опускают предметный столик, чем обеспечивают приблизительное фокусирование. При этом непрерывно ведут наблюдение в окуляр. Приближение поверхности микрошлифа к фокальной плоскости характеризуется значительным ростом освещенности поля зрения и появлением изображения микроструктуры. Затем, придерживая правой рукой макровинт, левой – стопорят его. Точное фокусирование проводят вращением микровинта 4. Перемещая предметный столик с помощью винтов 10 в

горизонтальной плоскости в двух взаимно перпендикулярных направлениях, можно изучить различные участки микрошлифа. Регулируя диафрагму и светофильтры, устанавливают такие интенсивность и контрастность света, которые обеспечивают необходимое качество изображения при наименьшей утомляемости глаза.

Изучение протравленного шлифа позволяет решать ряд задач при анализе микроструктурного строения металла или сплава. Сначала остановимся на определении размера зерна.

Измерить размер какого-либо микроскопического объекта, например зерна металла, можно с помощью окуляра-микрометра, т. е. окуляра, в который вставлена пластинка с линейкой. Прежде чем начать измерение, необходимо определить цену деления окуляра-микрометра при выбранном объективе. На предметный столик кладут объект-микрометр (эталонная пластинка, каждое из 100 делений шкалы которой соответствует  $10^{-5}$  м). После фокусирования совмещают обе шкалы в положении, показанном на рис. 21 (поворачивая окуляр и вращая винты предметного столика). Затем определяют, сколько делений шкалы объекта-микрометра совпадает с делениями шкалы окуляра-микрометра. При этом необходимо принимать во внимание всю окулярную шкалу. Например, при данном объективе 100 делений объекта-микрометра совпадает с 61 делением окуляра-микрометра. Цену деления шкалы окуляра-микрометра (м) определяем по формуле

$$Ц_{ок} = Ц_{об} A/B,$$

где  $Ц_{об}$  – цена деления шкалы объекта-микрометра (0,01 мм); А – число совмещенных делений объекта-микрометра; В – число совмещенных делений окуляра-микрометра.

Подставив числовые значения, получаем

$$Ц_{ок} = 0,01 \cdot 10^{-3} \cdot 100/61 = 1,64 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

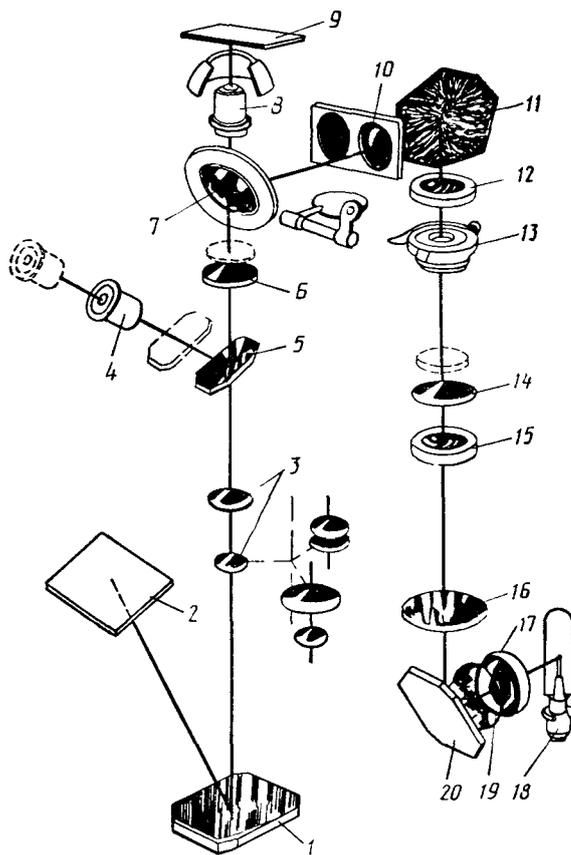


Рис. 20. Оптическая система микроскопа МИМ-7

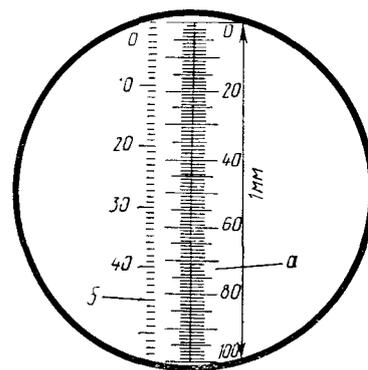


Рис. 21. Схема определения цены деления окуляра:

а – шкала объекта-микрометра; б– шкала окуляра-микрометра

Теперь, зная цену деления и длину всей линейки окуляра-микрометра, при данном увеличении можно измерить размер любого микрообъекта (зерна, диффузионного слоя, длины графитного включения и т. д.). Размер зерна – средний размер случайных сечений зерен в плоскости микрошлифа – определяют в соответствии с ГОСТ 6539 – 82 следующими методами:

- 1) визуального сравнения с эталонными шкалами;
- 2) подсчета числа пересечений границ зерен отрезками шкалы;
- 3) подсчета количества зерен, приходящихся на единицу площади поверхности;
- 4) измерения длин хорд.

Рассмотрим сущность первых двух наиболее простых методов. Изображения нескольких типичных мест, наблюдаемые в окуляре, на матовом стекле или зафиксированные на фотоснимке при 100-кратном увеличении микроскопа, сравнивают с эталонами и, отыскав аналог, определяют номер зерна. Если

последний выходит за пределы 2...10 номеров, используют другие увеличения и данные таблице 6.

Таблица 6 - Пересчет номера зерна на стандартное увеличение

(X 100)

Увели- чение	Номер зерна при увеличении в 100 раз																		
	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
50			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
200							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
400									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
800												1	2	3	4	5	6	7	8

Сущность второго метода состоит в подсчете числа зерен, пересеченных серией отрезков шкалы равной длины, и в определении среднего условного диаметра, т. е. частного от деления суммы длин всех отрезков на число пересеченных зерен. Размер зерна этим методом определяют, например, следующим образом. Подобрав такое увеличение, чтобы на исследуемой поверхности было не менее 50 зерен, а линейка окуляра-микрометра пересекала не менее 10 зерен (зерна на концах линейки, не пересеченные целиком, принимают за одно), подсчитывают число пересеченных линейкой зерен. Проведя расчет для двух взаимно перпендикулярных отрезков, повторяют его не менее чем для пяти характерных мест шлифа. Затем, разделив суммарную длину всех отрезков на число пересечений (зерен), получают средний условный диаметр зерна и по ГОСТ 5639–82 определяют помер зерна.

Удобно определять размер зерна с использованием номограммы (рис. 22), по которой можно установить зависимость между средним размером

зерна (мкм), число зерен на  $1 \text{ мм}^2$  площади шлифа и номером зерна. Например, при среднем диаметре зерна  $45 \text{ мкм}$  на площади  $1 \text{ мм}^2$  находится 500 зерен, соответствующих номеру 6.

Размер зерна можно определить также методом площадей, когда подсчитывают число зерен, приходящихся на единицу площади поверхности шлифа. Весьма эффективно для получения количественных характеристик структуры (размер зерен, число фаз и их распределение в металле по величине и форме) использование автоматических анализаторов структуры типа «Квантимет».

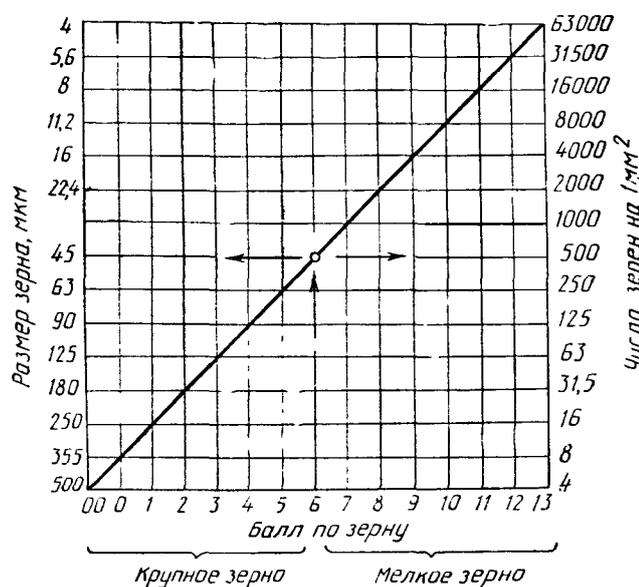


Рис. 22. Номограмма для определения размера зерна

От размера зерна в значительной степени зависят свойства металла. Так, мелкозернистый металл обладает более высоким комплексом механических свойств, чем крупнозернистый.

Микроанализ позволяет также определять микроструктуру сплавов. Сплавы, медленно охлаждаемые при затвердевании или отжиге, имеют равновесные микроструктуры, соответствующие их диаграммам состояния. Так, в структуру чистых металлов и твердых растворов входят сравнительно одинаковые по форме зерна с четкими границами, например, микроструктура феррита (светлые зёрна  $\alpha$ -железа ( $\text{Fe}_\alpha$ )) – рис. 23.

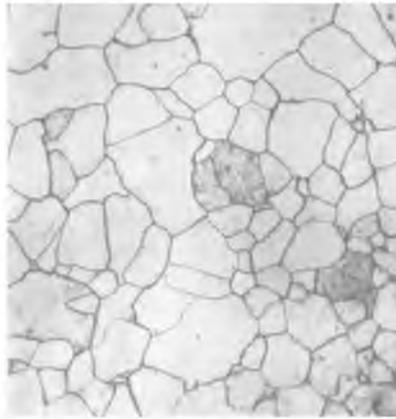


Рис. 23. Феррит (светлые зёрна  $\alpha$ -железа ( $Fe\alpha$ )).  $\times 300$ .

Стали с содержанием углерода до 0,8 % состоят из белых зерен феррита и темных перлита, рис. 24, 25.

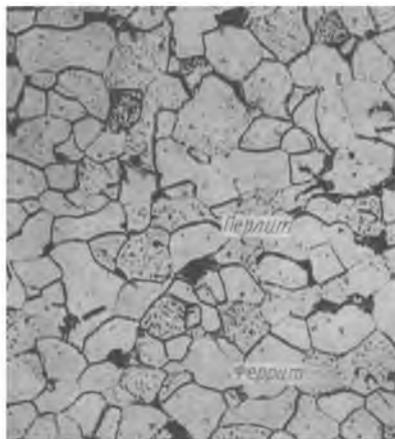


Рис. 24. Микроструктура стали с содержанием углерода 0,1%.  $\times 200$ .



Рис. 25. Микроструктура стали с содержанием углерода 0,4%.  $\times 200$ .

Проведение микроанализа данных сталей при больших увеличениях (например, более чем в 200 раз) позволяет выяснить, что перлит представляет собой смесь двух фаз, (рис. 26, 27).

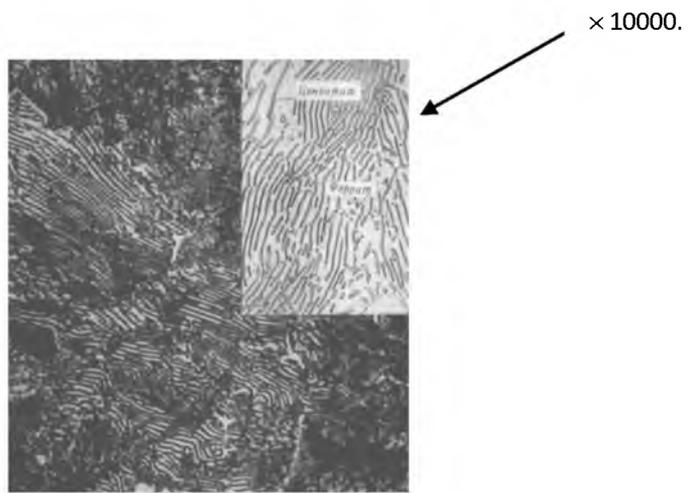


Рис. 26. Перлит пластинчатый, состоящий из тонких пластинок цементита, расположенных в ферритной основе.  $\times 600$ .

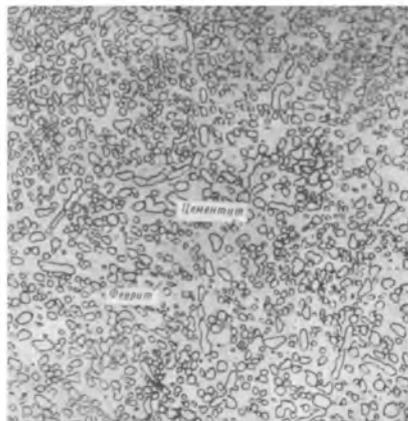


Рис. 27. Перлит зернистый состоящий из мелких зёрен цементита, расположенных в ферритной основе.  $\times 1500$ .

В заэвтектоидных сталях (рис. 28) цементит может иметь форму сетки по границам зерен



Рис. 28. Микроструктура стали с содержанием углерода 1,2 %, перлит и светлая сетка цементита.  $\times 200$ .

или быть зернистым (выделение хрупкого цементита в виде сетки в большой степени снижает пластичность стали).

Сплав может иметь многофазное строение и содержать кристаллы однородной фазы, эвтектики, мелких выделений, например, микроструктура оловянистого баббита Б83, рис. 29. Микроструктура баббита Б83 после быстрого охлаждения состоит из твёрдых кубиков SnSb, твёрдого скелета соединения  $Cu_6Sn_5$  и вязкой основы из тройной эвтектики, состоящей из твёрдого раствора сурьмы (Sb) и меди (Cu) в олове (Sn) и частиц SnSb и  $Cu_6Sn_5$ . В случае перегрева и медленного охлаждения структура баббита становится грубой, что резко ухудшает его свойства, твёрдые частицы SnSb становятся очень хрупкими, твёрдый скелет из  $Cu_6Sn_5$  также укрупняется.

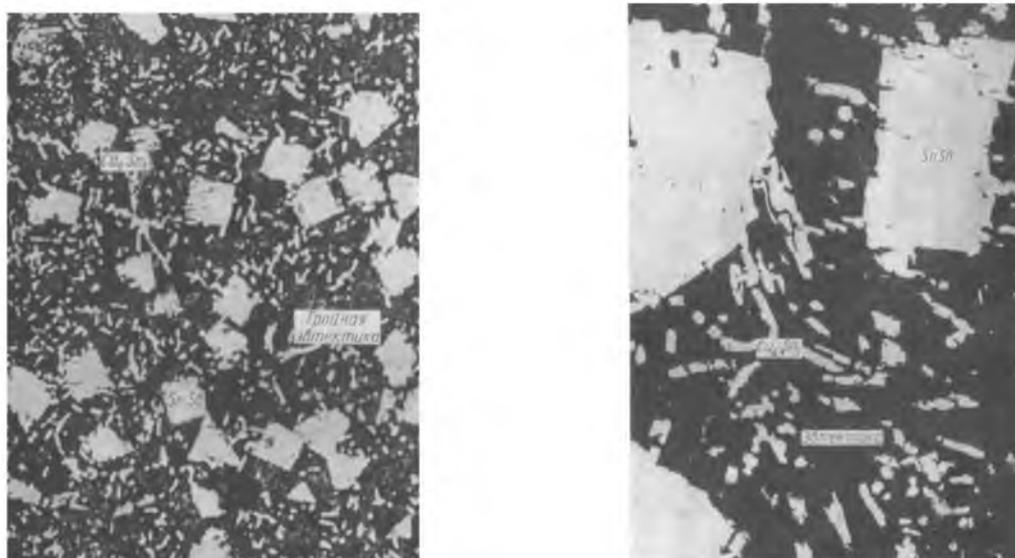


Рис. 29. Микроструктура оловянистого баббита Б83,  $\times 200$ :

а) после быстрого охлаждения; б) после перегрева и медленного охлаждения.

Правильная расшифровка микроструктуры, фазового состава, оценка формы и количественного соотношения фаз сплава позволяет довольно точно судить о его свойствах.

Микроанализ сталей позволяет определить, какие из них не подвергались холодному пластическому деформированию, а какие имеют типичные для деформированного состояния структуры. Различие структур указывает и на различие механических свойств сталей. Деформированная сталь более прочна

и менее пластична, ее свойства не одинаковы во взаимно перпендикулярных направлениях.

Сравнивая две микроструктуры стали одной и той же марки, нагретой до различных температур, легко выявить перегретую сталь. Она имеет более крупные зерна, а значит, худшие механические свойства. Микроанализ позволяет выявить наличие диффузионных слоев в металле (химико-термическая обработка), оценить их толщину и примерное содержание насыщающего элемента.

Микроанализ позволяет определить и наличие дефектных слоёв в металле, например, наличие «альфированного» слоя в сплавах на основе титана (рис. 30).

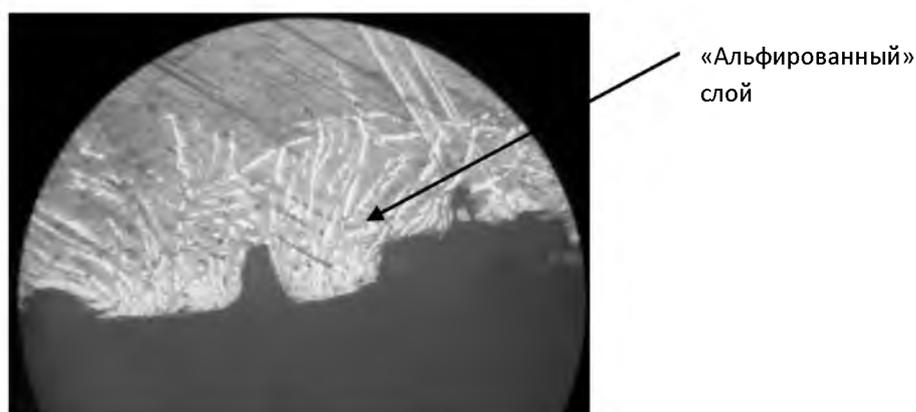


Рис. 30. «Альфированный» слой на поверхности титанового сплава.  $\times 200$ .

Микроанализ позволяет определить тип графитовых включений в чугунах (рис. 31, 32, 33).



Рис. 31. Пластинчатый графит в серых чугунах.  $\times 200$ .



Рис. 32. Шаровидный графит в высокопрочных чугунах.  $\times 200$ .



Рис. 33. Хлопьевидный графит в ковких чугунах.  $\times 200$ .

Микроанализ позволяет по микроструктуре сделать заключение о способах дополнительной обработки литейных сплавов для улучшения микроструктуры, а следовательно и свойств сплавов. Например, у силуминов (литейных алюминиевых сплавов – основной легирующий элемент – кремний), отлитых в песчаные формы, без модифицирования микроструктура состоит из грубоигольчатой эвтектики и крупных первичных игол кремния, (рис. 34. а). Этот же сплав после модифицирования, т.е. после добавки комплексного модификатора, состоящего из NaCl, NaF и KCl, резко меняет свою микроструктуру, (рис. 34, б) и состоит из мелкозернистой эвтектики и дендритов твёрдого раствора кремния и других элементов в алюминии, в результате механические свойства сплава, в частности, прочность и пластичность значительно повышаются.

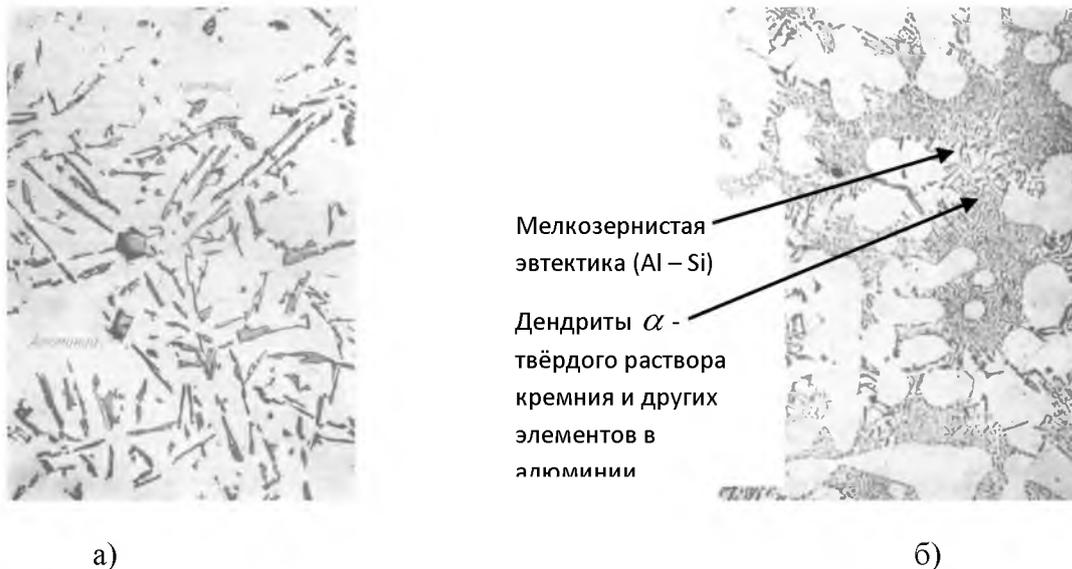


Рис. 34. Микроструктура силумина: а) до модифицирования; б) после модифицирования.  
×200

Поскольку разрешающая способность оптических микроскопов не превышает  $5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ , то изучение более тонких деталей структуры материала проводят методами электронной микроскопии, основанными на взаимодействии электронов с твердым телом. Наиболее широко применяют просвечивающие (ПЭМ) и растровые электронные микроскопы (РЭМ). ПЭМ формирует изображение благодаря неодинаковому рассеиванию потока электронов при их прохождении через объект – тонкую пленку металла или слепок (реплику) с изучаемой поверхности микрошлифа. Использование электронных излучений с очень малой длиной волны  $(0,04 \dots 0,12) \cdot 10^{-10} \text{ м}$  обеспечивает разрешающую способность системы до  $(2 \dots 5) \cdot 10^{-10} \text{ м}^{-1}$ , т. е. на уровне межатомных расстояний. РЭМ обеспечивает меньшую разрешающую способность системы  $(2,5 \dots 3) \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ , чем просвечивающий, но позволяет изучать непосредственно поверхность объекта. Направляемый им узкий пучок электронов (зонд) обегает изучаемую поверхность. Отраженные при этом электроны формируют изображение. РЭМ обеспечивает большую глубину резкости и высокое качество изображения.

Задание:

1. Изучить устройство металлографических микроскопов, усвоить приемы работы на нем.

2. Приготовить микрошлифы.
3. Провести микроанализ сплавов. Охарактеризовать их микроструктуру и фазовый состав, сфотографировать и зарисовать микроструктуру сплава.
4. Сделать выводы и составить отчет по работе в соответствии с вышеуказанными пунктами заданий (в отчёте должны быть указаны: тема, цель работы, оборудование и материалы, выполнен протокол микроанализа по форме, пояснения к каждой рассмотренной микроструктуре, использованная литература).

При выполнении лабораторной работы использовать атласы с фотоснимками микроструктур.

Следует помнить о том, что металлографические микроскопы – точные, сложные и дорогостоящие приборы, поэтому обращаться с ними нужно осторожно. Запрещается резко перемещать винты и рукоятки, вращать зафиксированный макровинт, прикасаться руками к линзам, разбирать узлы и оптические детали. Недопустимо попадание на линзы влаги или реактива, поэтому микрошлиф можно устанавливать на предметный столик только после тщательной просушки.

Форма протокола микроанализа.

№ п/п	Марка материала, исследуемая заготовка, изделие.	Наблюдаемая структура	Состав травителя	Вывод

### **Лабораторная работа №3. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Бринелля**

Цель: получение практических навыков испытания материалов на твёрдость

Оборудование и материалы:

1. Твердомер Бринелля

2. Микроскоп отсчётный МПБ-2

3. Образцы для испытаний

Постановка задачи и задание:

1. Изучить метод испытания на твёрдость по Бринеллю
2. Изучить устройство и работу твердомера
3. Провести испытания материалов на твёрдость
4. Разработать бланк-отчёт по выполненной работе, заполнить.
5. Разработать критерии выбора метода испытания на твёрдость

Теоретическая часть и методические указания

Под твёрдостью понимают свойство материала сопротивляться проникновению в него более твёрдого наконечника (индентора), не получающего остаточных деформаций. Испытания на твёрдость получили большое распространение в промышленности, т.к. они дают возможность изучать свойства материала не только на опытных образцах, но и на готовых конструкциях и деталях. К тому же имеется возможность по результатам испытаний на твёрдость определить величину предела прочности материала без проведения испытаний материала на растяжение.

Наибольшее распространение получили статические методы:

- а) метод Бринелля – вдавливание индентора – стального закалённого шарика; ГОСТ9012–59
- б) метод Роквелла ГОСТ 9013–59 – вдавливание индентора – стального шарика при контроле мягких материалов или алмазного конуса при испытании твёрдых
- в) метод Виккерса ГОСТ 2999-75 – вдавливание индентора – алмазной пирамиды.

#### Метод измерения твёрдости по Бринеллю

Сущность метода заключается во вдавливании индентора – шарика (стального закалённого или из твёрдого сплава) в образец или изделие под воздействием нагрузки  $P$ , приложенной перпендикулярно поверхности образца, в течение определённого времени и измерении диаметра отпечатка  $d$  после снятия

нагрузки (рис. 2.1). Диаметр образующегося сферического отпечатка  $d$  измеряется с помощью отсчетного микроскопа МПБ-2.

Твёрдость по Бринеллю (НВ) численно равна напряжению, выраженному отношением приложенной нагрузки  $F$  к площади поверхности  $A$  сферического отпечатка диаметром  $d$  (размерность при обозначении твёрдости опускается).

Для случая измерения нагрузки в килограммах

$$HB = \frac{F}{A} \quad (1)$$

Для случая измерения нагрузки в ньютонах

$$HB = 0,102 \cdot \frac{F}{A} \quad (2)$$

$$\text{где } A = \frac{\pi D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

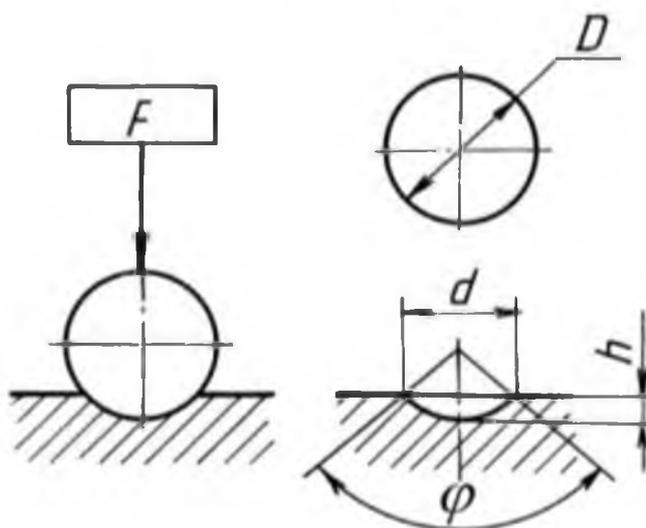


Рисунок 2.1 – Схема вдавливания шарика в образец или изделие

Согласно ГОСТу 9012-59 твёрдость по Бринеллю при использовании шарика  $D=10$  мм под нагрузкой  $F=29420$  Н (3000 кгс) с продолжительностью выдержки под нагрузкой от 10 до 15 секунд обозначается цифрами, характеризующими величину твёрдости, и буквами НВ, например: 185 НВ. При других условиях испытания после букв НВ указывается условие испытания в следующем порядке: диаметр шарика, нагрузка и продолжительность выдержки под нагрузкой, например: 185 НВ 5/750/20 – твёрдость по Бринеллю, определённая с применением шарика  $D=5$  мм, при

нагрузке 750 кгс и продолжительности выдержки под нагрузкой 20 с. Размерность числа твёрдости во всех случаях опускается.

Твёрдость HB для многих материалов связана с пределами прочности эмпирическими зависимостями, например,

для сталей  $\sigma_b = (2,94 \dots 3,53) HB$ , МПа.

Следует иметь в виду, что по Бринеллю нельзя определять твёрдость очень мягких ( $HB < 8$ ) и очень твёрдых материалов ( $HB > 450$ ). В мягких материалах шарик погрузится очень глубоко, диаметр отпечатка будет близок к диаметру шарика  $D$  и перестанет служить критерием твёрдости. Наоборот, если, твёрдость материала будет очень большой, величина отпечатка получится маленькой и края его будут столь нечёткими, что не удастся точно измерить диаметр отпечатка, к тому же шарик может получить остаточную деформацию, искажающую результаты испытания.

Условия испытаний и требования к образцам. Минимальная толщина образца должна быть не менее десятикратной глубины отпечатка

При испытании на твёрдость особое значение имеет качество поверхности. Чем меньше глубина вдавливания индентора (или нагрузка), тем выше должна быть чистота поверхности. Немаловажно также, чтобы в процессе подготовки поверхности не изменялись свойства поверхностного слоя (вследствие наклёпа или разогрева при шлифовании или полировке).

Требования к качеству вдавливаемого шарика, условиям приложения силы и качеству испытываемой поверхности регламентируются ГОСТ 9012-59. Продолжительность выдержки под нагрузкой должна быть от 10 до 15 с для черных металлов, для цветных металлов и сплавов – от 10 до 180 с, в зависимости от материала и его твёрдости, и должна быть указана в нормативно-технической документации.

Расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее  $4d$ , а расстояние от центра отпечатка до края образца (изделия) – не менее  $2,5d$ ; для металлов с твёрдостью менее 35HB расстояния должны быть соответственно  $6d$  и  $3d$ .

Число твёрдости может быть определено по формуле (1) или (2). Для быстрого определения числа твёрдости, в зависимости от диаметра шарика  $D$ , испытательной нагрузки  $F$ , величины  $K$ , пользуются специальными таблицами, заменяющими вычисления по указанным формулам, приведёнными в приложении к ГОСТ 9012-59.

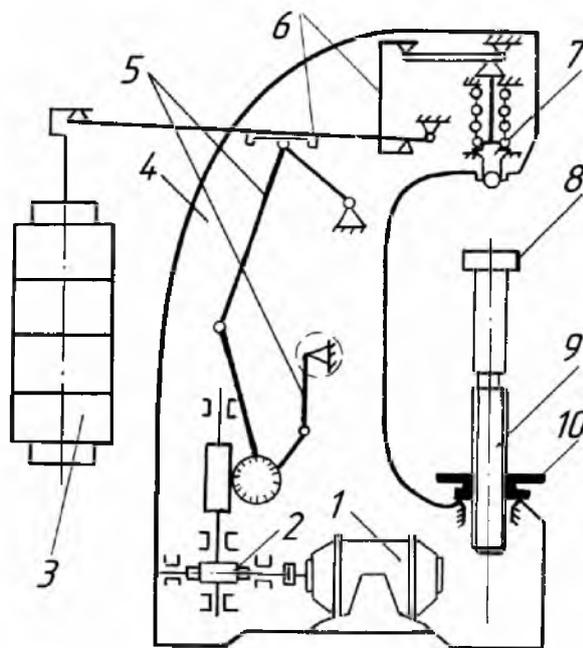


Рис. 2.2. Прибор для измерения твердости материалов ТШ-2М

Прибор для измерения твёрдости металлов ТШ – 2М (тип ТБ). Прибор ТШ–2М предназначен для измерения твёрдости металлов по методу Бринелля. Принципиальная схема прибора изображена на рис. 2.2. Механизм подъемного столика 8, на который помещается образец, состоит из пары винт-маховик 9, 10. Испытания осуществляются с помощью механизма, приводимого в работу электродвигателем 1, включение которого производится нажатием пусковой кнопки, расположенной на левой стороне станины 4. От двигателя через червячный редуктор 2 вращение передаётся на кривошипно-шатунный механизм нагружения 5. Шатун опускается, и освобождённая рычажная система нагружения 6 с грузами 3 передаёт через оправку 7 с шариком на конце заданную нагрузку образцу. Механизм нагружения возвращается в исходное положение механизмом переключения

вращения ротора электродвигателя. Электродвигатель при этом автоматически отключается.

Время выдержки образца под полной нагрузкой контролируют с помощью сигнальной лампы. Величина нагрузки, диаметр шарика и время испытания могут меняться путём регулирования пресса в зависимости от твёрдости материала образца.

Проведение испытания. Выбираются соответственный индентор (шариковый наконечник), закрепляют его в шариковой оправке 7, накладывают на подвеску требуемое количество грузов и устанавливают необходимую продолжительность выдержки образца под нагрузкой. Поскольку твёрдость материалов, испытываемых студентами в лаборатории лежит в пределах от  $140 < \text{HВ} < 450$ , то испытания проводятся при нагрузке  $P = 29240 \text{ Н}$  (3000 кг) и диаметре шарика  $D = 10 \text{ мм}$ . Образец кладётся на столик пресса 8 и с помощью маховика 10 до отказа поджимается к шариковой оправке 7. Нажимом на кнопку включается электродвигатель 1, вращение которого через редуктор 2 передаётся на образец. По окончании испытания, когда погаснет лампочка и включится электродвигатель, опускается столик, снимается образец и измеряется диаметр полученного отпечатка с помощью микроскопа. На рис. 2.3 дано изображение отпечатка, видимое в микроскоп ( $d = 4,25 \text{ мм}$ ).

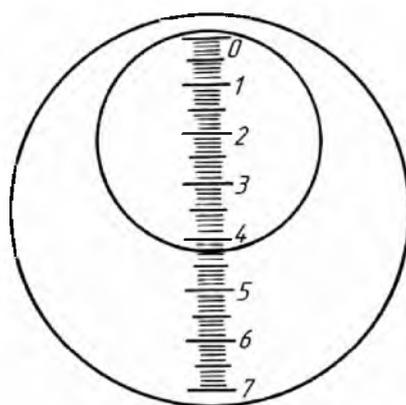


Рис. 2.3. Схема измерения отпечатка

Диаметр каждого отпечатка следует измерить трижды с точностью до сотых долей миллиметра и взять среднее из двух полученных измерений (разность измерений не должна превышать 2%). Число отпечатков каждый раз должно

быть не менее трёх. По диаметру отпечатка находят число твёрдости по формулам (1) или (2) или по таблицам ГОСТ 9012 – 59. По числу твёрдости вычисляют предел прочности материала.

Для углеродистой стали  $\sigma_s = 3,53 HB$ , МПа.

Сталь с твердостью HB:

120...175 .....  $\sigma_b \approx 0,34 HB$

175...450 .....  $\sigma_b \approx 0,35 HB$

Медь, латунь, бронза:

отожженная .....  $\sigma_b \approx 0,55 HB$

наклепанная .....  $\sigma_b \approx 0,40 HB$

Алюминий и алюминиевые сплавы с твердостью HB:

20... 45 .....  $\sigma_b \approx (0,33 - 0,36) HB$

Дуралюмин:

отожженный .....  $\sigma_b \approx 0,36 HB$

после закалки и старения .....  $\sigma_b \approx 0,35 HB$

Диаметр шарика, нагрузку и время выдержки определяют по табл. 2.1.

Табл. 2.1 – Диаметр шарика, нагрузка и время выдержки при испытаниях по Бринеллю

Материал	Интервал твердости в числах по Бринеллю	Минимальная толщина испытываемого образца в мм.	Соотношение между нагрузкой F и диаметром шарика	Диаметр шарика D в мм	Нагрузка P в кгс (Н)	Длительность выдержки под нагрузкой в сек.
Черные металлы	140...450	6...3 4...2 Менее 2	$F = 30D^2$	10,0 5,0 2,5	3000 750 187,5	10
-//-	<140	Более 6 6...3 Менее 3	$F = 10 D^2$	10,0 5,0 2,5	1000 250 62,5	10
Цветные металлы	>130	6...3 4...2 Менее 2	$F = 30 D^2$	10,0 5,0 2,5	3000 750 187,5	30

-//-	35...130	9...3 6...3 Менее 3	$F= 10 D^2$	10,0 5,0 2,5	1000 250 62,5	30
-//-	8...35	Более 6 4...3 Менее 3	$F= 2,5 D^2$	10,0 5,0 2,5	250 62,5	60

Число твердости определяется по формуле:  $HB = \frac{2F}{\pi D (D \cdot \sqrt{D^2 - d^2})}$

D - диаметр шарика в мм

d - диаметр отпечатка в мм

F- нагрузка на шарик

Чем тверже материал, тем меньше диаметр отпечатка, тем выше число твердости по Бринеллю.

Диаметр отпечатка измеряется при помощи отсчётного микроскопа (МПБ-2), имеющего шкалу с ценой деления 0,1 мм. На практике число твердости находят по таблицам ГОСТ 9012 – 59, в зависимости от нагрузки и диаметра отпечатка.

Кроме данных методических указаний для выполнения лабораторной работы вы можете воспользоваться учебной литературой:

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов:

учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр.86...87

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Контрольные вопросы:

1. Что называется твёрдостью материалов?
2. Каковы критерии выбора метода испытания на твёрдость?
3. Для каких материалов и на каких этапах технологических процессов изготовления деталей и элементов авиационных конструкций рекомендуется применять метод испытания на твёрдость по Бринеллю
4. Как обозначается число твёрдости по Бринеллю на чертежах
5. Разработайте бланк отчёта по лабораторной работе

Лабораторная работа №4. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Роквелла. Исследование влияния содержания углерода на твёрдость углеродистых сталей

Цель: получение практических навыков испытания материалов на твёрдость, проведение исследования вопроса влияния углерода на свойства углеродистой стали

Оборудование и материалы:

1. Твердомер Роквелла ТК –2
2. Образцы для испытаний

Постановка задачи и задание:

1. Изучить метод испытания на твёрдость по Роквеллу
2. Изучить устройство и работу твердомера Роквелла ТК-2М
3. Провести испытания материалов на твёрдость
4. Провести исследование влияния содержания углерода на твёрдость углеродистых сталей
5. Построить график зависимости твёрдости сталей от содержания углерода
6. Разработать бланк-отчёт по проведённой работе, заполнить.

Теоретическая часть и методические указания:

Сущность метода заключается во вдавливании индентора – наконечника с алмазным конусом или со стальным шариком в испытуемый образец (изделие) под действием последовательно прилагаемых предварительной ( $F_0$ ) и основной ( $F_1$ ) нагрузок и в измерении остаточной глубины проникновения этого наконечника ( $e$ ) после снятия основной нагрузки.

При измерении твёрдости по Роквеллу применяют два типа стандартных инденторов:

- а) для материалов небольшой (средней) твёрдости – стальной шарик диаметром 1,588 мм (1/16 дюйма);

б) для материалов с высокой твёрдостью (с твёрдостью по Бринеллю  $HB > 230$ ) – алмазный наконечник, представляющий собой конус с углом  $\alpha = 120^\circ$  и радиусом закругления при вершине  $R = 0,2$  мм.

При испытании по Роквеллу сначала прикладывается малая (предварительная нагрузка)  $F_0 = 98$  Н (10 кгс) для надёжного прижатия наконечника к образцу. Затем дополнительно прикладывается дополнительная нагрузка  $F_1$ , которая в сумме с предварительной нагрузкой составляют общую нагрузку  $F$ , прикладываемую к испытываемому образцу ( $F_0 + F_1 = F$ ). При отсчёте числа твёрдости нагрузка  $F$  уменьшается до  $F_0$ .

Таким образом, твёрдость по Роквеллу характеризуется разницей между максимальной глубиной проникновения в материал наконечника (выраженной в делениях шкалы прибора) и остаточной глубиной его проникновения после снятия основной нагрузки (рис. 4).

При испытании по Бринеллю более твёрдому материалу соответствует и большее число твёрдости. Чтобы это условие выполнялось и при определении твёрдости по Роквеллу, вводят условную шкалу глубин, принимая за одно её деление глубину, равную 0,002 мм. При испытании алмазным конусом предельная глубина внедрения составляет 0,2 мм, или  $0,2/0,002 = 100$  делений, при испытании шариком – 0,26 мм, или  $0,26/0,002 = 130$  делений.

Замеры глубины проникновения осуществляют по шкале циферблата индикатора прибора. На циферблате нанесены числа твёрдости в условных единицах. Единица твёрдости по Роквеллу соответствует осевому перемещению наконечника на 0,002 мм (размерность при обозначении числа твёрдости опускается).

Прибор для измерения твёрдости по Роквеллу имеет шкалы А, В и С. Отсчёт по шкалам А и С (на циферблате индикатора прибора эти шкалы имеют чёрный цвет) производится при вдавливании в испытываемый образец алмазного наконечника. Отсчёт по шкале В (на циферблате индикатора эта шкала красного цвета) производится при вдавливании в образец стального

закалённого шарика под действием соответствующих нагрузок, указанных в табл. 1.1.

Табл. 1.1 – Значения нагрузок

Нагрузка	Испытание по Роквеллу					
	Шкала С		Шкала А		Шкала В	
	Н	кГ	Н	кГ	Н	кГ
Предварительная нагрузка	98	10	98	10	98	10
Основная нагрузка	1373	140	490	50	883	90
Общая нагрузка	1471	150	588	60	981	100

Чем твёрже материал, тем меньше будет глубина проникновения наконечника в него. Чтобы при большей твёрдости материала получалось большее число твёрдости по Роквеллу, принято выражать его формулами:

а) при измерении по шкале А и С

$$HR = 100 - \frac{e}{0,002} ,$$

где  $e$  – остаточная глубина проникновения наконечника;

б) при измерении по шкале В

$$HR = 130 - \frac{e}{0,002} ,$$

Символ HR сопровождается буквой, указывающий на шкалу, по которой проводились испытания, например: HRA, HRB или HRC.

Шкалу А применяют для испытания твёрдых сплавов, тонкого листового материала и для определения твердости тонкого верхнего слоя поверхности.

Шкалу В применяют для испытаний металлов средней твёрдости.

Шкала С служит для определения твёрдости термически обработанной стали.

Предельные числа твёрдости для соответствующих шкал приведены в табл.

1.2. При твёрдости менее HRC 20 алмаз слишком глубоко проникает в образец, а при твердости более HRC 67 – в алмазном конусе создаётся слишком большое давление. Аналогично объясняются и пределы применимости шкал А и В.

Таблица 1.2.– Предельные числа твёрдости

Обозначение		Нагрузка, кГ, общая = (предварит. + основная)	Вид наконечника	Предел из- мерения твёрдости по Роквеллу HR	Примерная твёрдость по Бринеллю HB
шкалы	числа твёрдости				
В	HRB	100=(90+10)	шарик	25-100	60-230
С	HRC	150=(10+140)	алмазный конус	20-67	230-700
А	HRA	60=(10+50)	алмазный конус	78-85	свыше 700

Число твёрдости по Роквеллу можно перевести в число твёрдости по Бринеллю, пользуясь табличными данными (табл. 1.3.) или эмпирическими формулами Петренко:

а) для чёрной шкалы

$$HB = \frac{1420000}{(100 - HRC)^2}$$

б) для красной шкалы

$$HB = \frac{7300}{130 - HRB}$$

Но следует иметь в виду, что перевод чисел Роквелла в числа Бринелля не совсем точен.

Результат испытаний по Бринеллю точнее испытаний по Роквеллу вследствие больших размеров получаемых отпечатков и, следовательно, меньшего влияния неоднородности материала и дефектов на поверхности. Однако метод Роквелла имеет следующие преимущества: незначительность повреждений поверхности испытуемого образца, возможность определения твёрдости тонкостенных деталей, а также твёрдости термически обработанных стальных поверхностей.

Табл. 1.3 - Перевод чисел твёрдости по Роквеллу в числа твёрдости по Бринеллю

HRB	HB	HRB	HB	HRB	HB	HRB	HB	HRC	HB	HRC	HB
100	237	75	137	50	93	25	68	65	682	40	370
99	231	74	135	49	92	24	67	64	665	39	360
98	225	73	133	48	90	23	66	63	650	38	350
97	219	72	131	47	88	22	65	62	635	37	340
96	214	71	127	46	87	21	65	61	621	36	331
95	209	70	125	45	86	20	65	60	607	35	322
94	204	69	123	44	85	19	64	59	594	34	314
93	198	68	121	43	83	18	64	58	581	33	304
92	193	67	119	42	82	17	63	57	568	32	296
91	189	66	117	41	81	16	63	56	555	31	288
90	184	65	116	40	80	15	62	55	542	30	280
89	180	64	114	39	79	14	62	54	530	29	272
88	177	63	112	38	78	13	62	53	518	28	265
87	173	62	110	37	77	12	61	52	506	27	258
86	169	61	108	36	76	11	61	51	494	26	252
85	165	60	107	35	75	10	60	50	482	25	246
84	162	59	106	34	75	9	60	49	470	24	240
83	159	58	104	33	74	8	59	48	458	23	234
82	156	57	103	32	74	7	59	47	447	22	228
81	153	56	101	31	73	6	58	46	436		
80	150	55	100	30	72	5	58	45	425		
79	147	54	98	29	71	4	58	44	414		
78	144	53	97	28	71	3	58	43	403		
77	141	52	96	27	70	2	57	42	392		
76	138	51	95	26	69	-	57	41	381		

Условия испытания и требования к образцам. Толщина образца или глубина поверхностного слоя должна быть не менее чем в 8 раз больше величины  $e$ . После испытания на противоположной стороне образца не должно быть заметно следов деформации от отпечатка. Расстояние между центрами двух соседних отпечатков или от центра отпечатков до края образца должно составлять не менее 3 мм, если в нормативно-технической документации на металлопродукцию не установлены иные требования. Подготовка поверхности испытуемого образца, требования к наконечникам и условия проведения испытаний регламентируются ГОСТ9013-59.

Прибор для измерения твёрдости металлов ТК-2М. Прибор предназначен для измерения твёрдости металлов и сплавов по методу вдавливания алмазного конуса или стального закалённого шарика под действием заданной нагрузки в течение определённого времени (метод Роквелла). Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ9013-59. Принципиальная схема прибора показана на

рис. 1.1. Механизм 14 подъёмного столика 11 состоит из пары винт-маховик 12, 13. Испытания образца на твёрдость осуществляется с помощью механизма погружения, приводимого в действие электродвигателем 1. От двигателя через червячный редуктор 2 вращение передаётся кулачковому блоку 16, который через шток 5 опускает грузовой рычаг 6 с грузами 3 и передаёт нагрузку на образец через наконечник 10 с шариком или алмазным конусом на конце. При повороте кулачкового блока 16 на один оборот шток 5 возвращает грузовой рычаг 6 в первоначальное положение, снимая с наконечника приложенную нагрузку (за счёт подвески 6 и пружины 9 на образец передаётся нагрузка, равная соответственно 60 и 10 кгс; нагрузка в 100 или 150 кгс передаётся на образец за счёт сменных грузов 3).

Включение привода нагружения осуществляется педалью 15, а включение электродвигателя – выключателем, установленном на правой стороне корпуса прибора 4.

Фиксирование глубины проникновения наконечника в образец осуществляется индикатором 7, который приводится в движение рычагом 8. Точная установка индикатора на нуль достигается маховичком 14, который управляет шкалой индикатора 7 через трос 17.

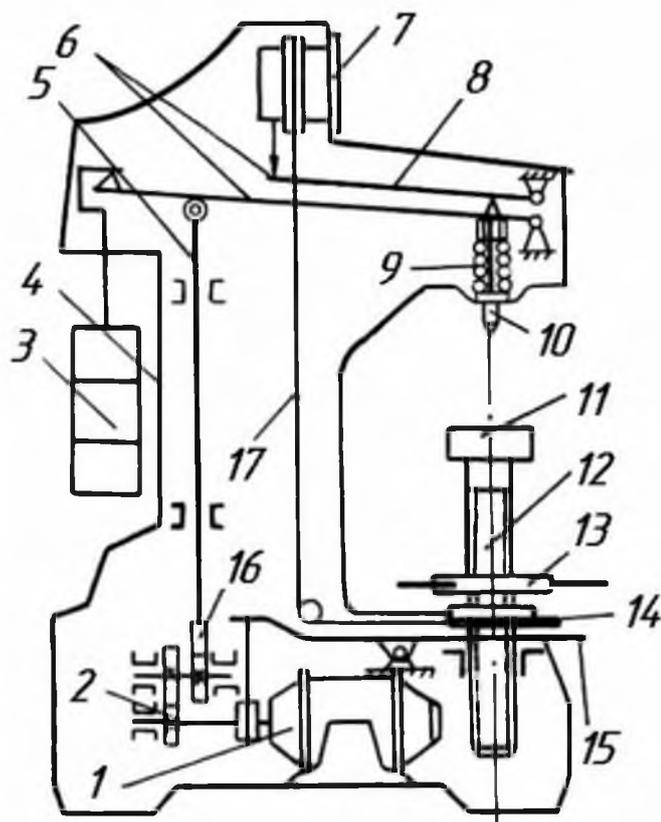


Рис. 1.1 – Прибор для измерения твердости материалов ТК-2М

Проведение испытания. Испытуемый образец помещают на подъемный столик 11. Согласно выжидаемой твердости выбирают тип наконечника и устанавливают соответствующие грузы 3. Вращением маховичка 13 поднимается столик с образцом до соприкосновения с наконечником. Затем продолжают медленно вращать маховик подъемного столика до тех пор, пока малая стрелка индикатора не станет против красной точки, а большая примерно вертикально. При таком положении стрелок пружина 9 сжимается и создает дополнительную нагрузку на образец  $P_0=10\text{кГ}$ .

После этого при помощи маховичка 14 управления шкалой индикатора совмещают тридцатое деление красной шкалы (соответствующее отметки 130 условной шкалы глубин) с концом большой стрелки индикатора (положение «а» на рис. 6). Нажатием педали 15 включают механизм нагружения прибора: вначале прикладывается полная нагрузка (она соответствует положению стрелки «б»), происходит выдержка под нагрузкой, а затем полная нагрузка снижается до предварительной нагрузки  $P_0$ . Положение стрелки при этой

нагрузке (положение «в» на рис. 1.2) соответствует числу твёрдости по Роквеллу. (На рис. 1.2 – HRB=94.) Указанные положения стрелки связаны с положением шарика на шкале глубин, обозначенными буквами «а», «б» и «в». После определения числа твёрдости вращением маховика 13 в обратном направлении освобождают образец. На каждом образце должно быть проведено не менее трех испытаний. Все испытания желательно проводить на одном участке образца. Расстояние от центра отпечатка до края образца или до центра другого отпечатка должно быть не менее 4 мм. Не следует также проводить вдавливание наконечника близко к отпечаткам, полученным по способу Бринелля.



Рис. 1.2.

Влияние углерода на свойства сталей.

При комнатной температуре структура стали состоит из частиц феррита и цементита, присутствующих либо в виде отдельных включений (т.н. структурно-свободного феррита и цементита), либо в виде тонкой механической смеси, называемой перлитом. Общие сведения о температурных и концентрационных границах существования фаз (феррита, цементита, перлита и аустенита) даёт диаграмма состояния сплава железо – углерод. При этом углерод и другие компоненты и примеси стали меняют положение критических точек на температурной шкале.

Для феррита характерны относительно низкие прочность и твёрдость, но высокие пластичность и ударная вязкость. Цементит хрупок, но весьма твёрд и прочен. Перлит обладает ценным сочетанием прочности, твёрдости, пластичности, вязкости.

Соотношение между этими фазами в структуре стали определяется главным образом содержанием в ней углерода; различные свойства этих фаз и обуславливают многообразие свойств стали. Увеличение содержания углерода повышает прочностные характеристики и снижает характеристики пластичности. Это связано с тем, что частицы цементита, содержащиеся в структуре стали, повышают сопротивление движению дислокаций, что приводит к повышению сопротивления деформации; это же, кроме того, приводит к уменьшению пластичности и увеличению твёрдости и прочности стали. Падение прочности стали, содержащей более 1% углерода, связано с увеличением количества хрупкой составляющей в стали – вторичного цементита. ( см. рис.).

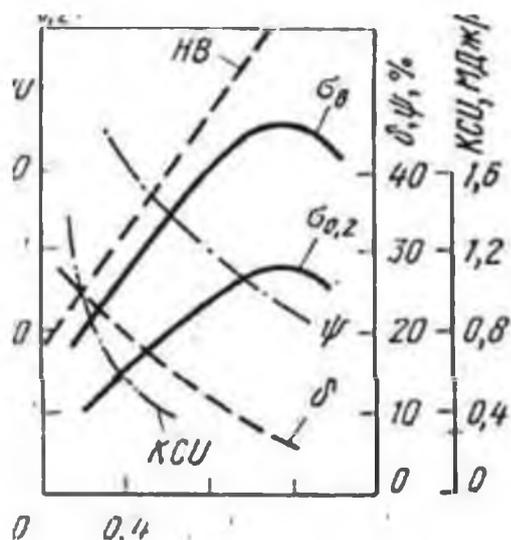


Рис. 8.1. Влияние углерода на механические свойства стали

Кроме данных методических указаний для выполнения лабораторной работы вы можете воспользоваться учебной литературой:

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр.86...87, стр. 174

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Контрольные вопросы:

1. Что называется твёрдостью материалов?
2. Каковы критерии выбора метода испытания на твёрдость?
3. Для каких материалов и на каких этапах технологических процессов изготовления деталей и элементов авиационных конструкций рекомендуется применять метод испытания на твёрдость по Роквеллу?
4. Как обозначается число твёрдости по Роквеллу на чертежах
5. Как влияет содержание углерода на твёрдость, прочность, пластичность углеродистых сталей?
6. Разработайте бланк отчёта по лабораторной работе

### **Лабораторная работа №5. Исследование микроструктуры и свойств стали в равновесном состоянии**

Цель работы:

1. Исследование микроструктуры углеродистых сталей в равновесном состоянии;
2. Исследование и установление связи между структурой стали, диаграммой состояния Fe–Fe<sub>3</sub>C и свойствами сплавов.

Оборудование и материалы:

1. Цифровой металлографический комплекс Альтами МЕТ 1.
1. Микроскопы металлографические МИМ7, МИМ8.
2. Установка для полирования образцов.
3. Химические травители.
4. Персональный компьютер: ПК DNS Office s/n F5CA001340-18
5. Фотоаппарат цифровой: Canon A550, A640.
6. Принтер Epson Stylus Photo s/n JLCK022081

7. Твердомер Бринелля
8. Твердомер Роквелла
9. Коллекция образцов для проведения микроанализа.

Постановка задачи и задание:

1. Начертить область диаграммы состояния системы Fe–Fe<sub>3</sub>C, соответствующую сталям.
2. Дать характеристику фаз и структурных составляющих сталей определенных марок, отметить каждую сталь на диаграмме состояния системы Fe–Fe<sub>3</sub>C, построить кривую охлаждения или нагревания для стали по указанию преподавателя, с помощью правила фаз Гиббса определить количество и состав фаз для произвольной точки, расположенной между линией солидуса и ликвидуса.
3. Исследовать и изучить, сфотографировать и зарисовать микроструктуру доэвтектоидных, эвтектоидной и заэвтектоидных сталей, указать их свойства и области применения.
4. Изучить влияние содержания углерода и цементита в исследуемых сталях на их свойства (например, на твердость), замерить твердость сталей, построить график соответствующей зависимости.
5. Определить содержание углерода и марку предложенной преподавателем стали, указать ее свойства и область применения.
6. Сделать выводы и написать отчет по работе в соответствии с заданиями (в отчете обязательно должны быть указаны: тема, цель работы, оборудование и материалы).
7. Разработать протокол проведенного микроанализа с пояснениями к каждой рассмотренной микроструктуре, построить график зависимости твердости стали от содержания углерода в стали, сделать вывод о влиянии углерода на структуру и механические свойства стали; построить диаграмму состояния системы Fe–Fe<sub>3</sub>C, построить кривую охлаждения или нагревания для стали по указанию преподавателя, с помощью правила фаз Гиббса, определить

количество и состав фаз для произвольной точки, расположенной между линией солидуса и ликвидуса

## 8. Составить библиографический список использованной литературы

### Теоретическая часть и методические указания

Равновесное состояние сплава, описываемое соответствующей диаграммой равновесия, может быть достигнуто охлаждением сплава с бесконечно малыми скоростями. В этом случае при любой произвольно выбранной температуре сосуществующих фаз содержание в них компонентов вполне определенное. Каждая фаза сплава гомогенна. Размеры и морфология фазовых выделений определяются минимальными значениями поверхностной энергии. Равновесные структуры сталей и превращения в них описываются диаграммой состояния системы железо – цементит. Фазовые превращения в сталях, наблюдаемые на практике, протекают при температурах, отличающихся от температур, соответствующих равновесному состоянию, и зависят от реальной скорости охлаждения сплава. Допустимо считать, что равновесные структуры в сталях формируются также при реальных малых скоростях охлаждения, например при охлаждении вместе с выключенной печью, в которой они нагревались до температур, соответствующих аустенитной области диаграммы Fe–Fe<sub>3</sub>C.

Техническое железо, как видно из диаграммы состояния Fe–Fe<sub>3</sub>C, может быть однофазным (феррит) рис. 5.1.

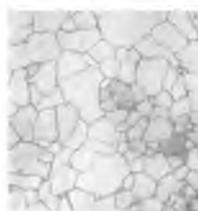


Рис. 5.1. Феррит  $\times 300$ . Светлые зёрна  $\alpha$ -железа (Fe  $\alpha$ ).

или двухфазным (феррит и цементит), рис.5. 2, 5.3.



Рис. 5.2. Третичный цементит в виде зёрнышек.



Рис. 5.3. Третичный цементит в виде сетки вокруг зёрен феррита.

Округлые зерна феррита при протравливании 3...4 - процентным раствором азотной кислоты в спирте имеют цвет светлой соломы. Светло-голубой цементит располагается в виде тонких включений по границам зерен феррита. Феррит мягок и пластичен (предел прочности  $\sigma_b=200\text{...}300$  МПа, предел текучести  $\sigma_T=120\text{...}300$  МПа, относительное удлинение  $\delta=30\text{...}50$  %, относительное сужение  $\psi=60\text{...}85$  %, твёрдость по Бринеллю 80...100 НВ). Цементит тверд ( $\approx 800\text{НВ}$ ) и хрупок, разрушение при растяжении происходит практически без удлинения образца.

В структуре сталей по мере увеличения содержания углерода возрастает массовая доля цементита и соответственно уменьшается доля феррита. Это приводит к повышению твердости и прочности стали, к снижению ее пластичности (рис. 5.4), изменению физических и технологических свойств. К технологическим свойствам сплавов относятся свариваемость, обрабатываемость резанием и давлением, стойкость к изнашиванию, восприимчивость к закалке и некоторые другие. Например, стали с содержанием углерода до 0,37 % хорошо свариваются, с повышением содержания углерода свариваемость ухудшается. Стойкость сталей к изнашиванию, наоборот, возрастает при увеличении содержания углерода в них.

В равновесной структуре доэвтектоидных сталей, состоящих из феррита (светлые зерна) и перлита (темные зерна), пропорционально увеличению содержания углерода растет доля перлита (рис. 5.5, а–в). В последнем находится практически весь углерод стали, поскольку в феррите при комнатной температуре углерода крайне мало ( $10^{-7}$  %). Если допустить, что

значения плотности феррита и цементита соизмеримы, то по структуре стали, находящейся в равновесном состоянии, можно определить содержание в ней углерода. Для этого при любом рекомендуемом увеличении микроскопа определяется площадь поверхности шлифа стали, занятой перлитом. Например, она составляет 50 %.

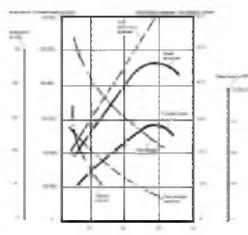


Рис. 5.4. Зависимость механических свойств углеродистых сталей от содержания в ней углерода.

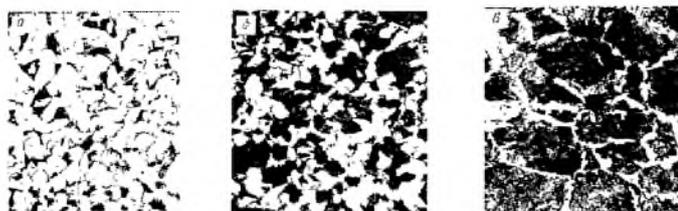


Рис. 5.5. Микроструктура доэвтектоидных сталей с различным содержанием углерода:  
а–0,2 % С; б–0,45 % С, в– 0,7 % С. X200

Зная, что в перлите содержится 0,8 % углерода, из пропорции

$$\begin{aligned} 100 \% \text{ П} - 0,8 \% \text{ С}, \\ 50 \% \text{ П} - X \% \text{ С} \end{aligned}$$

можно определить содержание углерода в стали  $X=0,8 \times 50 / 100 = 0,40 \%$ . Затем определяется марка углеродистой стали. По ГОСТ 1050–74 сталь, содержащая 0,4 % С, является качественной конструкционной марки сталь 40.

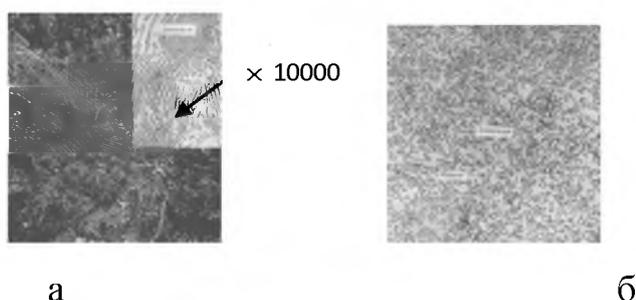


Рис. 5.6 . Микроструктура эвтектоидной стали:

а - перлит пластинчатый, состоящий из тонких пластинок цементита, расположенных в ферритной основе  $\times 600$ ;

б - перлит зернистый состоящий из мелких зёрен цементита, расположенных в ферритной основе  $\times 1500$ .

Сталь, структура которой состоит только из перлита, содержит 0,8 % углерода и называется эвтектоидной. Перлит (перламутр) является двухфазной структурной составляющей, представляющей собой смесь феррита и цементита пластинчатого (рис. 5.6, а;) или зернистого (рис. 5.6, б) строения. Пластинчатый перлит состоит из чередующихся пластинок феррита и цементита. Они образуются при температуре  $727^{\circ}\text{C}$  на границах зерен исходной высокотемпературной фазы (аустенита) и растут одновременно по направлению от границ к центру аустенитного зерна. В результате аустенитное зерно разделяется на несколько частей с определенной, но различной относительно друг друга ориентировкой взаимно параллельных пластинок феррита и цементита. Каждая такая часть представляет собой перлитное зерно. Следовательно, в одном аустенитном зерне при эвтектоидном превращении формируется несколько зерен перлита. Перлит состоит из двух фаз – феррита и цементита, обладающих различной твердостью, полируемостью и травимостью в реактивах. При полировке и травлении шлифа на его поверхности создается рельефность. Твердые, малотравящиеся пластины цементита выступают над ферритными и остаются светлыми и блестящими. Утопающий между ними мягкий феррит оказывается затененным и, кроме того, из-за повышенной травимости, тусклым и темным. Поскольку в перлите содержится сравнительно мало (около 9 %) цементита, перлит в сталях (и в белых чугунах) при микроскопическом исследовании выглядит темным, но не черным, как различного рода пустоты.

Перлит зернистый всегда светлый, цементит в нем имеет округлую форму. Зернышки (сфероиды) цементита расположены в ферритной матрице. Структуру перлита зернистого после специальной термической обработки могут иметь не только эвтектоидная, но и до- и заэвтектоидные стали.

Поэтому определять содержание углерода в стали по структуре зернистого перлита не рекомендуется. Зернистый перлит имеет меньшую твердость (160...220 НВ), чем пластинчатый (200...250 НВ), лучше обрабатывается резанием.

Стали, содержащие более 0,8 % углерода, со структурой перлит и цементит вторичный, называются заэвтектоидными. Темные перлитные участки окружены более или менее сплошной светлой сеткой цементита вторичного (рис. 4.7), толщина которой увеличивается с повышением содержания углерода в стали. Отличительными особенностями сетки цементита вторичного от сетки феррита избыточного в доэвтектоидных сталях с повышенным содержанием углерода являются разобшенность зерен феррита и их стремление к округлению. Для установления фазового состава светлой сетки вокруг перлитных участков рекомендуется травление шлифа реактивом 2.



Рис .5.7. Микроструктура заэвтектоидной стали, содержащей 1,2 % С.  $\times 200$ .

При определении содержания углерода в заэвтектоидной стали по ее структуре следует с помощью микроскопа установить площадь поверхностей шлифа, занятых перлитом и цементитом вторичным. Затем из соответствующих пропорций определить содержание углерода, находящегося в перлите и цементите вторичном. Сумма полученных результатов представляет собой содержание углерода в заэвтектоидной стали.

В значительной степени свойства углеродистых сталей, а следовательно, и области их применения зависят от содержания в них вредных примесей серы и фосфора, чем меньше их в стали, тем выше ее качество. Соответственно различают стали обыкновенного качества, качественные, высококачественные и особо высококачественные.

Сталь углеродистая обыкновенного качества ГОСТ 380 – 94

## Марки и общие технические требования

В зависимости от назначения сталь подразделяют на три группы:

- А -- поставляемую по механическим свойствам;
- Б -- поставляемую по химическому составу;
- В -- поставляемую по механическим свойствам и химическому составу.

В зависимости от нормируемых показателей сталь каждой группы подразделяют на категории:

группы А – 1, 2, 3; группы Б – 1, 2; группы В – 1, 2, 3, 4, 5, 6.

**Примечание.** Указанные категории не распространяются на сталь толщиной менее 4 мм.

Сталь изготавливают следующих марок: группы А – Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6; группы Б – БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6; группы В – ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5,

Сталь всех групп с номерами марок 1, 2, 3, и 4 по степени раскисления изготавливают кипящей, полуспокойной и спокойной

Полуспокойная сталь с номерами марок 1...5 производится с обычным и повышенным содержанием марганца

Стали марок Ст0 и БСт0 по степени раскисления не разделяют. Сталь марок ВСт1, ВСт2, ВСт3 всех категорий и всех степеней раскисления, в том числе и с повышенным содержанием марганца, а по требованию заказчика сталь марок БСт1, БСт2, БСт3 второй категории всех степеней раскисления, в том числе и с повышенным содержанием марганца, поставляется с гарантией свариваемости. Поставка стали группы Б с гарантией свариваемости оговаривается в заказе и в сертификате. Сталь с содержанием углерода в готовом прокате более 0,22% применяют для сварных конструкций при условиях сварки, обеспечивающих надежность сварного соединения.

Буквы Ст. в марке означают «сталь обыкновенного качества», цифры – условный номер марки в зависимости от нормируемых показателей. Чем больше условный номер стали, тем больше содержание углерода и перлита в ней и тем выше ее прочность:

Марка стали	Ст.0	Ст.1кп	Ст.1пс	Ст.1сп	Ст.2пс	Ст.3кп	Ст.2сп
Предел прочности, МПа	310	310...400	320...400		330...420	330...440	
Марка стали	Ст.3пс	Ст.4кп, Ст.3сп	Ст.4пс	Ст.4сп	Ст.5пс Ст.5сп	Ст.6пс, Ст.6сп	
Предел прочности, МПа	370...470	380...490	410...520		420...540	500...640	

Буквы кп, пс, сп, стоящие за цифрой, указывают степень раскисления стали (кипящая, полуспокойная, спокойная). Из спокойных сталей наиболее полно удален кислород. В термически упрочненном состоянии они обладают высокой вязкостью и надежно эксплуатируются при температурах до  $-50^{\circ}\text{C}$ . Цифра в конце марки стали (например, Б Ст.3 СП 2) показывает категорию стали. Чем выше категория стали, тем большее число нормируемых показателей гарантирует ГОСТ (химический состав, временное сопротивление растяжению, предел текучести, относительное удлинение, предел прочности при изгибе в холодном состоянии, ударная вязкость при температурах  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $-20^{\circ}\text{C}$  и др.). Стали обыкновенного качества являются сталями общего назначения и используются для изготовления проката различных профилей и листовой стали, применяемых для производства заклепок, болтов, шайб, кровельного железа и другой продукции.

Стали качественные конструкционные (ГОСТ 1050 – 88) содержат не более 0,035% фосфора, не более 0,04% серы, 0,05...0,6% углерода и выпускаются следующих марок: 05кп, 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10пс, 10, 15кп, 15пс, 15, 20кп, 20пс, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60.

Двузначные числа в марке показывают содержание углерода в сотых долях процента. Перечисленные выше стали характеризуются высокими пластичностью и свариваемостью. Они могут использоваться без упрочняющей термической обработки или после нее.

Стали 05кп, 08кп, 08, 10 идут на изготовление деталей сложной конфигурации методом холодной штамповки. Из сталей 15кп, 15, 20 изготавливают болты,

гайки, винты, пальцы, валки, оси, крюки, шпильки и другие детали неответственного назначения. Часто детали из этих сталей работают в условиях, при которых изнашиваются их поверхности, и поэтому подвергаются поверхностному упрочнению цементацией или цианированием.

К углеродистым сталям, используемым для изготовления деталей с высокими прочностью и вязкостью сердцевины (оси, валики, винты, шайбы, втулки, коленчатые валы, тяги, шатуны и др.), относятся стали 30, 35, 40, 45. Из сталей 65, 70, 75, 80, 85 с большим содержанием углерода изготавливают детали, работающие в условиях трения и вибрационных нагрузок: прокатные валки (сталь 60), крановые колеса (сталь 75), диски сцепления и впускные клапаны компрессоров (сталь 85), а также пружины и рессоры (ГОСТ 14959–79). Рекомендуемыми режимами термической обработки углеродистых качественных конструкционных сталей в зависимости от условий эксплуатации изделий являются нормализация, закалка с отпуском, поверхностная закалка с нагревом ТВЧ, с отпуском или без него (ГОСТ 1050–74, ГОСТ 14959–79).

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435–74) выпускаются качественными (У7, У8, У8Г, У9...У13), содержание серы не превышает 0,03%, фосфора– 0,035 %) или высококачественными (У7А, ... У13А, содержание серы не превышает 0,02%, фосфора – 0,03%). В марке буква У означает – инструментальная сталь, буква А в конце марки – высококачественная, цифра показывает содержание углерода в десятых долях процента.

Наиболее пластичные из названных сталей (доэвтектоидная ферритно-перлитная У7, эвтектоидные У8, У8А) идут на производство молотков, стамесок, долот, зубил, штампов и прочего инструмента, работающего в условиях ударных нагрузок. Из сталей У10, У11, У11А изготавливают резцы, сверла, метчики, фрезы, плитки и прочий мерительный и режущий инструмент для резания мягких материалов, из сталей У12, У13, У13А – твердый, работающий без ударных нагрузок инструмент (напильники, рашпили, бритвы). Для изготовления обработкой резанием на станках-автоматах деталей массового спроса (шайбы, болты, гайки, шпильки и некоторые другие детали

автомобилестроения) применяют низкоуглеродистые стали (0,08...0,45%С) с повышенным содержанием серы (0,08...0,3%), фосфора (0,05...0,16%) и часто марганца (0,6...1,55%). Такие *стали* называются *автоматными*. Обогащение границ зерен феррита растворенным в нем фосфором и образование хрупких включений (MnS и др.) на границах зерен стали облегчает резание, способствует дроблению и легкому отделению стружки. Увеличивается срок службы режущего инструмента и улучшается качество обрабатываемых поверхностей.

В соответствии с ГОСТ 1414-75 углеродистые автоматные стали с повышенным содержанием серы маркируют А11, А12, А20, А30, А40Г. В обозначении марки буква А указывает, что сталь автоматная, цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента.

Улучшение обрабатываемости стали достигается также введением в нее свинца, селена. Углеродистые свинцовосодержащие стали – АС14, АС35Г2, АС45Г2, АС40, сернистоселенистые и хромистосернистоселенистые – А35Е, А45Е, А40ХЕ.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр181..., стр. 174

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

Контрольные вопросы:

1. Как влияет углерод на свойства и структуру углеродистых сталей и почему?
2. Каковы принципы классификации углеродистых сталей?
3. Что понимают под качеством сталей?
4. Приведете примеры применения углеродистых сталей
5. Назовите принципы маркировки углеродистых сталей

**Лабораторная работа №6. Легированные стали. Термообработка сталей. Исследование влияния термообработки на структуру и свойства сталей. (3 час.)**

Цель работы:

1. Изучение принципов легирования конструкционных сталей и влияния легирования на их свойства;
2. Изучение технологических процессов термообработки, направленные на упрочнение сталей
3. Исследование влияния процессов термообработки на структуру и свойства легированных сталей

Оборудование и материалы:

1. Цифровой металлографический комплекс Альтами МЕТ 1.
2. Микроскопы металлографические МИМ7, МИМ8.
3. Установка для полирования образцов.
4. Химические травители.
5. Персональный компьютер: ПК DNS Office s/n F5CA001340-18
6. Фотоаппарат цифровой: Canon A550, A640.
7. Принтер Epson Stylus Photo s/n JLCK022081
8. Сканер Epson Perfection V100 Photo s/n J85W027315
9. Твердомер Бринелля
10. Твердомер Роквелла
11. Закалочный бак
12. Печь электрическая СНОЛ-1100, 220 V 50Hz 3 kW ТУ 16-531408
13. Оснастка для проведения термообработки
11. Коллекция образцов для проведения микроанализа.

Постановка задачи и задание:

1. Изучить принципы легирования конструкционных сталей и влияния легирования на их свойства;
2. Изучить технологические процессы термообработки, направленные на упрочнение сталей
3. Исследовать влияние процессов термообработки на структуру и свойства легированных сталей

- 3.1. Назначить режим термообработки для предложенных преподавателем сталей
- 3.2. Провести термообработку
- 3.3. Приготовить микрошлифы термообработанных сталей
- 3.4. Провести металлографический анализ микрошлифов
- 3.5. Произвести замеры твёрдости
- 3.6. На основании проведённых исследований сделать выводы о влиянии термообработки на структуру и свойства сталей.

Теоретические основы и методические указания

Легированной называется сталь, в которую для придания ей определенных механических, технологических или специальных свойств введены легирующие элементы. Основными легирующими элементами в стали являются: хром, никель, марганец, кремний, молибден, вольфрам, ванадий, титан, кобальт, алюминий и другие. Обозначения основных легирующих элементов в марках сталей указаны в табл.5. 1. В сталь вводится один или несколько легирующих элементов. В марке содержание легирующего элемента, если оно превышает 1...1.5%, указывается цифрой (массовая доля в процентах), стоящей после соответствующей буквы. Цифры в начале марки обозначают содержание углерода в сотых долях процента для конструкционных сталей, в десятых – для инструментальных.

Например:

30ХГСА – 0.3% углерода, около 1% хрома, около 1% марганца, около 1% кремния. Буква А, стоящая в конце марки стали обозначает, что сталь высококачественная.

09Х18Н9Т – 0.09% углерода, около 18% хрома, около 9% никеля, около 1% титана. Сталь нержавеющей, высококачественная.

Табл. 5. 1 - Обозначение основных легирующих элементов в марках сталей

Название легирующего элемента	Химический символ	Обозначение легирующих элементов в марках сталей
1. Азот	N	А

2.	Ниобий	Nb	Б
3.	Вольфрам	W	В
4.	Марганец	Mn	Г
5.	Медь	Cu	Д
6.	Селен	Se	Е
7.	Кобальт	Co	К
8.	Молибден	Mo	М
9.	Никель	Ni	Н
10.	Бор	B	Р
11.	Кремний	Si	С
12.	Титан	Ti	Т
13.	Ванадий	V	Ф
14.	Хром	Cr	Х
15.	Алюминий	Al	Ю

В настоящее время число марок сталей очень велико, разнообразны их структуры и свойства. Важно знать, как изменяются структура и свойства исходной стали при введении легирующих элементов. Необходимо уметь правильно выбрать марку стали, которая после соответствующей термической обработки обеспечит необходимые свойства, долговечность изделий в работе. Легированные и углеродистые стали можно классифицировать по различным параметрам, в том числе и по применению. В последнем случае их подразделяют на конструкционные, инструментальные и стали специального назначения.

Конструкционные стали делятся на строительные и машиностроительные. Строительные – предназначены для изготовления строительных конструкций, машиностроительные – для изготовления деталей машин. В данной работе рассматриваются машиностроительные стали. Если к машиностроительной стали не предъявляется каких-либо специальных требований, работоспособность изделий определяется значениями следующих характеристик: прочности, пластичности, удельной работы деформации и разрушения (ударная вязкость).

Мерами прочности являются следующие характеристики:

- условный предел текучести  $\sigma_{0,2}$  – напряжение, при котором относительная пластическая деформация образца составляет 0,2% от первоначальной длины образца;

- предел прочности при растяжении  $\sigma_B$  - (временное сопротивление)  $\sigma_B$  (МПа) – напряжение при растяжении образца, которое может выдержать образец до разрушения.

Пластичность металлических материалов характеризуется следующими характеристиками:

- относительным удлинением  $\delta$  (%) – отношением прироста длины образца ( $\Delta l$ ) в момент его разрыва к первоначальной длине ( $l_0$ );
- относительным сужением  $\psi$  (%) – отношением наибольшего уменьшения (в месте разрыва) поперечного сечения образца ( $\Delta A$ ) к первоначальной площади поперечного сечения ( $A_0$ ).

Ударная вязкость КСЧ (Дж/м<sup>2</sup>) является мерой надежности материала и определяет его способность поглощать механическую энергию в процессе работы под нагрузкой, т. е. характеризует сопротивляемость материала разрушению вследствие разрастания возникшей в месте концентрации напряжений микротрещины. Микротрещина, если она не растет, может существовать достаточно долго в материале, не снижая его работоспособности. Рост трещины при низкой пластичности металла приводит к его разрушению. Таким образом, разрушение материала следует рассматривать как процесс зарождения и роста трещины, который характеризуется периодом времени ( $\tau$ ) от момента приложения нагрузки до момента разрушения. Этот период времени, в течение которого работает изделие, характеризует долговечность материала.

В случаях, когда детали машин подвергаются высоким нагрузкам, для их изготовления необходимо применять улучшаемые стали. Улучшаемыми называются стали, подвергаемые закалке и высокому отпуску. При такой обработке сталь имеет структуру сорбита отпуска, обеспечивающую наилучшее сочетание ее прочности и вязкости. Естественно, что для получения такой структуры сталь должна обладать сквозной прокаливаемостью.

Конструкционные улучшаемые углеродистые и легированные стали содержат

0,3...0,5% углерода. Повышать содержание углерода в этих сталях нецелесообразно, так как они становятся хрупкими и непригодными для использования в машиностроении. Из улучшаемых сталей изготавливают шпильки, болты, гайки, шпонки, шпиндели, оси, муфты, коленчатые валы, шатуны, зубчатые колеса, шестерни и другие детали.

Если деталь имеет сравнительно простую конфигурацию, при которой закалка в воде допустима, размер ее сечения не превышает 10...12 мм, а воспринимаемые нагрузки сравнительно невелики ( $\sigma_B < 600$  МПа), ее можно изготавливать из углеродистых сталей марок 30, 35, 45. После закалки и высокого отпуска сталь приобретает структуру сорбита отпуска. (Рис. 5.1).



Рис. 5.1. Сорбит отпуска.  $\times 1000$ .

Для повышения прочностных характеристик изделий сложных форм при размерах сечения более 10...12 мм используют легированные стали. Суммарное содержание легирующих элементов, как правило, не превышает 5 %. Стали в этом случае легируют хромом, марганцем, кремнием (массовая доля каждого не должна превышать 2%, а также Ni – до 5 %, Mo – до 0,5 %, V или Ti – до 0,12 %). Легирующие элементы растворяются в цементите и феррите. Хром, марганец, кремний и никель, легируя феррит, повышают его прочность (рис. 5. 2, а), не снижая или даже увеличивая при этом вязкость (рис. 5.2, б). Кроме того, эти элементы, введенные по отдельности или в сочетании (Cr+Ni; Cr+Ni+Mo), повышают устойчивость переохлажденного аустенита. В результате снижается критическая скорость закалки и, как следствие, существенно повышается прокаливаемость стали. Сказанное позволяет использовать легированные стали для изготовления изделий со стенкой различной толщины (меньше 10...12 мм) и проводить их закалку в мягких средах, таких, как масло.

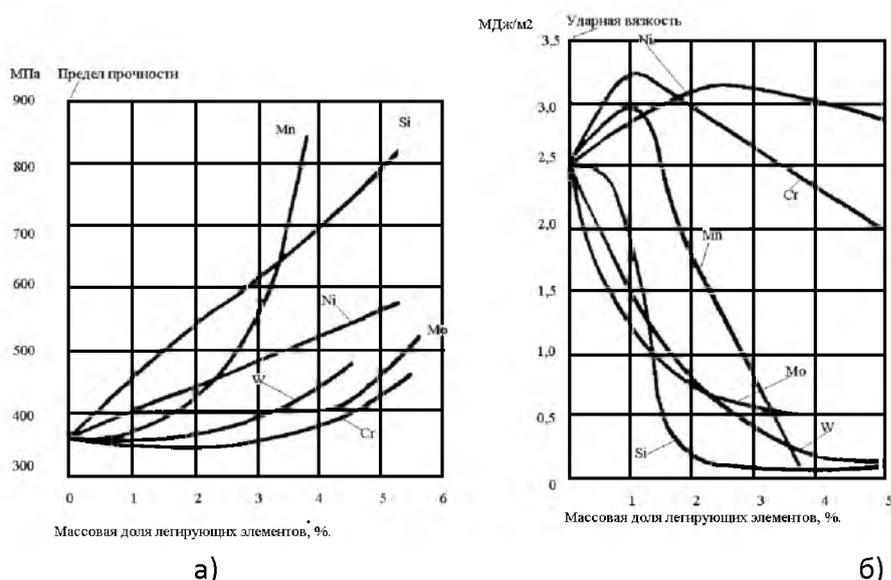


Рис. 5.2. Зависимость предела прочности (а) и ударной вязкости (б) феррита от содержания в нём легирующих элементов.

Табл. 5.2 – Свойства улучшаемых конструкционных сталей (ГОСТ 4543–71) после закалки в масле и высокого отпуска

Марка стали	$\sigma_{0,2}$ , МПа	КСУ, МДж/м <sup>2</sup>	Критический диаметр прокаливаемости, мм	T <sub>50</sub> , °С
1. 40*	600...620	50...62	10	-20
2. 45*	610...630	60...62	12	-20
3. 45Х*	730...820	78...85	15	-50
4. 30ХГТ	900...1000	75...80	20	-20
5. 30ХГС	900...960	70...80	25	-20
6. 30ХМ	820...840	80...85	20	-60
7. 38ХГМ	900...950	80...85	25	-40
8. 40ХН	820...930	80...85	20	-60
9. 45ХН	900...950	75...85	25	-60
10. 40ХНМ	950...1000	100...105	40	-80
11. 40ХН2М	980...1000	90...100	100	-80
12. 38ХН3МФ	1000...1000	75...80	100	-100
13. 40Х2Н2М	950...1100	90...100	100	-90

\* Закалка в воде.

При выборе стали (табл. 5.2) следует учитывать и ее стоимость. Чем больше легирующих элементов в стали, тем она дороже. Никель и хром (до 1%) – те немногие элементы, которые надежно понижают порог хладноломкости стали. Молибден при введении в хромомарганцовистые и хромоникелевые стали предотвращает их охрупчивание, развивающееся при медленном охлаждении с температур высокого отпуска.

Порог хладноломкости – интервал температур, при которых металл из вязкого состояния переходит в хрупкое. При температурах выше порога хладноломкости металл разрушается вязко (т. е. разрушению предшествует пластическая деформация), ниже – хрупко. Обычно за порог хладноломкости принимают температуру полухрупкого разрушения ( $T_{50}$ ). Надежная эксплуатация изделия возможна лишь при температурах выше порога хладноломкости. Чем больше разница между температурой эксплуатации изделия и средней температурой интервала хладноломкости  $T_{50}$ , тем больше запас вязкости, тем надежнее работа изделия.

Температура полухрупкого разрушения зависит от химического состава и микроструктуры стали, размера зерна, вида термической обработки и микроструктуры. Порог хладноломкости стали активно снижается за счет ее легирования хромом (до 1 %) и особенно никелем (рис. 5.2, а). Снижение  $T_{50}$  составляет примерно  $10^{\circ}\text{C}$  при увеличении массовой доли никеля в стали на 0,01. Улучшенное состояние сталей соответствует наиболее низкому значению  $T_{50}$ , т. е. повышению запаса вязкости.

Таблица 5. 3 - Свойства рессорно-пружинных сталей (ГОСТ 14959–79) после закалки и среднего отпуска

Марка стали	Температура, $^{\circ}\text{C}$		Механические свойства (не менее)				Назначение
	закалки	отпуска	$\sigma_r$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	Относит. удлинен., $\delta$ , %	Относит. сужение, $\psi$ , %	
1. 65	840	480	780	980	10	35	Рессоры, пружины механизмов и машин, пружины вагонов, упругие элементы станочного оборудования
2. 65Г	830	480	780	980	8	30	
3. 55С2	870	460	1170	1270	6	30	
4. 50ХГА	840	440	1170	1270	7	35	
5. 50ХФА	850	520	1070	1270	8	35	Рессоры легковых автомобилей, авиационные пружины ответственного назначения
6. 60С2ХФА	850	410	1660	1860	5	20	

7.	65С2ВА	850	420	1660	1860	5	20	То же при нагреве до 250 °С
8.	60С2ХА	870	420	1560	1760	5	20	Пружины часовых механизмов
9.	45ХН2МФА	860	460	1270	1410	7	35	Торсионные валы, крупные клапанные пружины

Если же деталь испытывает изгибающие или крутящие нагрузки, сердцевина детали практически не подвергается их воздействию. В этом случае сквозная прокаливаемость не всегда необходима, более того, требуется вязкая, не закаленная на мартенсит сердцевина. При таких нагрузках важно упрочнять рабочие поверхностные слои изделий одним из известных в настоящее время методов.

Выделяют группу конструкционных поверхностно упрочняемых сталей. Они могут использоваться благодаря высокой поверхностной твердости как конструкционные износостойкие (например, при работе детали в паре с подшипником скольжения).

Сквозную прокаливаемость, одинаковую структуру и свойства по всему сечению, высокие пределы упругости, пропорциональности, текучести и выносливости, повышенную релаксационную стойкость должны иметь рессорно-пружинные стали (табл. 5.3).

Оптимальные свойства рессор и пружин обеспечивает сталь со структурой троостита отпуска твердостью 42...48 HRC<sub>э</sub>, рис. 5.3. Получают данную структуру после термообработки по режиму: закалка в масле и среднетемпературный отпуск.



Рис. 5.3. Троостит отпуска. ×1000.

При выборе материала необходимо учитывать, что углеродистые стали имеют

значительно меньшую прокаливаемость, чем легированные, и пригодны лишь для изготовления рессор и пружин малого сечения. можно Повысить предел выносливости рессор и пружин в 1,5...2 раза, а следовательно, и их долговечность можно за счет гидроабразивного или дробеструйного наклепа.

Повышение долговечности деталей машин и оборудования прежде всего связано с упрочнением поверхностных слоев изделий, поскольку разрушение металлических изделий в большинстве случаев развивается с поверхности. Условно методы упрочнения можно разделить на три группы: 1) нанесение на поверхность слоя другого материала с заданными свойствами; 2) изменение структуры поверхностного слоя; 3) изменение химического состава поверхностного слоя диффузионным путем.

Нанесение на поверхность изделий слоев других металлов (химическим или гальваническим способом, сваркой, наплавкой, пайкой, припеканием, металлизацией) или неметаллических материалов (окрашиванием, эмалированием, гуммированием и другими методами) позволяет не только упрочнять или защищать детали от воздействия внешней среды, но и в большинстве случаев восстанавливать их изношенные поверхности. Так, газопорошковая или индукционная наплавка металлических порошков системы Ni – Cr – B – Si – C позволяет восстанавливать и упрочнять гильзы цилиндров, штоки, валы, защитные втулки и ряд других деталей. Полученные покрытия обладают высокой твердостью (до 61 HRC<sub>Э</sub>), износостойкостью и коррозионной стойкостью. Поверхностные слои стальных изделий можно упрочнять холодным пластическим деформированием, поверхностной закалкой, лазерной обработкой и некоторыми другими методами. Рассмотрим названные методы несколько подробнее.

#### Холодное пластическое деформирование.

Холодное пластическое деформирование обеспечивает наклеп, т. е. упрочнение металла. Если наклепу подвергать поверхностный слой изделия, повышаются твердость и износостойкость его поверхности, создаются большие остаточные напряжения сжатия, возрастает сопротивление

усталости, улучшается качество поверхности. Основные способы поверхностного упрочнения деталей наклепом: дробеструйная обработка, обкатка, чеканка. Упрочнение наклепом на глубину до 0,7 мм небольших деталей сложной формы (пружин, рессор, гильз, звеньев цепей и др.) осуществляют дробеструйной обработкой. Поток твердой дроби из белого чугуна направляют дробемётом на упрочняемую поверхность. Дробь при ударе пластически деформирует металл на небольшую глубину.

Обкатка твердосплавными роликами или шариками с помощью специальных приспособлений на металлообрабатывающих станках позволяет обеспечить наклеп на большую глубину (до нескольких миллиметров) и применяется для упрочнения больших деталей в зонах концентрации напряжений (например, шеек и галтелей валов). Микроструктура поверхностно упрочнённых слоёв различных деталей после холодного пластического деформирования показана на рис. 5. 5.

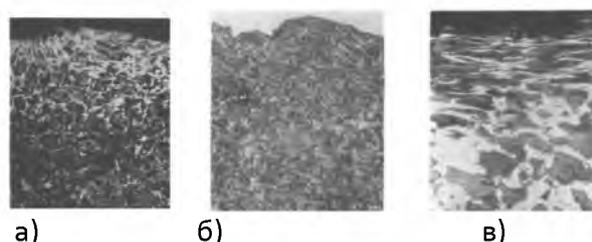


Рис. 5.5. Микроструктура стали после поверхностного упрочнения путём наклёпа.  $\times 400$ : а) – лист рессоры из стали 55С2 после термической обработки и дробеструйного наклёпа; б) – полуось из стали 40ХГР после термообработка и дробеструйного наклёпа; в) – галтель коленчатого вала из стали 45 после обкатки роликом.

Ответственные сварные соединения подвергают поверхностному упрочнению чеканкой, т. е. ударному воздействию механических или пневматических бойков. Глубина наклёпа при этом увеличивается.

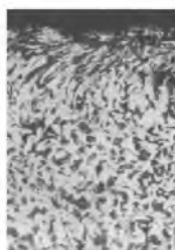


Рис. 5.6. Микроструктура низкоуглеродистой стали после дробеструйного наклёпа.

## Поверхностная закалка.

Поверхностная закалка детали, в отличие от объемной, позволяет упрочнять только поверхностный слой на определенную глубину. Ее можно проводить двумя способами. В первом случае нагревают только поверхностный слой, который затем закалывают при охлаждении. В другом случае нагревают всю деталь, но при закалке охлаждают только поверхностный слой со скоростью, большей критической.

Наиболее распространены в практике поверхностная закалка с индукционным нагревом токами высокой частоты (ТВЧ) и поверхностная закалка с газопламенным нагревом изделий.

Поверхностная закалка с индукционным нагревом токами высокой частоты (ТВЧ).

Метод разработан российским ученым Вологдиным В.П.

Основан на том, что если в переменное магнитное поле, создаваемое проводником-индуктором, поместить металлическую деталь, то в ней будут индуцироваться вихревые токи, вызывающие нагрев металла. Чем больше частота тока, тем тоньше получается закаленный слой. Обычно используются машинные генераторы с частотой 50...15000 Гц и ламповые генераторы с частотой больше  $10^6$  Гц. Глубина закаленного слоя – до 2 мм.

Толщина (м) закаленного слоя может быть подсчитана по формуле:

$$h = 446 \times 10^5 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$$

где  $\rho$  — удельное электросопротивление стали, Ом·м;  $\mu$  — магнитная проницаемость, Гн/м;  $f$  - частота, Гц.

Индукторы изготавливаются из медных трубок, внутри которых циркулирует вода, благодаря чему они не нагреваются. Форма индуктора соответствует внешней форме изделия, при этом необходимо постоянство зазора между индуктором и поверхностью изделия. Схема установки для закалки стальных деталей с нагревом ТВЧ представлена на рис.5. 6.

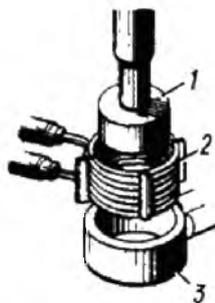


Рис. 5.6. Схема установки для закалки стальных деталей с нагревом ТВЧ .

После нагрева в течение 3...5 с индуктора 2 деталь 1 быстро перемещается в специальное охлаждающее устройство – спрейер 3, через отверстия которого на нагретую поверхность разбрызгивается закалочная жидкость.

Высокая скорость нагрева смещает фазовые превращения в область более высоких температур. Температура закалки при нагреве токами высокой частоты должна быть выше, чем при обычном нагреве.

Перед закалкой ТВЧ изделие подвергают нормализации. После закалки проводят низкий отпуск при 150...200 °С. Поверхностной закалке с нагревом ТВЧ и последующему низкому отпуску подвергают коленчатые валы, распределительные валики, шестерни и другие детали машин, изготавливаемые из углеродистых и легированных сталей, содержащих не более 0,4 % С. Например, такие стали 40, 45, 50, 35Х, 45Х, 40ХН, 40ХНМ и другие. Получаемая в закаленном слое микроструктура мелкоигольчатого мартенсита отпуска обеспечивает его высокую твердость (55...62 НРСэ) и износостойкость. На рис. 7 показана макроструктура стали 55ПШ после поверхностной закалки с нагревом ТВЧ. После высокочастотной закалки получился тонкий мартенситный (светлый) слой на поверхности зубьев (рис. 8, а). Такой же закалённый мартенситный слой можно получить и на внешней и на внутренней поверхностях трубчатой детали (рис. 5.7, б).

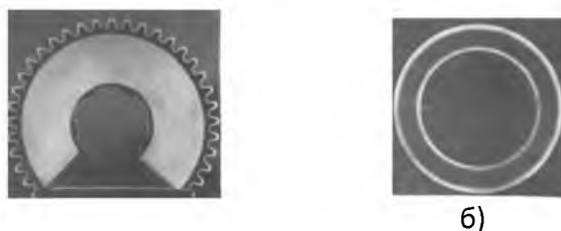


Рис. 5.7. Макроструктура стали 55ПШ для поверхностной высокочастотной закалки:  
а) макроструктура шестерни, закалённой с нагревом с помощью простого кольцевого индуктора; б) макроструктура трубчатой детали, закалённой с нагревом с помощью индуктора с кольцевым отверстием.

индуктора; б) макроструктура трубы, закалённой по наружной и внутренней поверхности.

Состав стали 55ПП представлен в табл. 5. 4.

Табл. 5.4 - Химический состав стали 55ПП, %.

Углерод	Кремний	Марганец	Титан
0,60	0,12	0,18	0,03

После нормализации при 850 °С сталь 55ПП должна иметь мелкозернистую равномерную структуру, (рис.5. 9), феррита и перлита.

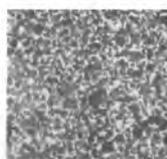


Рис. 5.9. Микроструктура стали 55ПП после нормализации.

Крупные зёрна перлита, как показано на рис. 5.10, недопустимы



Рис. 5.10. Микроструктура стали 55ПП с недопустимо крупным зерном. × 100.

После высокочастотной закалки на поверхности зубьев шестерён наблюдается мелкий (бесструктурный) мартенсит, рис. 5.11.



Рис. 5.11. Микроструктура мелкого (бесструктурного) мартенсита после высокочастотной закалки и низкотемпературного отпуска. ×100.

Преимущества метода поверхностной закалки с нагревом ТВЧ:

- большая экономичность, нет необходимости нагревать все изделие;
- более высокие механические свойства;
- отсутствие обезуглероживания и окисления поверхности детали;
- снижение брака по короблению и образованию закалочных трещин;
- возможность автоматизации процесса;
- использование закалки ТВЧ позволяет заменить легированные стали на более дешевые углеродистые;

- позволяет проводить закалку отдельных участков детали.

Основной недостаток метода – высокая стоимость индукционных установок и индукторов.

Целесообразно использовать в серийном и массовом производстве.

Газопламенная закалка.

Нагрев осуществляется ацетиленокислородным, газокислородным или керосинокислородным пламенем с температурой 3000...3200 °С.

Структура поверхностного слоя после закалки состоит из мартенсита, мартенсита и феррита. Толщина закаленного слоя 2...4 мм, твердость 50...56 HRCэ.

Метод применяется для закалки крупных изделий, имеющих сложную поверхность (косозубые шестерни, червяки), для закалки стальных и чугунных прокатных валков. Используется в массовом и индивидуальном производстве, а также при ремонтных работах.

При нагреве крупных изделий горелки и охлаждающие устройства перемещаются вдоль изделия, или – наоборот.

Недостатки метода:

- невысокая производительность;
- сложность регулирования глубины закаленного слоя и температуры нагрева (возможность перегрева).

#### Лазерное поверхностное упрочнение.

При поверхностном упрочнении деталей особо сложной конфигурации на малых участках их поверхности с обеспечением минимальных деформаций (резцы, элементы штамповой оснастки, втулки и седла клапанов, поршневые кольца, галтели коленчатых валов, вкладыши цилиндров и др.) наиболее эффективно лазерное поверхностное упрочнение. Общие затраты энергии при таком упрочнении примерно в 3 раза ниже, чем при закалке ТВЧ, и в 20 раз ниже, чем при объемной закалке в печи.

Лазеры – это оптические квантовые генераторы, вырабатывающие высококонцентрированный пучок световой энергии. Известны газовые,

полупроводниковые, твердотельные и жидкостные лазеры различной мощности.

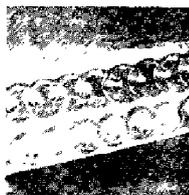


Рис. 5.12. Макроструктура «дорожки» после лазерной закалки стали.

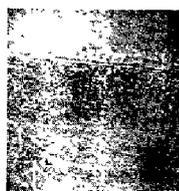


Рис. 5.13. Микроструктура стали (0,65 %С) после лазерной закалки стали.  $\times 400$ .

Для поверхностного упрочнения чаще всего применяют газовые  $\text{CO}_2$ -лазеры непрерывного действия или импульсные твердотельные лазеры мощностью 0,5...10 кВт. Кратковременное ( $10^{-3}$ ... $10^{-8}$  с) воздействие светолучевого пучка вызывает разогрев небольшого (до 4 мм в диаметре и до 1 мм глубиной) объема металла, который закаливается вследствие быстрого отвода теплоты в металл. В случае нагрева до оплавления весьма тонкого слоя возможно даже образование аморфного металла (остекловывание).

Обычно след воздействия луча лазера («дорожка») состоит из последовательно расположенных округлых пятен (рис. 5.12), каждое из которых имеет две термические зоны – центральную и периферийную. Микроструктура стали в пятне (от его периферии к сердцевине) белая зона – нетравящийся мелкодисперсный весьма твердый мартенсит, затем крупноигльчатый мартенсит и мартенситно-ферритная смесь неполной закалки (рис. 5.13).

Лазерная обработка применяется для упрочнения углеродистых и легированных конструкционных и инструментальных сталей (40, 45, У10, Х12, ХВГ, Р18, ШХ15), серых, ковких и высокопрочных чугунов.

#### Химико-термическая обработка (ХТО) стали.

Поверхностное упрочнение деталей можно осуществить химико-термической обработкой (ХТО), т. е. путем их нагрева в химически активной среде,

вызывающего изменение химического состава, а, следовательно, структуры и свойств металла поверхностного слоя. В зависимости от вида применяемой ХТО можно избирательно повысить его твердость, износостойкость, окалиностойкость и улучшить ряд других свойств. Основным преимуществом ХТО перед другими методами поверхностного упрочнения является возможность радикального изменения свойств стали и независимость результатов от степени сложности формы детали. При ХТО происходит диффузионное насыщение стали при высокой температуре соответствующим элементом (С, N, В, Сг и др.) или комплексом элементов.

Любой вид ХТО состоит из трех элементарных этапов: 1) образования в насыщающей среде активных атомов насыщающего элемента, 2) адсорбции, т. е. поглощения активных атомов на поверхности насыщаемого металла, 3) диффузии, т. е. проникновения активных атомов в насыщаемый металл.

ХТО возможна в случае, если насыщающий материал и насыщаемый элемент взаимодействуют, т. е. образуют твердые растворы или химические соединения. Для того чтобы судить о фазовом составе полученных диффузионных слоев, рассматривают при температуре ХТО изотермический разрез соответствующей диаграммы состояния сплавов (например, при науглероживании железа – диаграммы Fe–C). Скорость формирования диффузионного слоя зависит от природы насыщающего элемента и насыщаемого металла, температуры и продолжительности ХТО. Элементы, имеющие атомы значительно меньшего размера, чем насыщаемый металл, и образующие твердые растворы внедрения, диффундируют значительно быстрее, чем элементы, образующие твердые растворы замещения.

Применяются в промышленности такие виды обработки поверхностных слоев стальных изделий, как цементация (науглероживание), азотирование, цианирование, борирование, диффузионная металлизация.

Цементация (науглероживание) – это процесс насыщения поверхностного слоя стальных деталей углеродом при температурах 880...950°C в углеродсодержащей среде (карбюризаторе). Выбор температур выше  $A_{c3}$

обусловлен значительной растворимостью углерода в аустените. Иногда цементацию ведут при температурах до 1050 °С, что позволяет значительно ускорить диффузию углерода и процесс насыщения им поверхностного слоя детали. Цель цементации и последующей термической обработки – повышение твердости, износостойкости и предела выносливости стали.

Цементации подвергают зубчатые колеса, распределительные валики, втулки, поршневые пальцы и другие детали из углеродистых или легированных сталей, содержащих до 0,25 % С. Такие стали называют цементуемыми. Науглероживание и термическая обработка детали обеспечивают получение ее твердого поверхностного слоя при вязкой сердцевине. Толщина науглероженного слоя обычно составляет 0,4...2 мм, содержание углерода в нем – 0,9...1,1 %.

В массовом производстве широко применяют газовую цементацию, преимущества которой в высокой производительности и возможности термообработки с цементационного нагрева. В качестве карбюризаторов используют метан, пропан-бутановые смеси, специальные эндогазы, жидкие углеводороды (керосин, синтин), образующие при температурах цементации газы, диссоциирующие с выделением атомарного углерода. Процесс ведут при 910...930°С в течение 6...12 ч в шахтных печах или автоматизированных безмуфельных агрегатах непрерывного действия. Для получения науглероженного слоя стали толщиной около 1 мм при газовой цементации требуется 6...7 ч, а при цементации в твердом карбюризаторе – около 10 ч. Такая продолжительная выдержка вызывает укрупнение зерна аустенита.

Исправить крупнозернистость поверхностного слоя детали и придать ему высокую твердость позволяют последующая термическая обработка, закалка и низкий отпуск. Первую закалку или нормализацию осуществляют с температур 900...920°С. Она позволяет измельчить зерно сердцевины и уничтожить цементитную сетку в поверхностном слое детали. Вторая закалка с температур 750... 760 °С устраняет перегрев в поверхностной заэвтектоидной зоне науглероженного слоя и придает ей максимальную твердость. Низкий

отпуск позволяет уменьшить внутренние напряжения в детали.

После медленного охлаждения детали (в равновесном состоянии) науглероженный слой имеет микроструктуру, представленную на рис. 5.14. Аустенит поверхностного слоя с содержанием углерода более 0,8 % превращается в перлит и цементит вторичный (заэвтектоидная зона), около 0,8 % – в перлит (эвтектоидная зона), а содержащий меньше 0,8 % – в феррит и перлит (переходная зона). За толщину науглероженного слоя принимают суммарную толщину заэвтектоидной, эвтектоидной и половины переходной зоны. Сталь после цементации, закалки и низкого отпуска в поверхностной зоне имеет структуру мелкоигльчатого мартенсита отпуска с включениями остаточного аустенита (58...64 HRC<sub>Э</sub>).

Если цементации подвергают наследственно-мелкозернистые стали, в которых зерно растет незначительно, применяют одинарную закалку при температурах, превышающих  $A_{c1}$  (820...850°C), и низкий отпуск. Для наследственно-мелкозернистых сталей типа 20ХГТ или неответственных деталей можно после газовой цементации применять закалку с подстуживанием до температур 840...860°C и охлаждение в горячем масле (160...180°C). Свойства некоторых цементуемых сталей после упрочнения приведены в таблице 5.5.

Табл. 5.5 - Свойства конструкционных сталей (ГОСТ 4543–94) после цементации (науглероживания), закалки и низкого отпуска

Марка стали	Изделия	Режим химико-термической обработки	Толщина упрочненного слоя, мм	Твердость, HRC <sub>Э</sub>	
				поверхностного слоя	сердцевинные
12ХНЗА	Зубчатые колеса редукторов, в том числе авиационных, станков	Цементация – 900 <sup>0</sup> С, закалка – 800 <sup>0</sup> С, отпуск – 170 <sup>0</sup> С	0,8...1,1	58	26...40
18Х2Н4ВА	То же	Цементация – 900 <sup>0</sup> С, отпуск – 500 <sup>0</sup> С (двукратный), закалка – 830 <sup>0</sup> С (воздух), отпуск – 180 <sup>0</sup> С	»	56...59	35...43

18ХГТ	Нагруженные зубчатые колеса автомобилей, станков	Газовая цементация – 930 <sup>0</sup> С, подстуживание и закалка с 830 <sup>0</sup> С, отпуск – 190 <sup>0</sup> С	0,2...0,25 модуля колеса	56...60	30
-------	--	--	--------------------------	---------	----

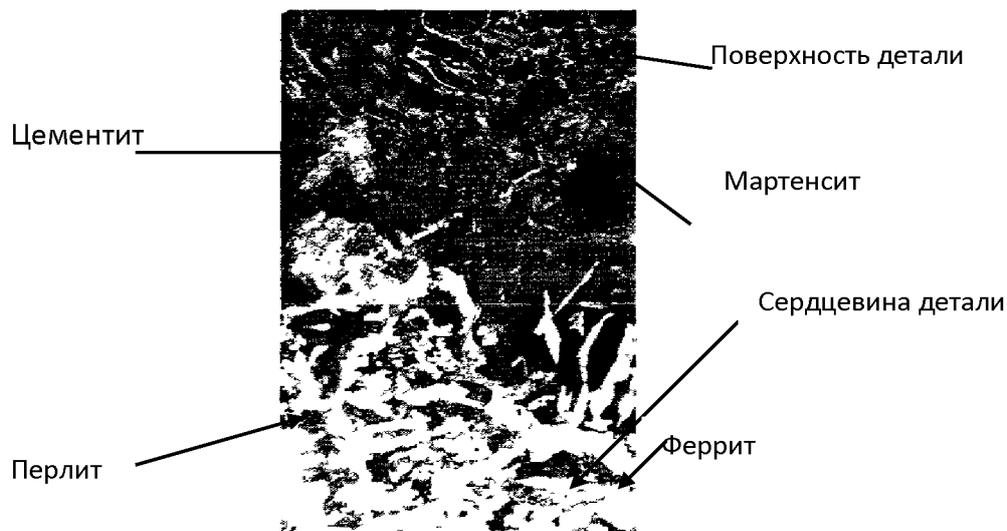


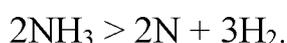
Рис. 5.14. Микроструктура цементованной стали. ×200.

Азотирование - химико-термическая обработка, при которой поверхностные слои детали насыщаются азотом.

Впервые азотирование осуществил Чижевский И.П., промышленное применение – в двадцатые годы.

При азотировании увеличиваются не только твердость и износостойкость, но также повышается коррозионная стойкость.

При азотировании изделия загружают в герметичные печи, куда поступает аммиак NH<sub>3</sub> с определенной скоростью. При нагреве аммиак диссоциирует по реакции:



Атомарный азот поглощается поверхностью и диффундирует вглубь изделия.

Фазы, получающиеся в азотированном слое углеродистых сталей, не обеспечивают высокой твердость, и образующийся слой хрупкий.

Для азотирования используют стали, содержащие алюминий, молибден, хром, титан. Нитриды этих элементов дисперсны и обладают высокой твердостью и термической устойчивостью.

Типовые азотируемые стали: 38ХМЮА, 35ХМЮА, 30ХТ2НЗЮ.

Глубина и поверхностная твердость азотированного слоя зависят от ряда факторов, из которых основные: температура азотирования, продолжительность азотирования и состав азотируемой стали.

В зависимости от условий работы деталей различают азотирование:

- для повышения поверхностной твердости и износостойкости;
- для улучшения коррозионной стойкости (антикоррозионное азотирование).

В первом случае процесс проводят при температуре 500...560°C в течение 24...90 часов, так как скорость азотирования составляет 0,01 мм/ч. Содержание азота в поверхностном слое составляет 10...12 %, толщина слоя (h) – 0,3...0,6 мм. На поверхности получают твердость около 1000 HV. Охлаждение проводят вместе с печью в потоке аммиака.

Значительное сокращение времени азотирования достигается при ионном азотировании, когда между катодом (деталью) и анодом (контейнерной установкой) возбуждается тлеющий разряд. Происходит ионизация азотосодержащего газа, и ионы бомбардируя поверхность катода, нагревают его до температуры насыщения. Катодное распыление осуществляется в течение 5...60 мин при напряжении 1100...1400 В и давлении 0,1...0,2 мм рт. ст., рабочее напряжение 400...1100 В, продолжительность процесса до 24 часов.

Антикоррозионное азотирование проводят и для легированных, и для углеродистых сталей. Температура проведения азотирования – 650...700°C, продолжительность процесса – 10 часов. На поверхности образуется слой  $\epsilon$  — фазы толщиной 0,01...0,03 мм, который обладает высокой стойкостью против коррозии. ( $\epsilon$  – фаза – твердый раствор на основе нитрида железа  $Fe_3N$ , имеющий гексагональную решетку).

Азотирование проводят на готовых изделиях, прошедших окончательную механическую и термическую обработку (закалка с высоким отпуском).

После азотирования в сердцевине изделия сохраняется структура сорбита, которая обеспечивает повышенную прочность и вязкость.

Кроме того, более современными являются процессы ионной химико-термической обработки. <http://ion-procion.ru/ob-azotirovani/ionnava-khto/>

Ионная Химико-Термическая Обработка – комплекс наиболее прогрессивных, ресурсосберегающих и безотходных процессов – ионное азотирование и карбонитрирование, которые обеспечивают преимущественные качества и служебные свойства на любых сталях, сплавах и металлокерамике и предназначены для различных изделий и инструмента во всех отраслях промышленности.

Процесс диффузионного насыщения осуществляется в азотсодержащей газовой среде при рабочем давлении в камере установки 0,4-10 мбар под воздействием импульсной плазмы (частота 10 кГц, напряжение 400-800 В), возникающей между катодом (деталью) и анодом (стенками вакуумной камеры). В результате физико-химических реакций, протекающих на поверхности деталей охваченных слоем ионизированного газа, активно образуются различные модификации диффузионных покрытий, состоящие из нитридов и карбонитридов железа, хрома, ванадия, титана и других элементов. Такие покрытия в зависимости от исходной прочности металла обладают высоким качеством и служебными свойствами, в частности:

- Углеродистые и низколегированные стали  
- h=0,2-1,1 мм, 350-650 HV; 35-58 HRC;
- Среднелегированные стали  
- h=0,1-0,8 мм, 650-1200 HV; 58-71 HRC;
- Высоколегированные стали и Ti-сплавы  
- h=0,1-0,3 мм, 700-1300 HV; 60-73 HRC;
- Инструментальные стали  
- h=0,01-0,3 мм, 800-1300 HV; 64-73 HRC;
- Металлокерамика  
- h=0,01-1,0 мм, 350-650 HV; 35-58 HRC;
- Чугуны  
- h=0,1-0,3 мм, 500-700 HV; 49-60 HRC.

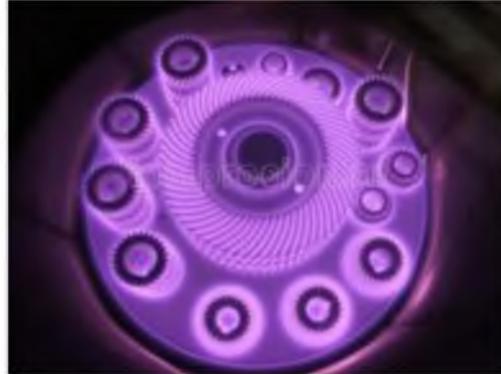


Упрочнённые изделия обладают высокой твёрдостью, усталостной и контактной прочностью, наилучшим комплексом износо-задиристостойких и антикоррозионных свойств:

Коэффициент трения со смазкой – 0,03...0,05;

- Коэффициент трения в сухих условиях – 0,1...0,3;
- Коррозионно-эрозионная стойкость соответствует высоколегированной стали 12X18H10T;
- Контактно-усталостная прочность и долговечность выше в 1,5...2 раза.
- Экологическая чистота, безвредность и безотходность процессов;
- Ресурсосбережение за счет резкого сокращения электроэнергии в 2-5 раз (среднее потребление 0,05...0,1 кВт-час на 1 кг изделия) и рабочих газов в 100-200 раз (1 баллон аммиака на 3 месяца работы установки);
- Повышение производительности, снижение трудоёмкости и себестоимости обработки в 2-4 раза;
- Повышение качества покрытий за счет равномерного, регулируемого и бездефектного формирования упрочненных слоёв;
- Минимальное изменение размеров и сохранение чистовых параметров в допусках конструкторской документации, что исключает дополнительную механическую обработку упрочнённых изделий
- Применение простых и дешёвых способов предохранения деталей при местном упрочнении, которые заменяют вредные и дорогостоящие гальванические, а также другие изолирующие химические покрытия

- Создание специализированных типов защитных покрытий, имеющих специально ориентированное и регулируемое строение, обладающие уникальным комплексом свойств по износостойкости и сопротивляемости трещинообразованию



- Развивая на своем производстве технологии поверхностной ионно-плазменной обработки, Вы экономите материальные ресурсы, улучшаете экологическую обстановку на своем предприятии, способствуете многократному увеличению производительности и поднимаете качество продукции на недостижимый ранее уровень. Современная техника, компьютерное управление режимами ХТО и возможность оперативного регулирования параметров процесса азотирования – всё это способствует модернизации и повышению технического уровня термических производств.

Сферы применения технологий ионного азотирования и карбонитрирования обширны, это без исключения все отрасли промышленности, в частности:

Авиационное двигателестроение – все детали двигателей и редукторов из нержавеющей и жаропрочных сталей. Азотирование позволяет создать минимальные диффузионные слои с высочайшей твердостью, исключаящей износ и радикально облегчающей конструкцию моторов, как следствие увеличивается тяговооруженность двигателей и эксплуатационная надежность.

**Инструментальное и высокоточное производство:** пресс-формы, матрицы, штампы, пуансоны для горячей и холодной обработки металлов, пластмасс, стекла и резины –повышается износостойкость, сопротивляемость к

трещинообразованию, уменьшается налипание металла, увеличивается срок эксплуатации в 2-6 раз; режущий инструмент: свёрла, метчики, развертки, фрезы, прошивки, протяжки, долбяки, резцы - в результате применения кратковременных комбинированных процессов ХТО увеличивается твердость, улучшаются режущие свойства, повышаются износостойкость в 2-4 раза и производительность механической обработки

Цианирование – процесс одновременного насыщения поверхностных слоев стальных изделий азотом и углеродом. Наибольшее распространение получило одновременное насыщение азотом и углеродом в газовой среде, состоящей из науглероживающего газа и аммиака, при температурах 820...860°C (нитроцементация). Продолжительность процесса составляет 4...10 ч, оптимальное содержание азота в слое – около 0,15%, углерода – 1,4 %. После нитроцементации детали (зубчатые колеса, втулки, валы и др.) подвергают термической обработке: закалке непосредственно из печи и низкому отпуску. Нитроцементированный слой имеет структуру мелкокристаллического мартенсита с небольшим содержанием карбо-нитридов и около 25% остаточного аустенита. Его окончательная твердость – 58...60 HRC<sub>Э</sub>. Нитроцементацию, как правило, ведут в автоматизированных безмуфельных агрегатах. При проведении этого процесса изделия испытывают меньшие деформации, чем при цементации, повышается их износо- и коррозионная стойкость.

Для жидкостного цианирования можно использовать такой состав: NaCl – 32%, CaCl<sub>2</sub> – 65%, K<sub>4</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> – 3 %. Температура процесса – 840...860°C, продолжительность – 0,5...3 ч, толщина получаемого цианированного слоя – 0,05...0,5 мм. Термическая обработка – закалка из ванны и низкий отпуск, твердость поверхностного слоя – 57...64 HRC<sub>Э</sub>. Цианирование эффективно для инструментальных (в частности, быстрорежущих) сталей. Однако, поскольку насыщение углеродом и азотом в жидких средах связано в большинстве случаев с использованием токсичных цианистых солей, этот процесс не нашел широкого распространения.

Борирование – процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стальных изделий бором при температурах 900...950 °С в течение 2.. 6 ч. Для борирования используют карбид бора ( $B_4C$ ) и буру ( $Na_2B_4O_7$ ), ферро-бор, аморфный бор, диборан ( $B_2H_6$ ) и другие борсодержащие вещества. Цель борирования – повышение твердости, износостойкости и некоторых других свойств стали. Диффузионный слой толщиной 0,05...0,15 мм, состоящий из боридов  $FeB$  и  $Fe_2B$  (рис. 5.15), обладает весьма высокой твердостью (до  $H_{2100=100f}$ ), стойкостью к абразивному изнашиванию, коррозионной стойкостью. Поэтому борирование эффективно при необходимости повышения стойкости бурильного и штампового инструмента.

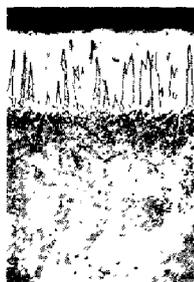


Рис. 5.15. Микроструктура борированной стали.  $\times 200$ .

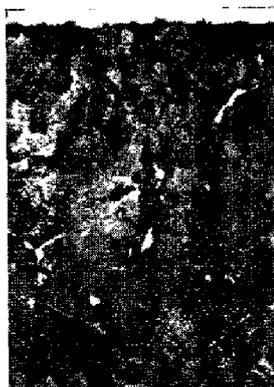


Рис. 5.16. Микроструктура хромированной стали.  $\times 300$

Диффузионная металлизация – процесс диффузионного насыщения поверхностных слоев стальных изделий металлами (хромом, цинком, алюминием и др). Насыщение разными металлами преследует различные цели. Так, цинкование позволяет в десятки раз повысить коррозионную стойкость труб и листового железа, алитирование (насыщение алюминием) – жаростойкость и коррозионную стойкость стали, хромирование углеродистых

сталей – их износо-, жаро- и коррозионную стойкость. После хромирования получается слой карбидов  $(Cr, Fe)_{23}C_6$  и  $(Cr, Fe)_7C_3$  (рис. 16) толщиной до 0,03 мм с весьма высокой твердостью (до  $H_{2000=100}$ ). Оно весьма эффективно для обработки быстроизнашивающихся деталей, работающих в агрессивных средах.

В настоящее время все большее распространение получают процессы многокомпонентного диффузионного насыщения.

При выборе способа и технологии поверхностного упрочнения стальных изделий необходимо учитывать не только условия, в которых они работают, возможные изменения их размеров, физико-механические свойства металла, но и характер производства деталей (единичный, массовый), производительность способа упрочнения, его рентабельность, возможность автоматизации и роботизации и ряд других важных для производства вопросов.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр181..., стр. 174

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

стр.120... 166

Контрольные вопросы:

1. Каковы принципы легирования конструкционных сталей?
2. Каким образом влияют легирующие элементы на свойства сталей?

Заполните таблицу

№ п/п	Легирующий элемент	Хим. символ	Обозначение легирующих элементов в марках сталей и их влияние на свойства сталей
1.	Азот	N	А
2.	Ниобий	Nb	Б
3.	Вольфрам	W	В
4.	Марганец	Mn	Г
5.	Медь	Cu	Д
6.	Кобальт	Co	К
7.	Молибден	Mo	М
8.	Никель	Ni	Н
9.	Бор	B	Р
10.	Кремний	Si	С
11.	Титан	Ti	Т
12.	Ванадий	V	Ф

13.	Хром	Cr	Х
14.	Алюминий	Al	Ю

2. Перечислите технологические процессы термообработки, направленные на упрочнение сталей
3. Каким образом влияют процессы термообработки на структуру и свойства легированных сталей
4. Перечислите методы поверхностного упрочнения и повышения твёрдости сталей
5. Критерии выбора режима термообработки
6. В чём отличие технологии азотирования от технологии ионного азотирования

**Лабораторная работа №7. Исследование влияния термообработки и модифицирования на свойства сплавов на основе алюминия.**

Цель работы:

1. Изучить микроструктуру сплавов на основе алюминия
2. Установить зависимость между структурой сплава, свойствами, диаграммами состояния сплавов.
3. Исследовать влияние термообработки на структуру и свойства деформируемых алюминиевых сплавов
4. Исследовать влияние модифицирования на структуру и свойства литейных алюминиевых сплавов

Оборудование и материалы:

1. Цифровой металлографический комплекс Альтами МЕТ 1.
2. Микроскопы металлографические МИМ7, МИМ8.
3. Установка для полирования образцов.
4. Химические травители.
5. Персональный компьютер: ПК DNS Office s/n F5CA001340-18
6. Фотоаппарат цифровой: Canon A550, A640.
7. Принтер Epson Stylus Photo s/n JLCK022081
8. Сканер Epson Perfection V100 Photo s/n J85W027315

9. Коллекция образцов для проведения микроанализа.

Постановка задачи и задание:

1. Дать характеристику, расшифровать предложенные марки деформируемых сплавов
2. Вычертить соответствующую диаграмму состояния для сплава
3. Отметить местоположение сплава на диаграмме состояния
4. По диаграмме состояния назначить температуру нагрева для упрочняющей термообработки. Объяснить с помощью диаграммы состояния изменения, происходящие в структуре сплава при выбранном виде термообработки.
5. Провести закалку образцов. Замерить твёрдость непосредственно перед закалкой
6. Проследить изменение твёрдости закалённых образцов в процессе естественного старения. Построить график изменения твёрдости
7. Приготовить микрошлифы
8. Исследовать, зарисовать и описать микроструктуру для заданных сплавов после термообработки
9. Дать характеристику, расшифровать предложенные марки литейных сплавов
10. Вычертить соответствующую диаграмму состояния для сплава
11. Отметить местоположение сплава на диаграмме состояния
12. С помощью диаграмм состояния объяснить влияние процесса модифицирования на структуру и свойства сплав.
13. Приготовить микрошлифы
14. Исследовать, зарисовать и описать микроструктуру для заданных сплавов до и после модифицирования
15. Сделать выводы и написать отчет по работе в соответствии с заданиями (в отчете обязательно должны быть указаны: тема, цель работы, оборудование и материалы, выполнен протокол микроанализа по форме, пояснения к каждой рассмотренной микроструктуре; ответы на поставленные в заданиях вопросы; использованная литература).

## Теоретические основы и методические указания

Алюминий является важнейшим авиационным металлом, широко применяется для получения различных алюминиевых сплавов. Алюминий – легкий металл с плотностью  $2,7 \text{ г/см}^3$  и температурой плавления  $660 \text{ }^\circ\text{C}$ . Имеет гранцентрированную кубическую решетку. Обладает высокой тепло- и электропроводностью. Химически активен, но образующаяся на поверхности плотная пленка оксида алюминия  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , предохраняет его от коррозии.

Алюминий высокой чистоты маркируется А99 (99,999 % Al), А8, А7, А6, А5, А0 (содержание алюминия от 99,85 % до 99 %).

Технический алюминий хорошо сваривается газовой и контактной сваркой, имеет высокую пластичность, плохо обрабатывается резанием, отличается низкими литейными свойствами. Для прокатанного и отожженного алюминия характерны следующие механические свойства: предел прочности 80...100 МПа, относительное удлинение 35...40 %, число твёрдости по Бринеллю ( $\text{кгс/мм}^2$ ) 25...30 НВ.

Особо чистые марки алюминия применяются в электронной и электротехнической промышленности для замены более дорогой и тяжёлой меди при изготовлении проводов, кабелей и других изделий.

Классификация алюминиевых сплавов.

По технологическому признаку сплавы делятся на группы:

1. Деформируемые
2. Литейные.
3. Спеченные алюминиевые сплавы (порошковые и гранулированные).
4. Композиционные алюминиевые сплавы

1. Деформируемые сплавы обрабатывают давлением в горячем или холодном состоянии, среди них можно выделить следующие группы, отличающиеся технологическими и эксплуатационными характеристиками:

1.1. Сплавы для основных силовых элементов конструкций летательных аппаратов:

- высокопрочные сплавы В93, В93пч, В95, В95оч, В96 и др.

- дуралюмины Д16, Д16ч, 1161, 1163, ВД17, Д19 и др.
- 1.2. Ковочные сплавы:
    - для работы при обычной температуре – АК6, АК6-1, АК8;
    - жаропрочные – АК4, АК4-1.
  - 1.3. Коррозионностойкие, высокопластичные сплавы для сварных конструкций и деталей, изготавливаемых холодной штамповкой: технический алюминий АД1 и АД; сплавы АМц, АМг, АД31, АД33, АД35.
  - 1.4. Сплавы для заклёпок: В65, Д18П, АМг5П и др.
  - 1.5. Алюминиево-литиевые сплавы: 1420 и др.
  2. Литейные сплавы. Заготовки и полуфабрикаты из этих сплавов получают различными методами литья и имеют высокие литейные свойства (жидкотекучесть, низкую склонность к образованию внутренних напряжений и появлению трещин при кристаллизации, высокую герметичность, малую усадку, малую ликвацию).
    - 2.1. Сплавы высокой герметичности – силумины: АЛ2, АЛ4, АЛ9.
    - 2.2. Жаропрочные сплавы – ВАЛ10, ВАЛ14, АЛ1, АЛ5, АЛ19, АЛ21
    - 2.3. Коррозионностойкие сплавы – ВАЛ16, АЛ8, АЛ13, АЛ22.
  3. Спеченные алюминиевые сплавы (порошковые и гранулированные):
    - 3.1. Спеченные алюминиевые сплавы системы Al—Si—Ni (САС-1);
    - 3.2. Спеченные алюминиевые сплавы системы Al—Si—Fe (САС-2)
    - 3.3. Гранулируемые алюминиевые сплавы, отличающиеся высоким содержанием легирующих элементов: Mn, Cr, Zr, Ti, V.
  4. Композиционные алюминиевые сплавы.
    - 4.1. Волокнистые композиционные материалы получают, армируя алюминиевые сплавы АД1, АД33 борными волокнами (ВКА-1, ВКА-2).
    - 4.2. Алюминиевые сплавы, армированные стальной проволокой (КАС-1, КАС-1А).

Хорошим сочетанием прочности и пластичности отличаются сплавы системы Al—Cu—Mg — дуралюмины. В таблице 9.1 представлен химический состав дуралюминов.

Табл. 9.1 - Химический состав дуралюминов

Сплав	Химический состав, мас. %								
	основные легирующие элементы				примеси, %, не более				
	Cu	Mg	Mn	Zr	Si	Ti	Fe	Zn	Ni
Д16	3,8 – 4,9	1,2 – 1,8	0,3 – 0,9	–	0,5	0,1	0,5	0,3	0,1
Д16ч	3,8 – 4,9	1,2 – 1,8	0,3 – 0,9	–	0,2	0,1	0,3	0,1	0,05
1163	3,8 – 4,5	1,2 – 1,6	0,4 – 0,8	–	0,1	0,01 – 0,07	0,15	0,1	0,05
1161	3,35 – 3,85	1,4 – 1,8	0,4 – 0,7	0,08 – 0,16	0,05	0,03 – 0,07	0,15	0,05	0,08

Буквенно-цифровая маркировка технологической обработки дуралюминов показана в таблице 9. 2 (маркировка технологической обработки ставится в конце марки сплава).

Табл. 9. 2 - Буквенно-цифровая маркировка технологической обработки дуралюминов

Обозначение	Вид обработки, характеристика свойств материала
М	Мягкий, отожженный
Т	Закаленный и естественно состаренный
Т1	Закаленный и искусственно состаренный на максимальную прочность
Т2	Закаленный и искусственно состаренный по смягчающему режиму для повышения вязкости разрушения
Т3	Закаленный и искусственно состаренный по смягчающему режиму для повышения сопротивления коррозии под напряжением
Н	Нагартованный (5...7%)
П	Полунагартованный
Н1	Усиленно нагартованный (20%)
ТН	Закаленный, естественно состаренный и нагартованный
А	Нормальная плакировка
У	Утолщенная плакировка ( $\delta = 8\%$ на сторону)

Термическая обработка дуралюминов.

Дуралюмин приобретает высокие механические качества и повышенную коррозионную стойкость в результате термической обработки, состоящей в закалке и последующем старении. Термическая обработка основана на переменной растворимости меди, магния и некоторых других элементов в твердом алюминии при различных температурах.

Целью закалки дуралюмина является получение при комнатной температуре структуры однородного пересыщенного твердого раствора, способного к упрочнению в процессе дальнейшего старения.

Для обоснования температуры закалки можно в первом приближении воспользоваться диаграммой состояния Al — CuAl<sub>2</sub>, часть которой изображена на рис. 9.1. Сплав, соответствующий дуралюмину (~4% меди), выражается на этой диаграмме вертикалью abc. Нормальная температура закалки определяется точкой a, которая находится немного выше линии mp - линии ограниченной растворимости меди в алюминии, при которой сплав приобретает строение однородного твердого раствора, эта температура равна 495...505 °С. При старении происходит выделение упрочняющих зон. Микроструктура закалённого и естественно состаренного дуралюмина показана на рис. 9.2.

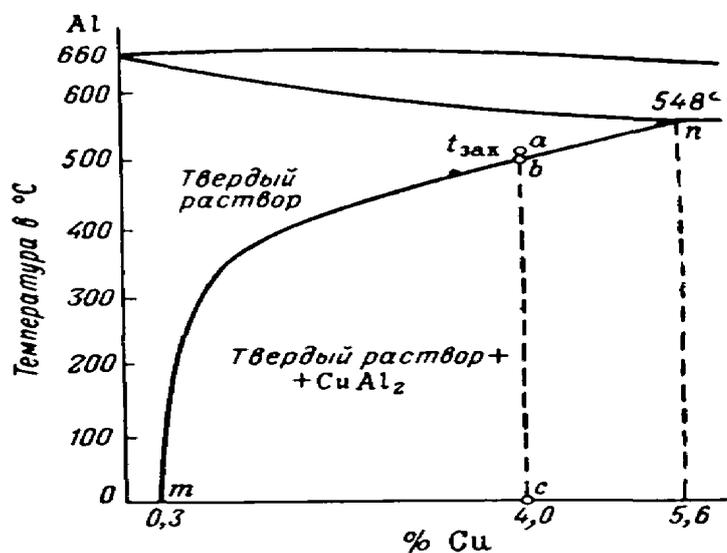


Рис. 9.1. Выбор температуры нагрева под закалку при термообработке дуралюмина.

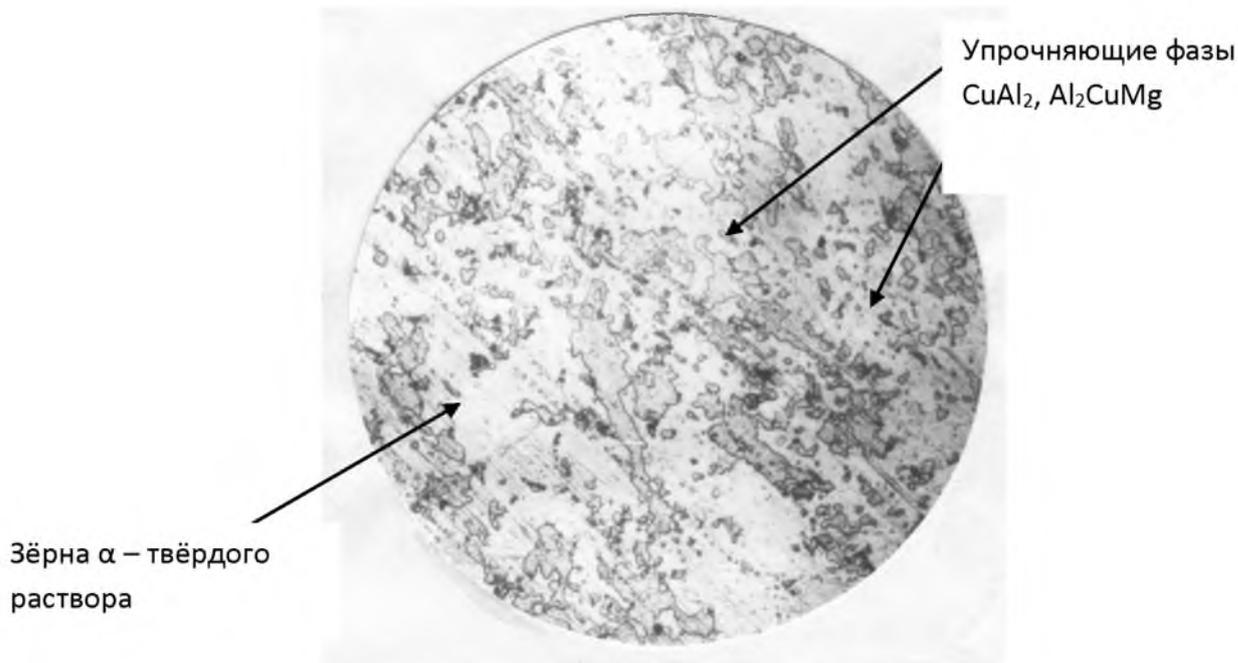


Рис. 9. 2. Микроструктура закалённого и естественно состаренного дуралюмина

Недогрев до этой температуры связан с нежелательным сохранением в структуре нерастворившихся частиц металлического соединения CuAl<sub>2</sub>; перегрев выше точки а является еще более вредным, так как приводит к образованию перегретой структуры, что сопровождается ростом зерен твердого раствора и окислением по границам зерен (рис. 9.3), или пережогом (рис. 9.4), при котором происходит оплавление границ зёрен, что недопустимо, резко увеличивает хрупкость и может привести к разрушению деталей.

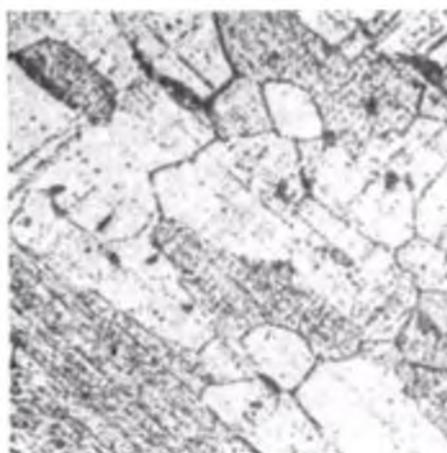


Рис. .93. Микроструктура перегретого дуралюмина. ×250.

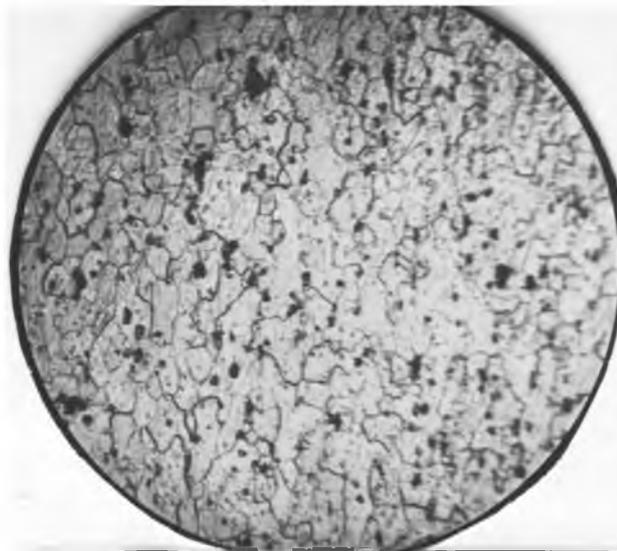


Рис. 9.4. Микроструктура дуралюмина с пережогом.

В обоих случаях значения прочности и пластичности сплава, приведенные на диаграмме (рис.9. 5) после естественного старения, ухудшаются.

Из сказанного следует, что при термической обработке дуралюмина следует обращать большое внимание на контроль температуры, учитывая, что особенно резкое ухудшение строения и свойств сплава происходит при перегреве, а тем более, при пережоге сплава.

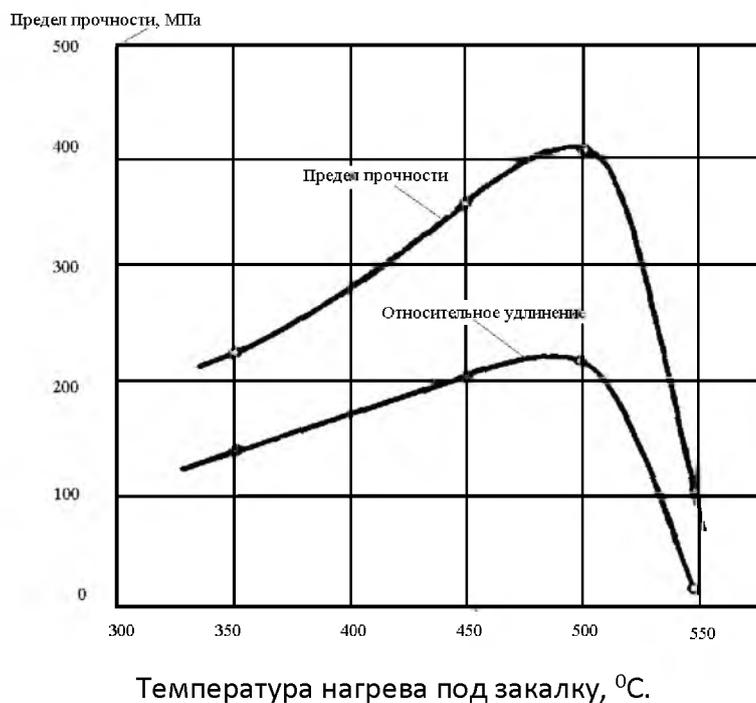


Рис. 9.5. Влияние температуры нагрева под закалку на механические свойства дуралюмина.

Старением называется процесс изменения строения и свойств закаленных сплавов, происходящий самопроизвольно при обыкновенной или повышенной температуре. Старение при комнатной температуре называется естественным. Ускоренное старение при нагреве (обычно не выше 250 °С) называется искусственным.

В настоящее время процесс старения двойных сплавов Al — Cu объясняется следующим образом. В зернах пересыщенного твердого раствора сразу же после закалки начинается перемещение (диффузия) атомов меди к некоторым участкам; в этих участках возникают особые пластинчатые образования, которые принято называть зонами Гинье—Престона (ЗГП) по имени ученых, впервые установивших их.

Подобные зоны представляют собой субмикроскопические «двумерные» пластинчатые образования, обогащенные медью. Они располагаются в направлении некоторых кристаллографических плоскостей и имеют определенные «критические» размеры, устойчивые для данной температуры старения; при 20 °С их протяженность равна ~ 0,50 нм, при 150 °С ~ 4 нм, а при 200 °С ~ 20 нм; толщина их составляет соответственно ~ 0,10, ~ 0,30 и ~ 1,0 нм.

ЗГП тесно (когерентно) связаны с твердым раствором и в прилегающих областях вызывают сильное искажение его кристаллической решетки. Это искажение решетки является основной причиной упрочнения дуралюмина при старении.

Процесс естественного старения состоит только в образовании зон Гинье—Престона. Скорость возникновения ЗГП постепенно уменьшается, и по истечении 5...7 суток старение практически заканчивается, причем сплав приобретает максимальную прочность, остающуюся в дальнейшем постоянной.

Следует добавить, что в самом начале процесса старения наблюдается некоторый «инкубационный» период, в течение которого еще нет заметного превращения и повышения прочности. Этот период имеет большое

практическое значение, так как сплав сохраняет в это время высокую пластичность и низкую твердость, что позволяет легко осуществлять различные технологические операции, связанные с холодной обработкой давлением (правку, выколотку, клепку и т. д.). Но уже довольно быстро (от 20 мин до 2 час для различных марок дуралюмина) пластичность падает и холодная обработка затрудняется.

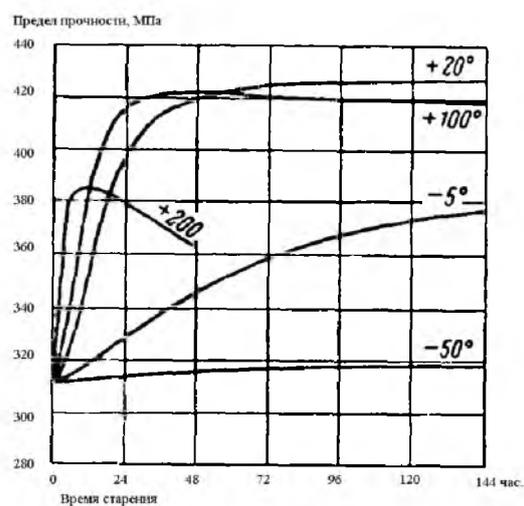


Рис.9. 6. Кривые старения дуралюмина

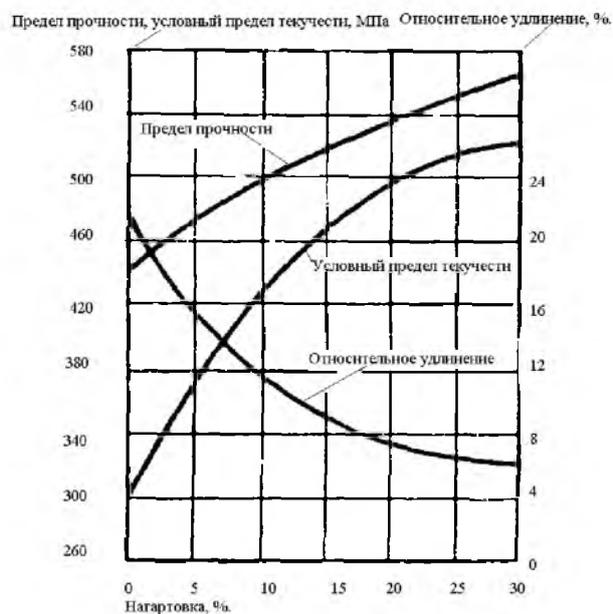


Рис. 9.7. Влияние нагартовки на механические свойства дуралюмина после закалки и старения.

Прочность растет наиболее интенсивно в течение последующих 5...15 час. Общий вид кривой естественного старения вместе с другими кривыми и изменение предела прочности дуралюмина при старении показаны на рис. 9.6. На рис. 9.7 показано влияние нагартовки на механические свойства дуралюмина после закалки и старения.

Плакирование дуралюмина.

Перед термической обработкой дуралюмин, предназначенный для изготовления листов, обычно подвергается плакированию, целью которого является повышение его коррозионной стойкости.

Плакирование заключается в создании на обеих поверхностях листа дуралюмина тонкого защитного слоя, состоящего в наружной зоне из чистого алюминия: толщина этого слоя составляет обычно 3...5% от толщины листа на сторону.

В случае утолщенной плакировки (УП), применяемой, например, для получения хорошего декоративного вида путем полирования, толщина плакированного слоя должна быть не менее 8% от толщины листа.

Для плакирования берется чистый алюминий А0 или А1, обладающий высокой коррозионной стойкостью.

На наших заводах принят метод приварки алюминия к дуралюмину в процессе горячей прокатки. Для этого дуралюминовую плиту вместе с наложенными на нее с двух сторон листами чистого алюминия прокатывают несколько раз при температуре 450 °С. При прокатке алюминий приваривается к дуралюмину. В процессе приварки вследствие диффузии компонентов образуется слой промежуточного состава, располагающийся между дуралюмином и поверхностной зоной чистого алюминия.

Правильно плакированный дуралюмин должен иметь на поверхности равномерный слой чистого алюминия, без пузырей, вздутий, темных пятен, наволакивания и других дефектов.

Оксидирование алюминиевых сплавов. В атмосферных условиях на поверхности алюминия образуется пленка окислов толщиной 0,01...0,1 мкм,

предохраняющая его от дальнейшего окисления. Легированный алюминий, более прочный и твердый металл, имеет меньшую коррозионную стойкость. Окисные пленки на его поверхности не отличаются равномерностью и адгезией. При высокой влажности на металле образуется рыхлый налет продуктов коррозии, способствующий удержанию влаги и усилению коррозии.

Оксидные пленки, полученные искусственно химическим или электрохимическим методами, имеют высокую защитную способность. Толщина химических оксидных пленок 0,5...3 мкм. Толщина электрохимических оксидных пленок на алюминии и его сплавах может достигать 300 мкм. Такие покрытия называют анодными. Они имеют высокие эксплуатационные свойства, отличаются твердостью, коррозионной и износостойкостью и т. п. и поэтому получили широкое применение в технике.

Литейные алюминиевые сплавы.

Основные требования к сплавам для фасонного литья — это сочетание хороших литейных свойств (высокой жидкотекучести, небольшой усадки, малой склонности к образованию горячих трещин и пористости) с оптимальными механическими и химическими (сопротивление коррозии) свойствами. Лучшими литейными свойствами обладают сплавы эвтектического состава. Больше распространены сплавы на основе систем Al—Si, Al—Cu, Al—Mg.

Конструкционные герметичные сплавы систем Al—Si (АЛ2) и Al—Si—Mg (АЛ4, АЛ9, АЛ34) получили название силумины.

Сплав АЛ2 близок к эвтектическому составу (10...13% Si) и отличается высокими литейными свойствами, коррозионной стойкостью, большой плотностью отливок. В то же время структура сплава АЛ2, представляющая собой игольчатую грубую эвтектику с включениями кристаллов первичного кремния, не обеспечивает требуемых механических свойств материала. Повышение пластичности сплава за счет изменения структуры (измельчение структуры эвтектики, появление избыточных кристаллов  $\alpha$ -твердого раствора

вместо кремния) достигается модифицированием АЛ2 натрием (0,065%) посредством введения в расплав смеси солей (67% NaF + 33% NaCl). Термической обработкой сплав АЛ2 не упрочняется.

Легированные силумины АЛ4, АЛ9, АЛ34 упрочняются термической обработкой по режимам Т1, Т4, Т5, Т6 (АЛ34, Т5: закалка с температуры 535 °С, искусственное старение 75 °С, 6 час.).

Силумины обладают хорошими литейными свойствами, удовлетворительной обрабатываемостью резанием, свариваемостью и коррозионной стойкостью, для повышения которой детали анодируют и защищают лакокрасочными покрытиями. Сплав АЛ2 используют для изготовления мелких, а АЛ4 и АЛ9 — средних и крупных литых деталей (корпусов компрессоров, картеров двигателей внутреннего сгорания). Сплав АЛ34 (ВАЛ5) превосходит сплавы АЛ4 и АЛ9 по прочности на 25...50%. Сплав АЛ34 применяется для отливок, получаемых литьем под давлением (блоков цилиндров автомобильных двигателей), и отличается хорошим комплексом механических и технологических свойств.

Высокопрочные и жаропрочные литейные сплавы. В эту группу входят сплавы систем А1—Cu—Mn (АЛ 19), А1—Cu—Mn—Ni (АЛ33) и А1—Si—Cu—Mg (АЛ3, АЛ5).

Сплав АЛ 19. Легирование сплава АЛ 19 титаном обеспечивает ему высокие механические свойства (в том числе при динамическом нагружении) при комнатной и низких температурах, а дополнительное легирование церием и цирконием — жаропрочностью при температурах до 300 °С. Сплав отличается хорошей обрабатываемостью резанием и свариваемостью, но пониженной коррозионной стойкостью. Сплав АЛ 19 упрочняется термообработкой по режимам Т4, Т5, Т7 (Т5: зак. 545 °С, 12 ч, стар. 175 °С, 3—6 ч); он широко используется для литья крупногабаритных отливок в песчаные формы.

Сплав АЛ33 характеризуется высокой жаропрочностью ( $\sigma_{100}^{300} = 90$  МПа), хорошей обрабатываемостью резанием, однако имеет пониженные литейные

свойства и коррозионную стойкость. Он термически упрочняется по режимам Т5—Т7. Температура работы сплава АЛ33 — до 350 °С.

Сплавы АЛ3 и АЛ3 отличаются повышенной жаропрочностью при температурах до 250...270 °С, но пониженной коррозионной стойкостью. Сплавы упрочняют по режимам Т5—Т8, из них изготавливают корпуса приборов, головки цилиндров двигателей, работающие при повышенных температурах (250-270 °С).

Коррозионностойкие литейные алюминиевые сплавы АЛ8, АЛ27.

Это сплавы систем А1—Mg (АЛ8, АЛ27) и А1—Mg—Zn (АЛ24) обладают высокой коррозионной стойкостью во многих агрессивных средах, обрабатываются резанием и свариваются. Дополнительное легирование сплавов системы А1—Mg бериллием, титаном и цирконием вызывает измельчение зерна и затормаживание процесса естественного старения, приводящего к снижению пластичности и коррозионной стойкости. Поэтому сплавы системы А1—Mg упрочняются только закалкой в масле без последующего старения (АЛ27, Т4: закалка с температуры 435 °С, 10 час). Сплавы АЛ8, АЛ27 и АЛ27-1 характеризуются невысокими литейными свойствами и низкой жаропрочностью (рабочие температуры до 80 °С). Сплавы способны работать в условиях коррозии морской воды вместо дефицитных бронз, латуней и нержавеющей сталей.

Сплав АЛ24. Это сплав системы А1—Mg—Zn и обладает стабильными механическими свойствами, хорошей жаропрочностью (до 150 °С) и удовлетворительными литейными свойствами. Сплав АЛ24 упрочняется естественным или искусственным старением без предшествующей закалки (Т1) либо закалкой с 550 °С (на воздухе или в кипящей воде) с последующим искусственным старением (165 °С, 22 час.) для повышения прочности.

Модифицирование алюминиевых литейных сплавов.

Литейные алюминиевые сплавы системы алюминий-кремний – силумины, - служат основой большинства литейных композиций, широко применяемых как конструкционные материалы для фасонного литья в авиационной и других

отраслях промышленности. Качество деталей из литейных алюминиевых сплавов во многом зависит от однородности структуры сплавов, неоднородность структуры отливок из алюминиевых литейных сплавов отрицательно сказывается на их свойствах. Как правило, наилучшими свойствами в литом состоянии обладают сплавы с мелкозернистой структурой, тонким внутренним строением зерна и дисперсным распределением фаз, а в слитках, предназначенных для прокатки иковки, особенно нежелательна столбчатая структура, снижающая технологическую пластичность сплавов.

Благоприятное влияние на структуру сплавов оказывает высокая скорость кристаллизации. Однако ее трудно достичь при больших размерах отливки.

Радикальным средством регулирования структуры литейных алюминиевых сплавов служит их модифицирование. Модифицированием сплавов называется процесс изменения структуры литого сплава под воздействием небольших количеств специально вводимых добавок – модификаторов. Только благодаря модифицированию силумины нашли широкое применение в промышленности.

В данном случае рассматриваются вопросы модифицирования третьего вида – изменение структуры эвтектик, - которому подвергаются силумины – литейные алюминиевые сплавы. Модифицирование силуминов заключается в обработке жидкого расплава при определенной температуре небольшими присадками смесью фтористых и хлористых солей щелочных металлов, в частности:

60% NaF, 2,5% NaCl, 15% Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> и 40% NaF, 45% NaCl, 15% Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>.

В результате модифицирования структура эвтектики коренным образом изменяется. Сплавы эвтектического и заэвтектического состава становятся по структуре доэвтектическими, а строение эвтектики становится мелкозернистым. Кроме того, снижается температура плавления эвтектики.

Это легко демонстрируется с помощью диаграммы состояния алюминий – кремний для силуминов и показано на рис. 9.8.

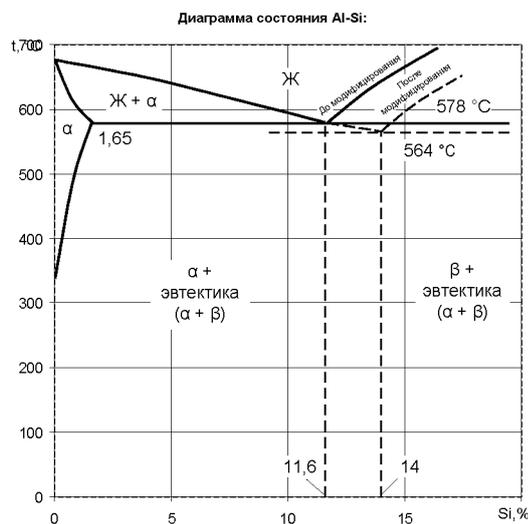


Рис. 9.8. Диаграмма состояния алюминий – кремний.

До настоящего времени нет единой теории, позволяющей объяснить все факты, наблюдаемые при модифицировании. Микроскопические исследования показали, что ведущей фазой при кристаллизации модифицированных силуминов служит не кремний, как в не модифицированных сплавах, а алюминий. Существенную роль в процессе модифицирования играет адсорбция натрия или образующегося при модифицировании соединения  $\text{NaAlSi}$  на гранях растущих кристаллов кремния.

Наиболее полно природа модифицирования силуминов объясняется теорией, согласно которой на первой стадии эвтектической кристаллизации рост кристаллов кремния тормозится образованием адсорбционных слоев натрия или его соединений. Резко снижая линейную скорость кристаллизации кремния, модификатор создает условия для роста дендритов алюминия, в результате чего алюминий становится ведущей фазой при росте эвтектической колонии. В дальнейшем форма выделения кремния будет определяться формой дендрита алюминия. На этой стадии роста дендритной колонии решающее влияние на измельчение частиц кремния оказывают не образующиеся на них пленки, а сам характер дендритной кристаллизации, поэтому наиболее эффективными модификаторами служат те элементы, которые наряду с уменьшением линейной скорости роста кристаллов кремния

значительно влияют на форму роста дендритов алюминия, делая более тонким их внутреннее строение. Натрий является именно такой примесью, поскольку он, будучи поверхностно активной добавкой по отношению к алюминию и увеличивая переохлаждение расплава, способствует получению тонкой и разветвленной формы дендритов твердого раствора. По этой же причине модифицированию силуминов способствует повышение скорости кристаллизации отливки.

В результате качественно проведенного модифицирования механические свойства изделий повышаются: немодифицированные сплавы имеют следующие характеристики механических свойств: предел прочности -  $\sigma_B = 130$  МПа, относительное удлинение –  $\delta = 1,5$  %; модифицированные сплавы имеют следующие характеристики механических свойств: предел прочности -  $\sigma_B = 150$  МПа, относительное удлинение –  $\delta = 6,0$  %. Однако модифицированию силуминов солями натрия присущи и недостатки, в частности – опасность получения не полностью модифицированной структуры. На рис. 9.9 показана микроструктура силумина до и после модифицирования.

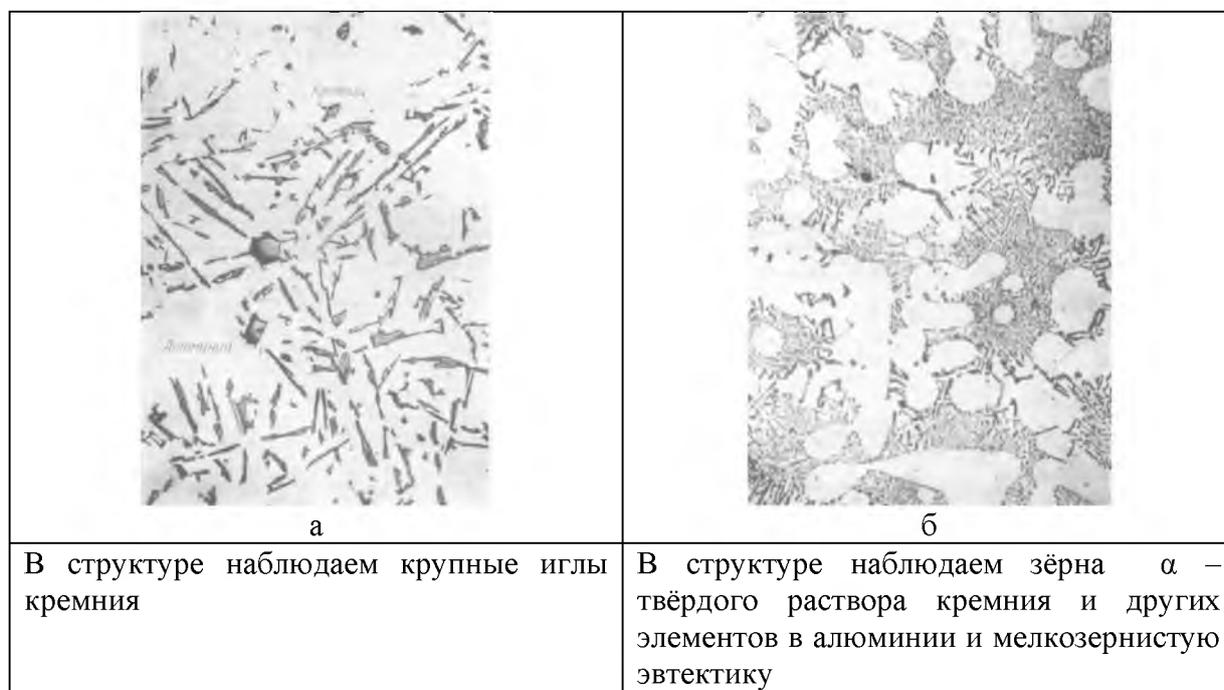


Рис. 9. 9. Микроструктура силумина: а) до модифицирования  
б) после качественно проведённого модифицирования.  $\times 200$

Некачественно проведенное модифицирование приводит к снижению механических свойств и надежности деталей, что может привести к разрушению деталей. Микроструктура сплава после некачественно проведенного модифицирования представлена на рис.9.10. В микроструктуре явно видны грубые иглы кремния, что говорит о некачественно проведенном модифицировании.

Некачественно проведенное модифицирование приводит к снижению механических свойств и надежности деталей, что может привести к разрушению деталей. Такой пример - пример разрушения детали – сектора управления рулём высоты представлен на рис. 9.12. Данная деталь изготовлена из алюминиевого литейного сплава АЛ9. Состав сплава: основа – алюминий, легирующие элементы: Si 6...8%, Mg 0,2...0,4%.



Рис. 9.12. Общий вид разрушенного сектора управления.

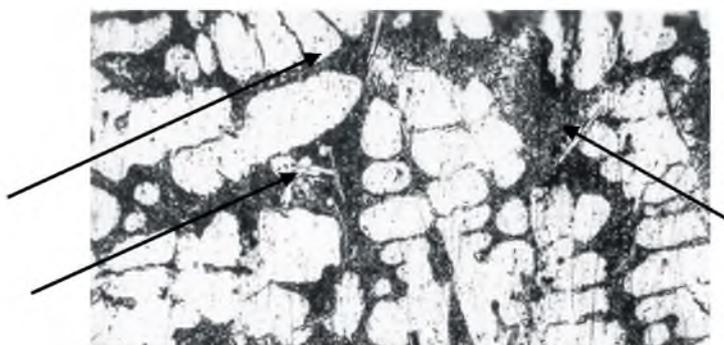


Рис. 9.10. Микроструктура сплава. Стрелками показаны иглы кремния.

Данная деталь - одна из основных деталей системы управления рулями высоты. Проведённый макроанализ показал, что макроструктура в зоне

излома – пористая, с наличием шлаковых включений. Дополнительный микроанализ структуры позволил сделать вывод о некачественном модифицировании сплава. Микроструктура сплава данной детали представлена на рис. 9.13. В микроструктуре наряду с округлыми зёрнами  $\alpha$  - твёрдого раствора кремния в алюминии и мелкозернистой эвтектики: ( $\alpha + \text{Si}$ ) наблюдаем грубые крупные иглы кремния (Si) и железа (Fe).

Рекомендовано для данной детали для повышения её механических свойств и надёжности заменить отливку на штампованную поковку из сплава АК6, который по прочностным характеристикам значительно превосходит сплав АЛ9, а именно:  $\sigma_b = 320 \dots 360$  МПа,  $\delta = 12 \dots 8\%$ .

Кроме рассмотренного недостатка – опасности получения немодифицированной структуры, можно отметить и такие недостатки модифицирования силуминов натрием и его солями, как снижение жидкотекучести расплава, повышенная склонность к газопоглощению, но главный из них – это ограниченное время выдержки расплава после ввода модификатора, что связано с испарением и окислением легкоплавкого натрия. Имеются данные о проводимых исследованиях по возможности замены натрия и его соединений другими модификаторами, в частности, наиболее обнадёживающим оказался стронций. Данный щелочноземельный металл, подобно натрию, вызывает измельчение алюминиево-кремниевой эвтектики и в то же время обеспечивает стабильный эффект модифицирования расплава, который сохраняется при длительном его выстаивании до шести часов и многократном переплаве модифицированного сплава – три, четыре раза.

Для измельчения первичного зерна в качестве модификаторов возможно применение тугоплавких карбидов, нитридов и карбонитридов. Хорошие результаты даёт обработка расплавов силуминов комплексными модификаторами типа: Al-Sr-Ti-B и Al-Sb-Zr-B. Совместное воздействие модифицирующих добавок обеспечивает существенное повышение прочностных и пластических свойств сплавов за счёт благоприятных условий структурообразования отливок. Положительное влияние сурьмы и стронция

на формирование эвтектической составляющей усиливается введением циркония. Бора и титана, сочетание которых способствует измельчению зерна  $\alpha$ -твёрдого раствора и более равномерному распределению  $\alpha + \text{Si}$  эвтектики. Кроме того, их растворении в алюминии вызывает упрочнение твёрдого раствора. Добавки бора также благоприятствуют упрочнению структуры. Укрепляют границы зёрен, что обеспечивает прочности сплава и стабильность механических свойств, особенно при повышенных температурах эксплуатации отливок из силуминов. В последнее время всё большее применение в качестве модификаторов литейных сплавов получают ультрадисперсные порошки химических соединений (нанопорошки), которые выполняют роль дополнительных центров кристаллизации при первичной кристаллизации.

Применение комплексных модификаторов длительного действия для обработки силуминов даёт возможность существенно улучшить свойства отливок, обеспечивая при этом стабильность результатов крупносерийного и массового производства литья. После многократных переливов и переплавов силуминов. Исследования возможности применения комплексного модификатора системы Al-Sr-Ti-B в виде нанопорошков, полученных из лигатуры этой системы методом электроэрозионного диспергирования в углеродсодержащих средах. Механические свойства сплавов, модифицированного комплексным модификатором Al-Sr-Ti-B. На основе нанопорошка оказались выше, чем у сплава модифицированного обычным модификатором Al-Sr-Ti-B. Значения предела прочности и относительного удлинения сплава, обработанного модификатором на основе нанопорошка составило для образцов, отлитых в кокиль 380...400 МПа и 3...6%. Показатели прочности и пластичности сохранились при длительном выстаивании расплава, до двух часов.

Спеченный алюминиевый порошок (САП) — это материал полученный холодным, а затем горячим брикетированием (прессованием под давлением 700 МПа при 500—600 °С) предварительно окисленной алюминиевой пудры (чешуек толщиной до 1 мкм). Потом из горячепрессованных, брикетов ковкой,

прокаткой или прессованием изготавливают изделия или полуфабрикаты. Поскольку каждая частичка пудры покрыта тонким слоем оксида алюминия, то чем тоньше пудра, тем больше в САПе оксида алюминия, выше его прочность, но ниже пластичность; в САПе содержится  $Al_2O_3$  от 6 до 22%. САП характеризуется высокой прочностью и жаропрочностью при повышенных температурах (350—500 °С). Так, временное сопротивление САПа при 500 °С колеблется в интервале 80—120 МПа (в зависимости от содержания  $Al_2O_3$ ). Разновидностью САПа является сплав СПАК-4 (системы Al—Cu—Mg— $Al_2O_3$ ), в котором впервые использовано совместное упрочнение алюминиевой матрицы оксидами ( $Al_2O_3$ ) и интерметаллидами (например,  $Al_9FeNi$  и др.). Обладая высокой длительной прочностью при 350 °С (в 2—2,5 раза большей, чем у сплава АК4-1), сплав СПАК4 может применяться для работающих на форсированных режимах поршней.

Спеченные алюминиевые сплавы систем Al—Si—Ni (САС-1) и Al—Si—Fe (САС-2), отличающиеся низким коэффициентом термического расширения, изготавливают из порошков, полученных пульверизацией жидких сплавов. Это обеспечивает сплавам достаточно равномерную дисперсную структуру, содержащую мелкие включения кремния и интерметаллидов.

В настоящее время получили распространение гранулируемые алюминиевые сплавы, отличающиеся высоким содержанием легирующих элементов (Mn, Cr, Zr, Ti, V), нерастворимых или малорастворимых в алюминии. Гранулирование (получение гранул — литых частиц с диаметром от нескольких миллиметров до десятых долей миллиметра) осуществляют распылением расплава с высокими скоростями охлаждения ( $10^4—10^8$  °С/с) в воде. При этом образуются пересыщенные переходными металлами твердые растворы на основе алюминия; одновременно изменяется структура: грубые первичные и эвтектические включения интерметаллидов (присущие слиткам, получаемым по обычной технологии) становятся более тонкими и равномерно распределенными, что повышает механические свойства сплавов. Из гранул изготавливают прессованные полуфабрикаты и листы любых алюминиевых

сплавов. В процессе горячей деформации при получении полуфабрикатов аномально пересыщенные твердые растворы распадаются с выделением дисперсных частиц интерметаллидов. Таким образом, технологический нагрев до 400—450 °С при изготовлении полуфабрикатов является упрочняющим старением сплава. Роль закалки для таких сплавов играет кристаллизация при больших скоростях охлаждения.

Дисперсионно твердеющим гранулируемым является сплав 01419 системы Al—Cr—Zr, который упрочняется вследствие выделения фаз AlZr, Al<sub>7</sub>Cr при прессовании прутков. Сплав обладает повышенной жаропрочностью до 350 °С.

Другой группой гранулируемых сплавов являются высокопрочные сплавы типа В95, В96Ц системы Al—Zn—Mg—Cu (например, ПВ90), упрочняемые термической обработкой. Сплав ПВ90Т1 превосходит по прочности и температуре рекристаллизации все серийные деформируемые алюминиевые сплавы. Сплав ПВ90 хорошо полируется и обрабатывается резанием. Обладая размерной стабильностью, он перспективен для изготовления зеркал, узлов трения и других ответственных деталей высокоточных приборов.

Композиционные алюминиевые сплавы. Волокнистые композиционные материалы получают, армируя алюминиевые сплавы АД1, АД33 борными волокнами (ВКА-1, ВКА-2). Эти материалы используют для изготовления стрингеров, труб. Для композиционных материалов ВКА-1 и ВКА-2 характерны высокие значения циклической прочности. Алюминиевые сплавы, армированные стальной проволокой (КАС-1, КАС-1А, табл. 8.6), могут подвергаться гибке, обладают высокой ударной вязкостью и жаропрочностью, большим сопротивлением распространению усталостной трещины и значительной прочностью. Применение накладок (стопперов) из материала КАС уменьшает скорость распространения трещины более чем в пять раз по сравнению с накладками из титановых сплавов.

Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 397 с. стр181..., стр. 174

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

стр.273...288

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются сплавы на основе алюминия? Разработайте интеллект-карту «Общая классификация сплавов на основе алюминия» с примерами по каждой группе сплавов и режимами их термообработки.
2. Какая маркировка применяется при технологической обработке алюминиевых сплавов?
3. Перечислите виды термообработки сплавов на основе алюминия, укажите их влияние на структуру и свойства сплавов.
4. Каким образом правильно выбрать температуру нагрева дуралюминов под закалку?
5. В чём заключается старение сплавов на основе алюминия? Каким образом влияет старение на структуру и свойства сплавов?
6. В чём заключается естественное и искусственное старение?
7. В чём заключается сущность модифицирования сплавов на основе алюминия?

Требования к оформлению отчётов по лабораторным работам.

Все отчёты по лабораторным работам оформляются на специально разработанных бланках отчётов формата А4.

Критерии оценки ответов обучающихся при защите лабораторных работ:

1.100...86 баллов – оценка «отлично» (зачтено) выставляется, если:

обучающимся представлен правильно оформленный отчёт, дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая

последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе материаловедения и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в материаловедческих терминах. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа

2.85...76 баллов – оценка «хорошо», (зачтено) выставляется, если:

обучающимся представлен правильно оформленный отчёт, обучающимся дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах материаловедения. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя

3.75...61 балл – оценка «удовлетворительно» (зачтено), выставляется, если:

обучающимся представлен отчёт с незначительными недочётами, даны недостаточно полные и недостаточно развернутые ответы. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Обучающийся может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя

4.60...50 – оценка «неудовлетворительно» (не зачтено), выставляется, если:

обучающимся представлен отчёт со значительными недочётами. Даны неполные ответы, представляющие собой разрозненные знания по теме вопросов с существенными ошибками в определениях.

Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не

осознает связь данных понятий, теории, явлений с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленные вопросы, но и наводящие вопросы.

Работа с лекционным материалом и литературой при подготовке к проведению практических работ и их защите:

**Занятие 1. Система организации труда, принципы формирования навыков самостоятельной работы. Научные исследования в области материаловедения. (2 час.)**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

1. Система организации труда и принципы формирования навыков самостоятельной работы
2. Научные исследования в области материаловедения.
3. Цели и задачи научных исследований
4. Выявление уровня владения знаниями и умениями, способности и интересы студентов в области НИР
5. Выбор темы научного исследования

Вопросы для подготовки к практическому занятию:

1. Как вы понимаете определение «самостоятельная работа»?
2. Как по вашему мнению сформировать навыки самостоятельной работы у обучающихся в высшей школе?
3. Для анализа вашего отношения к самостоятельной работе ответьте на следующие вопросы:

1. Зависит ли самообразование от личных особенностей и жизненных установок студента?	Да	Нет	Не знаю
2. Как вы думаете, формируются ли самообразовательные умения в ходе самостоятельной деятельности студента?	Да	Нет	Не знаю
3. Уделяете ли вы внимание своему самообразованию в вузе?	Да	Нет	Не знаю
4. Вы согласны с утверждением, что роль преподавателя является лучшим мотивационным фактором в учебе?	Да	Нет	Не знаю

5. Является ли НИРС (научно-исследовательская работа) одним из видов самостоятельной деятельности студентов?	Да	Нет	Не знаю
6. Занимаетесь ли вы каким-либо видом научной деятельности (написание рефератов, выполнение курсовых работ...)?	Да	Нет	Не знаю
7. Выступали ли Вы с результатами своей научно-исследовательской деятельности на научно-практических конференциях?	Да	Нет	
8. Вы умеете планировать свою самостоятельную работу?	Да	Нет	Не знаю
9. Довольны ли вы организацией самостоятельной работы в вузе?	Да	Нет	Не знаю
10. Вы согласны с тем, что на старших курсах ведущую роль должны играть самообразование и самостоятельная деятельность?	Да	Нет	Не знаю
11. Согласны ли Вы с утверждением, что самообразование способствует карьерному росту?	Да	Нет	Не знаю
12. Считаете ли вы правильным в учебном процессе вуза увеличение числа часов на самостоятельную работу студентов?	Да	Нет	Не знаю

3. Ответьте на вопрос: «Готов ли я к выполнению самостоятельной работы?»

4. Выполните тест:

#### «СПОСОБНОСТЬ К НАУЧНОМУ ТВОРЧЕСТВУ»

Инструкция: отметьте вопрос А, если утверждение «да»; В, если «нет», С, если другой ответ

	А	В	С
<b>Любопытство</b>			
1. Меня все интересует с первого взгляда	да	нет	по обстоятельствам
2. У меня есть интересы помимо основного занятия	да	нет	иногда
3. В свободное время у меня тоже есть серьезные дела	да	нет	время от времени
4. Я стараюсь расширить ту область, которой занимаюсь	да	нет	иногда
5. Я всегда хочу знать больше обо всем	Да	нет	иногда
6. Я с удовольствием собираю информацию	да	нет	иногда
7. Читать для меня...	необходимость	скука	удовольствие
<b>Упорство</b>			
1. Когда я берусь за дело, то намерен довести	да	нет	зависит от цели

его до конца			
2. Я заканчиваю то, что начал	да	нет	иногда
3. Неудача меня обескураживает	да	нет	я смеюсь над этим
4. Неудача побуждает к размышлениям	да	нет	немного задумываюсь
5. Ради дела я готов пожертвовать удовольствиями	да	нет	время от времени
<b>Честолюбие</b>			
1. В профессии для меня важно...	творчество	спокойствие	хорошая зарплата
2. Есть великие люди, которыми я восхищаюсь	да	нет	иногда
3. Возможно, я переменю профессию на более интересную	да	нет	
4. Ради новых знаний я бы охотно посещал специальные курсы	да	нет	не очень
5. Я люблю встречи и дискуссии	очень	нет	умеренно
6. Я люблю коллективную работу	да	нет	могу приспособиться
<b>Изобретательность</b>			
1. Я размышляю о механизмах мышления	да	нет	если вынужден
2. Меня интересует устройство прибора, которым пользуюсь	да	нет	иногда
3. Я представляю, как можно его улучшить	да	нет	иногда
4. Думаю, что у меня умелые руки	да	нет	кое-что умею
5. Меня интересует логика в рассуждениях	да	нет	не важно
6. Размышляя, я готов отказаться от своих представлений	да	нет	может быть
<b>Мои сильные стороны</b>			
1. Здоровье позволяет мне напряженно работать	да	нет	умеренно
2. В общем, мне везет	да	нет	иногда
3. Моя память...	хорошая	не очень	средняя
4. Меня привлекает необычная информация	да	нет	так себе
5. Я убежден в ценности квалификации	да	нет	в некоторой степени
6. Я выбрал профессию...	по призванию	случайно	из-за зарплаты

7. Я люблю мечтать и фантазировать	да	нет	иногда
8. Не люблю одиночества	да	нет	немного
9. Люблю размышлять в уединении	да	нет	зависит от ситуации
10. Когда нужно, я умею	да	нет	не всегда успешно
11. Мои научные интересы			

## РЕЗУЛЬТАТ:

Если большинство ваших ответов в колонке «А», то вы в полной мере одарены творческим темпераментом и ваши таланты проявляются в изобретательстве. Но вы еще не сделали ничего оригинального? Возможно, это оттого, что вы очень молоды или же склонны братья за все подряд. В любом случае ваше желание быть творцом уже проявилось.

Большинство ответов в колонке «В» означает, что вы довольно безразличны к творчеству. Может, дело в чрезмерной скромности и пассивности? Если вы не задумаетесь над этим, то всю жизнь останетесь хорошим исполнителем, что, впрочем, тоже неплохо. Но не стоит огорчаться и в этом случае, если вам твердо известно, что способностей к науке нет. Вы же помните основной принцип психодиагностики: нет людей бесталаных, а есть люди, занятые не своим делом.

Большинство ответов в колонке «С» свидетельствует, что вы, без сомнения, можете доказать творческую способность, но не хотите это делать. Возможно, что ваш творческий ум избирателен и может проявить себя в некоторых областях. Эйнштейн, например, был гениальным творцом, если речь шла об абстрактных идеях; но его совсем не интересовали маленькие изобретения для повседневной жизни. Старайтесь не быть человеком одной идеи, потому что не у всех возможности Эйнштейна. Или попробуйте хотя бы развить больше маленьких идей, чтобы поддержать ту, которая вам действительно по сердцу.

## Литература:

1. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. И. Круглов, В. И. Ершов, А. С. Чумадин и др. - М.: Логос, 2011. - 432 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=468969>
2. Кожухар, В. М. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : Учебное пособие / В. М. Кожухар. - М.: Дашков и К, 2013. - 216 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=415587>
3. Основы научных исследований (Общий курс): [Электронный ресурс] Учебное пособие / В.В. Космин. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 214 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=487325>
4. Основы научных исследований [Электронный ресурс] / Б.И. Герасимов, В.В. Дробышева, Н.В. Злобина и др. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 272 с – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390595>

## Электронные ресурсы:

1. Самостоятельная работа студентов в учебном процессе вуза глазами студентов.  
Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2013/10/3398>
2. Тест на способность к научному творчеству для студентов. Режим доступа: <http://iga.ru/page/test-na-sposobnost-k-nauchnomu-tvorchestvu-dlya-studentov>
3. Методики профессионального саморазвития: самопознание, цель и социум.  
Режим доступа: <https://zazama.ru/samorazvitie/metodiki-professionalnogo-samorazvitiya.html>
4. Самообразование личности — ключ к успеху. Режим доступа: <https://zazama.ru/samorazvitie/samoobrazovanie-lichnosti.html>

**Занятие 2. Организация и планирование проведения и обработки результатов по выявлению дефектных или разрушенных заготовок,**

## **деталей или элементов авиационных конструкций с применением макро- и микроанализа**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

Совместная с обучающимися выработка алгоритма по организации и планированию проведения и обработки результатов по выявлению дефектных или разрушенных заготовок, деталей или элементов авиационных конструкций с применением макро- и микроанализа материалов деталей машин и элементов авиационных конструкций

1. Организация и планирование проведения макро- и микроанализа материалов деталей машин и элементов авиационных конструкций
2. Изучение сущности макро- и микроанализа материалов
3. Изучение оборудования для проведения макро- и микроанализа
4. Изучения правил подготовки макро- и микрошлифов
5. Разработка методик по обработке экспериментальных исследований по макро- и микроанализу материалов деталей машин и элементов конструкций

Работоспособность деталей машин и элементов конструкций летательных аппаратов оценивают определенными критериями.

Важнейшие из них – прочность, жесткость, износостойкость, теплостойкость, вибростойкость, коррозионная стойкость. Надёжность и качество деталей формируется на каждом этапе производственного процесса изготовления деталей и элементов конструкций, контроль осуществляется на всех этапах технологических процессов. Однако, в силу различных факторов возможно появление различных дефектов и брака при производстве изделий и даже разрушение отдельных деталей работе или при выполнении сборочных работ. Проведение макро- и микроанализа и определение механических свойств на всех этапах технологических процессов позволяет значительно снизить попадание дефектных деталей в производство. Кроме того, большое значение имеет и формирование у обучающихся умения прогнозировать каким образом тот или иной техпроцесс повлияет на структуру и свойства материала детали.

Для предложенной преподавателем заготовки или детали разработайте алгоритм проведения исследований по выявлению дефектов или причин разрушения.

1. Внимательно изучите документы, сопровождающие исследуемый объект, в первую очередь, рабочий чертёж. Рабочий чертёж поможет вам правильно понять замысел конструктора, получить полное представление не только о форме, размерах, но и о материале, из которого изготовлена данная деталь или заготовка, а также о других требованиях, предъявляемых к готовому изделию.
2. Дайте характеристику материала детали, расшифруйте марку материала, опишите механические и технологические свойства материала.
3. Назначьте режим термообработки. (Т.О.).
4. Продумайте ответ на вопрос о влиянии Т.О. на структуру и свойства материала.
5. Изучите эталонные фотографии микро- и макроструктуры сплава исследуемого объекта до и после Т.О.
6. Зарисуйте конечную микроструктуру материала после Т.О. с указанием структурных составляющих.
7. Укажите способ защиты от коррозии исследуемого объекта согласно требованиям чертежа.
8. Подготовьте разрушенные или дефектные заготовки и детали к исследованиям.
9. Сфотографируйте исследуемый объект с помощью цифрового фотоаппарата, отправьте информацию на компьютер. Изучите обнаруженные дефекты на экране монитора.
10. Распечатайте фотографии на принтере.
11. В случае необходимости, отсканируйте поверхность излома на сканере, изучите отсканированную поверхность на экране монитора.
12. Распечатайте фотографии.
13. При необходимости определите характер разрушения детали.

14. Проведите анализ условий работы разрушенных деталей. Оценить влияние эксплуатационных, производственно-технологических факторов, совершенство конструкции детали на условия нагружения и работы детали.

15. Проведите металлофизический анализ. Определите механические свойства материала исследуемого объекта.

16. Проведите металлоструктурный анализ. Приготовьте необходимые микро- и макрошлифы. Выберите при этом состав химического травителя. Сфотографируйте микро и макроструктуру материала с помощью цифрового фотоаппарата. Отправьте полученную информацию в компьютер. Изучите микроструктуру на экране монитора. Сделайте выводы. Распечатайте фотографии.

17. Назначьте метод неразрушающего контроля для исследуемого объекта. Проведите неразрушающий контроль объекта. Сделайте выводы.

18. Сделайте выводы о причинах возникновения дефектов или разрушения исследуемого объекта.

### **Занятие 3. Работа по чертежам авиационных деталей.**

Цель занятия: научить обучающихся работе с рабочими чертежами авиационных деталей

Используя информацию, заложенную конструктором в чертеже детали, преподаватель объясняет правила чтения рабочего чертежа детали на примере. Затем обучающийся выполняет следующие задания по индивидуальному чертежу:

Деталь \_\_\_\_\_

№ чертежа \_\_\_\_\_

1. Дать характеристику, расшифровать и описать механические и технологические свойства материала, из которого изготовлена данная деталь.
2. Назначить режим термообработки.
3. Дать определения всем выбранным видам термообработки.
4. Построить график термообработки.

5. Описать влияние термообработки на структуру и свойства материала.
6. Указать способ защиты от коррозии для данной детали. Расшифровать. Кратко описать свойства и методы получения антикоррозионных покрытий.
7. Указать критерии выбора инструментального материала для обработки резанием
8. Выбрать инструментальный материал для обработки определённых поверхностей на деталях
9. Дать характеристику, расшифровать выбранную марку инструментального материала, указать методы повышения стойкости инструмента с учётом современных научных достижений в области материаловедения
10. Составить библиографию

Литература:

1. Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 397 с.  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>
2. Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы : учебник / Ю.М. Зубарев. – СПб. : Изд-во «Лань», 2008. – 224 с.: ил.  
<http://e.lanbook.com/view/book/595/>
3. ГОСТ 9.032 – 74 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения  
<http://go.mail.ru/search?q=%D0%B3%D0%BE%D1%81%D1%82%209.032-74%20%D0%B4%D0%B5%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B9&gp=820339>
4. ГОСТ 9825-73 Материалы лакокрасочные  
<http://files.stroyinf.ru/data1/6/6354/index.htm>
5. ГОСТ 9.306-85 ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения  
<http://www.tspc.ru/tech/stand/GOST9.306-85/>

## **Занятие 4. Анализ диаграммы состояния железо-цементит, правило фаз.**

### **Построение кривых охлаждения.**

Цель работы: закрепить полученные теоретические знания по разделам: раздел IV. Теория сплавов, раздел V. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов, – научиться проводить анализ диаграмм состояния двойных сплавов, пользоваться правилом фаз для построения кривых охлаждения или нагревания, определять количество твёрдой и жидкой фазы, количество компонентов при различных температурах и в различных сплавах.

Работа по диаграмме состояния железо - карбид железа.

1. Вычертите диаграмму состояния железо–карбид железа.
2. Укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы.
3. Запишите и объясните сущность перитектической, эвтектической и эвтектоидной реакций
4. Постройте кривую охлаждения с применением правила фаз для сплава, содержащего \_\_\_\_% углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите состав фаз, т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
5. Опишите превращения, происходящие в сплаве при охлаждении.
6. Укажите название данного сплава, зарисуйте микроструктуру сплава с указанием структурных составляющих, входящих в состав данного сплава.
7. Указать список использованной литературы.

Правило оформления работы:



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

ФИЛИАЛ ДВФУ В Г. АРСЕНЬЕВЕ

**Кафедра самолёто- и вертолётостроения**

Отчёт по практическому занятию №3  
по дисциплине: Материаловедение

Студента \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_

Тема: Анализ диаграммы состояния железо-цементит, правило фаз.

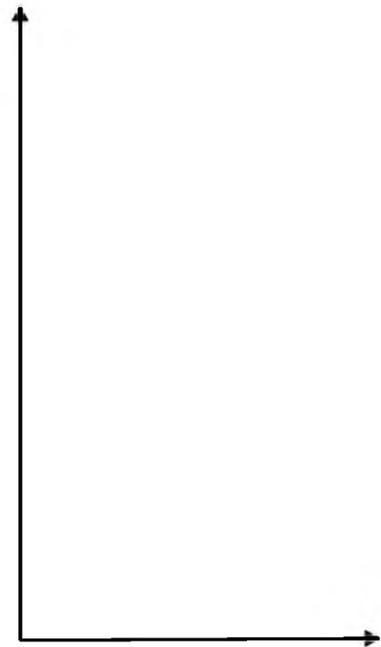
Построение кривых охлаждения.

Задание:

1. Запишите и объясните сущность перитектической, эвтектической и эвтектоидной реакций
2. Постройте кривую охлаждения с применением правила фаз Гиббса для сплава, содержащего \_\_\_\_% углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите состав фаз, т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
3. Опишите превращения, происходящие в сплаве при охлаждении.
4. Укажите название данного сплава, зарисуйте микроструктуру сплава с указанием структурных составляющих, входящих в состав данного сплава.
5. Укажите список использованной литературы.

					М. ПЗ 3.Б17101.____		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Лист	Листов
Провер.						198	2
Реценз.					198		
Н. Контр.					Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
Утверд.							

Изм.	
Лист	
№ докум.	
Подпись	
Дата	



Рекомендуемая литература: Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 397 с.

<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

**Занятие 5. Номенклатура машиностроительных и авиационных материалов. Система и принципы их маркировки. Основы принципов рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в авиа- и машиностроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях. Решение задач.**

Цель: Обобщить имеющиеся знания по вопросам: Номенклатура машиностроительных и авиационных материалов. Система и принципы их маркировки.

Выработать совместно с обучающимися принципы рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в авиа- и машиностроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии.

Научить решать задачи по данной теме.

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

1. Номенклатура машиностроительных и авиационных материалов. Разработка интеллект-карты
2. Система и принципы маркировки машиностроительных и авиационных материалов
3. Основы принципов рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в авиа- и машиностроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии.
4. Разработка методики решения задач. Решение задач

Примеры задач для обучающихся:

1. Шестерня главного редуктора вертолѐта должна иметь на рабочей поверхности высокую твердость ( $HV = 950 \dots 1000 \text{ кгс/мм}^2$ ). Одновременно требуются высокие механические свойства шестерни ( $\sigma_{0,2} \geq 1000 \text{ МПа}$ ). Выбрать рациональную марку материала и рекомендовать технологию термической и химико-термической обработок, обеспечивающих получение требуемых свойств поверхности и механические свойства шестерни.

2. Точные штампы для холодной листовой штамповки должны обладать высокой износостойкостью и способностью к минимальной деформации при термообработке. Выбрать марку материала и предложить технологию термической обработки, охарактеризовать структуру, механические и технологические свойства материала штампа.

3. Выбрать наиболее экономичную и рациональную марки марку инструментального материала для изготовления свѐрл для обработки отверстий в деталях из высокопрочного титанового сплава

4. Элементы обшивки фюзеляжа пассажирского самолѐта изготавливается из лёгкого сплава с пределом текучести не ниже 400 МПа. Выберите рациональную марку сплава. Привести состав выбранного сплава, технологию его упрочняющей термообработки, структуру и свойства сплава, а также способы повышения коррозионной стойкости изделий из этого сплава.

Литература:

1. Материаловедение и технология материалов: учебник / Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. – 397 с.  
<http://znanium.com/bookread2.php?book=413166>

2. Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы : учебник / Ю.М. Зубарев. – СПб. : Изд-во «Лань», 2008. – 224 с.: ил.  
<http://e.lanbook.com/view/book/595/>

3. Марочник сталей.

В марочнике представлена справочная информация, ГОСТы на стали конструкционные углеродистые и легированные, инструментальные

углеродистые и легированные, указаны ГОСТы, марки сталей, области их применения.

<http://varuse.ru/posts/filter/2>

4.ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы на основе алюминия деформируемые.  
Марки

<http://standartgost.ru/g/pkey->

[14294850525/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_4784-97](http://standartgost.ru/g/pkey-14294850525/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_4784-97)

5. ГОСТ 1583-93 Сплавы алюминиевые литейные

[http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_1583-93](http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_1583-93)

6.ГОСТ 19807-91. Титан и сплавы на основе титана деформируемые

<http://files.stroyinf.ru/data2/1/4294833/4294833611.htm>

7.Марочник стали и сплавов. Содержит сведения о классификации, назначении, заменителях, аналогах, химическом составе, температуре критических точек, механических, физических, технологических и литейных свойствах **3221** сплавов. Возможен поиск материалов по заданному химическому составу или свойствам.

<http://www.splav-kharkov.com/main.php>

**Занятие 6. Критерии рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность деталей и элементов авиационных конструкций в конкретных условиях. Решение задач.**

План проведения занятия и изучаемые на занятии вопросы:

1. Понятие о долговечности и надежности элементов авиационных конструкций
2. Критерии рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность деталей и элементов авиационных конструкций
3. Решение задач

Цель: Обобщение знаний по вопросу долговечности и надежности деталей и элементов авиационных конструкций

Выработка совместно с обучающимися критериев рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность деталей и элементов авиационных конструкций

Научить решать задачи по данной тематике.

Примеры задач:

1. Выберите рациональную марку лёгкого сплава для изготовления детали «Кронштейн» в конструкции подредукторной рамы вертолѐта, предел прочности не менее  $\sigma_B \geq 1100$  МПа . Укажите состав сплава, его технологические свойства, метод упрочняющей термообработки. Выберите технологию термообработки. Укажите режим данной термообработки. Каковы свойства и микроструктура сплава после упрочняющей термообработки?
2. Для отдельных деталей летательных аппаратов применяют деформируемый лёгкий сплав, обладающий высокой удельной прочностью, упрочняемый термообработкой. Предел прочности сплава должен быть не менее  $\sigma_B \geq 420$  МПа Выберите марку сплава, дайте характеристику, укажите состав сплава, опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, свойства и микроструктуру материала после упрочняющей термообработки.
3. Зуб шестерни вертолѐтного редуктора должен иметь высокую поверхностную твёрдость не менее 58...62 HRCэ и предел прочности не менее  $\sigma_B \geq 980$  МПа. выберите марку материала, дайте характеристику, расшифруйте данную марку материала. Назначьте предварительную термо- и окончательную химико-термическую обработку для получения заданных свойств. Опишите микроструктуру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после химико-термической обработки.
4. Лопатки компрессоров, вентиляторов и турбин, поршневые штоки летательных аппаратов изготавливаются из нульмерных композиционных материалов (КМ). Выберите наиболее рациональную марку КМ с пределом

прочности не менее  $\sigma_v \geq .400$  МПа. Укажите особенности, состав, свойства выбранного сплава.

Все задания оформляются на листах формата А4 в соответствии с правилами оформления текстовых и графических материалов согласно ЕСКД.

Литература:

<https://vandex.ru/vandsearch?&clid=2186621&text=%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8B>

2.Авиационные материалы. Справочник в девяти томах. Под общей редакцией заслуженного деятеля науки и техники, чл.-корр. АН СССР А.Т. Туманова, Москва, ОНТИ –1973 г.

Конструкционные стали Т.1.

Коррозионностойкие и жаростойкие стали и сплавы Т.2

Жаропрочные стали и сплав. Сплавы на основе тугоплавких металлов Т.3

Алюминиевые и бериллиевые сплавы Т.4. Часть 1

Алюминиевые и бериллиевые сплавы Т.4. Часть II. Литейные алюминиевые сплавы.

Магниевые и титановые сплавы. Т.5

Медные сплавы и специальные материалы для деталей трения, припои Т.6

<http://www.twirpx.com/file/1915998/>

В справочнике систематизированы и обобщены свойства наиболее широко применяемых в авиационной технике материалов.

### **Требования к оформлению отчётов по лабораторным работам.**

Все отчёты по лабораторным работам оформляются на специально разработанных бланках отчётов формата А4.

Критерии оценки ответов обучающихся при защите лабораторных и практических работ:

1. 100...86 баллов – оценка «отлично» (зачтено) выставляется при правильно оформленном отчёте и если ответы на поставленные вопросы обучающимся показывают прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличаются глубиной и полнотой раскрытия темы; обучающийся владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делает выводы и обобщения, даёт аргументированные ответы, приводит примеры; свободно владеет монологической речью, ответы логичны и последовательны; обучающийся умеет приводить примеры современных проблем изучаемой области. Ответ изложен литературным языком в материаловедческих терминах. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа

2. 85...76 баллов – оценка «хорошо» (зачтено) выставляется при правильно оформленном отчёте и если на поставленные вопросы обучающимся даны полные, развернутые ответы, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответы четко структурированы, логичны, изложены литературным языком в терминах материаловедения. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя

3. 75...61 балл – оценка «удовлетворительно» (зачтено) выставляется при правильно оформленном отчёте и если на поставленные вопросы обучающимся

даны недостаточно полные и недостаточно развернутые ответы. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя

4. 60...50 баллов – оценка «неудовлетворительно» (не зачтено) выставляется при оформленном с ошибками отчёте, даны неполные ответы на поставленные вопросы, представляющие собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и наводящие вопросы



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ФИЛИАЛ ДВФУ В Г. АРСЕНЬЕВЕ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Материаловедение»**  
**Специальность 24.05.07 «Самолёто- и вертолётостроение»**  
**Специализация «Вертолётостроение»**  
**Форма подготовки очная/ заочная/ заочная ускоренное обучение**

**Арсеньев**  
**2019**

**Паспорт  
фонда оценочных средств  
по дисциплине материаловедение**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ОПК-4 – способность организовывать свой труд и самостоятельно оценивать результаты своей профессиональной деятельности, владеть навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований</p>	Знает	<p>основы, методы и принципы организации своего труда, принципы самостоятельной оценки результатов деятельности по основным видам материалов, используемых в авиационном производстве их структуре и свойствах, знает источники информации об основных видах материалов, используемых в авиационном производстве их структуру и свойства, влияние различных технологических процессов на структуру и свойства материалов</p>
	Умеет	<p>самостоятельно воспринимать, анализировать и систематизировать информацию об основных видах, структурах и свойствах металлических и неметаллических материалов, используемых в авиационном производстве, в том числе и при проведении научных исследований</p>
	Владеет	<p>навыками восприятия информации о видах, структурах и свойствах авиационных материалов из различных источников и использовать эту информацию в том числе при проведении научной работы и использование навыков научной работы в профессиональной деятельности</p>
<p>ОПК-6 – способность самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания</p>	Знает	<p>принципы и формы организации самостоятельного или, в составе группы, научного поиска информации по фундаментальным основам дисциплины, базовые понятия, категории и закономерности по основным типам и маркам материалов, их структуре и свойствах после различных видов термообработки, и технологических процессов</p>
	Умеет	<p>использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специальностью, выбирать материалы по критериям прочности, жесткости, долговечности в производстве авиационных конструкций</p>
	Владеет	<p>навыками научного поиска по рациональному выбору материалов, назначению его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов</p>

		авиационных конструкций в конкретных условиях; способностью анализировать, интерпретировать и обобщать фондовые информационные данные в области материаловедения
ПК-1 – способность к решению инженерных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин	Знает	фундаментальные основы дисциплины: основные типы и марки материалов, их структуру и свойства после различных видов термообработки, литья, технологий обработки давлением, сварки
	Умеет	выбирать материалы по критериям прочности, в том числе, с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин, жесткости и долговечности в производстве авиационных конструкций;
	Владеет	навыками рационального выбора материала, назначения его обработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях эксплуатации, в том числе, с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация. экзамен	
1	Раздел I. Строение и свойства материалов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.6, 7,8,9
			умеет	ПР-6	в.5,43
			владеет	ПР-6	в.5,43
2	Раздел II. Формирование структуры литых металлов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.10
			умеет	ПР-6	в.5, 46
			владеет	ПР-6	в.5, 46
3	Раздел III. Формирование структуры деформированных металлов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.3, 4, 16,17
			умеет	ПР-6, ПР-11	в.4
			владеет	ПР-6, ПР-11	в.4
4	Раздел IV. Теория сплавов	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.11, 12,13, 14, 15
			умеет	ПР-6, ПР-11	в.5
			владеет	ПР-6, ПР-11	в.5
5	Раздел V. Диаграмма состояния	ОПК-4 ОПК-6	знает	УО-1	в.18,19
			умеет	ПР-6, ПР-11	в.5

	железоуглеродистых сплавов	ПК-1	владеет	ПР-6, ПР-11	в.5
6	Раздел VI. Теория термической обработки стали	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.23, 24,25...33
			умеет	ПР-6, ПР-11	в.30, 45, 46
			владеет	ПР-6, ПР-11	в30, 45, 46
7	МОДУЛЬ II. Машиностроительные и авиационные материалы Раздел I. Легированные стали	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в.34,35,36
			умеет	ПР-6	в. 45, 46
			владеет	ПР-6	в. 45, 46
8	Раздел II. Лёгкие металлы и сплавы	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 38,39,40,41
			умеет	ПР-6, ПР-11	п. 45, 46
			владеет	ПР-6, ПР-11	в. 45, 46
9	Раздел III. Сплавы на основе меди и антифрикционные материалы	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 37,
			умеет	ПР-1	в. 45, 46
			владеет	ПР-1	в. 45, 46
10	Раздел IV. Неметаллические материалы	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 43
			умеет	ПР-1	в. 45, 46
			владеет	ПР-1	в. 44, 45 п. 45, 46
11	Раздел V. Композиционные материалы (КМ)	ОПК-4 ОПК-6 ПК-1	знает	УО-1	в. 44
			умеет	ПР-1	в. 45, 46
			владеет	ПР-1	в. 45, 46

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		Критерии	Показатели
<p>ОПК-4 – способность организовывать свой труд и самостоятельно оценивать результаты своей профессиональной деятельности, владеть навыками самостоятельной работы, в том числе в сфере проведения научных исследований</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>Основы, методы и принципы организации своего труда, принципы самостоятельной оценки результатов деятельности по основным видам материалов, используемых в авиационном производстве их структуре и свойствах, знает источники информации об основных видах материалов, используемых в авиационном производстве их структуру и свойства, влияние различных технологических процессов на структуру и свойства материалов</p>	<p>Знание методов и принципов организации труда, самостоятельной деятельности. в том числе, в сфере научной деятельности в области материаловедения</p>	<p>Способность дать определения основных понятий предметной области Способность перечислить принципы организации труда, самостоятельной оценки результатов деятельности, в том числе научной, по основным видам материалов и способность перечислить основные структуры авиационных материалов Способность перечислить технологические процессы, влияющие на структуру и свойства материалов. Способность перечислить источники информации по основным группам авиационных материалов, их структуре, механическим и технологическим свойствам</p>

	умеет (продвинутый)	Самостоятельно воспринимать, анализировать и систематизировать информацию об основных видах, структурах и свойствах металлических и неметаллических материалов, используемых в авиационном производстве, в том числе и при проведении научных исследований	Умение работать с электронными базами данных и библиотечными справочниками и каталогами. Умение анализировать полученную информацию об основных видах, структурах и свойствах металлических и неметаллических материалов, используемых в авиационном производстве	Способность работать с электронными базами данных и библиотечными каталогами Способность найти научную информацию об основных видах, структурах и свойствах металлических и неметаллических материалов, используемых в авиационном производстве Способность обосновать объективность применения изученной информации, результатов исследований в качестве доказательства или опровержения применения выбранных авиационных материалов для применения в авиационных конструкциях
	владеет (высокий)	Навыками восприятия информации о видах, структурах и свойствах авиационных материалов из различных источников и использовать эту информацию в том числе при проведении научной работы и использование навыков научной	Владение терминологией предметной области знаний владение способностью сформулировать задание, чётко понимает требования, предъявляемые к содержанию и последовательности исследований макро- и микроструктуры материалов  Владение инструментами представления результатов лабораторных исследований	Способность бегло и точно применять терминологический аппарат предметной области в устных ответах на вопросы и в письменных работах, отчётах по лабораторным и практическим работам Способность сформулировать задание по макро- и микроисследованию Способность проводить самостоятельные исследования и представлять их результаты на обсуждение на практических занятиях и лабораторных работах

		работы в профессиональной деятельности		
ОПК-6 – способность самостоятельно или в составе группы осуществлять научный поиск, реализуя специальные средства и методы получения нового знания	знает (пороговый уровень)	Принципы и формы организации самостоятельного или, в составе группы, научного поиска информации по фундаментальным основам дисциплины базовые понятия, категории и закономерности по основным типам и маркам материалов, их структуре и свойствах после различных видов термообработки, и технологических процессов	знает фундаментальные основы базовые понятия, категории и закономерности дисциплины	Способность перечислить и раскрыть суть методов макро- и микроанализа, которые изучил и освоил обучающийся; методов испытания на твёрдость Способность обосновать актуальность выполняемого лабораторного исследования Способность перечислить источники информации по методам и подходам к проведению макро и микроанализа, определения твёрдости материалов
	умеет (продвинутый)	использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специальностью Выбирать материалы	использовать разработанные методики проведения макро- и микроанализа, методику проведения испытаний на твёрдость. Умение работать с электронными базами данных и библиотечными каталогами, умение применять известные методы экспериментальных исследований, умение представлять результаты	Способен использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специальностью Способен подготовить макро- и микрошлифы для проведения исследований Способен правильно настроить оборудование для проведения микро- и макроанализа Способен правильно выбрать и настроить

		по критериям прочности, жесткости и долговечности в производстве авиационных конструкций	исследований учёных по изучаемой проблеме и собственных исследований, умение применять методы научных исследований для нестандартного решения поставленных задач	оборудование при испытании образцов на твёрдость со специальностью
	владеет (высокий)	<p>Навыками научного поиска по рациональному выбору материалов, назначению его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях.</p> <p>Способностью анализировать, интерпретировать и обобщать фондовые информационные данные в области материаловедения</p>	<p>терминологией предметной области знаний.</p> <p>Владеет методикой составления плана проведения макро- и микроанализа, чёткое понимает требования, предъявляемые к содержанию и последовательности лабораторных исследований, владеет инструментами представления результатов исследований</p>	<p>Способность проводить эксперименты по макро- и микроанализу.</p> <p>Способен правильно подготовить макро- и микрошлифы, выбрать оборудование, настроить металлографический микроскоп на проведение исследований.</p> <p>Способен составить отчёт по проведённым исследованиям и представлять их результаты на обсуждение на практических занятиях и при выполнении лабораторных работ</p>

ПК-1. Способность к решению инженерных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин	знает (пороговый уровень)	Знает фундаментальные основы дисциплины: основные типы и марки материалов, их структуру и свойства после различных видов термообработки, литья, технологий обработки давлением, сварки	закономерности формирования структуры материалов после различных видов технологических процессов. Знает электронные базы данных и библиотечные каталоги и справочники, о существующих типах, марках и свойствах металлических и неметаллических материалов	Способен пользоваться справочной литературой, электронными базами данных, умеет найти информацию о материалах и влиянии различных технологических процессов на формирование микро- и макроструктуры материалов. Способен правильно прочесть чертёж детали, указав материал, термообработку, способ защиты от коррозии
	умеет (продвинутый)	Выбирать материалы по критериям прочности, жесткости и долговечности в производстве авиационных конструкций	Умеет работать с электронными базами данных и библиотечными каталогами и справочниками по существующим типам, марками свойствам металлических и неметаллических материалов. Знает закономерности формирования структуры материалов после различных видов технологических процессов	Способен выбрать требуемый материал для изготовления конкретной детали справочной литературой, электронными базами данных, умеет найти информацию о материалах и влиянии различных технологических процессов на формирование микро- и макроструктуры материалов.  Способен правильно прочесть чертёж детали, указав материал, термообработку, способ защиты от коррозии. Сделать анализ указанных на чертеже требований
	владеет (высокий)	Навыками рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой	Владеет методикой выбора материала для типовых элементов авиационных конструкций; навыками принятия решений в чрезвычайных ситуациях; навыками выбора	Способен решить задачу по выбору рациональной марки материала в зависимости от условий работы детали, назначить предварительную и окончательную упрочняющую термообработку, способ защиты от коррозии

		<p>структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность элементов авиационных конструкций в конкретных условиях</p>	<p>конструкционных материалов с целью изготовления типовых изделий авиационного назначения</p> <p>навыками решения проектно-конструкторских, материаловедческих и технологических типовых процессов</p>	
--	--	---	---	--

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

Заполнено в соответствии с Положением о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования, утвержденным приказом ректора от 12.05.2015 №12-13-850.

### **Комплект оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине Материаловедение**

#### **Вопросы и практические задания к экзамену:**

Вопросы и практические задания к экзамену:

Перечень типовых экзаменационных вопросов.

В экзаменационные билеты входят два теоретических вопроса, практические вопросы по чертежам авиационных деталей или решение задачи.

Перечень теоретических вопросов.

1. Основные направления развития материаловедения. Материаловедение и проблемы обеспечения качества изделий в авиастроении
2. Общая классификация материалов для авиационных конструкций. Марки, свойства, область применения материалов по каждой группе сплавов.
3. Механические свойства материалов.
4. Методы испытания на твердость. Критерии выбора метода испытания на твердость. методика проведения экспериментов. связанных с испытаниями авиационных материалов на твердость.
5. Основы макро- и микроанализа. Методы проведения макро- и микроанализа авиационных материалов
6. Кристаллическое строение металлов.
7. Типы кристаллических решеток металлов. Основные параметры кристаллических решеток.

8. Полиморфизм металлов
9. Прочность металлов идеального кристаллического строения и реальных металлов. Типы несовершенств в кристаллическом строении металлов (точечные, линейные, поверхностные, объемные). Кривая Одингга.
10. Кристаллизация металлов.
11. Теория сплавов: понятия: сплав, компонент, фаза.
12. Классификация сплавов: твердые растворы; химические соединения; механические смеси.
13. Диаграмма состояния двухкомпонентного сплава для случая образования компонентами механической смеси.
14. Диаграмма состояния двухкомпонентного сплава для случаев образования компонентами твердого с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
15. Диаграмма состояния двухкомпонентного сплава для случаев образования компонентами твердого с ограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
16. Упрочнение при пластической деформации – наклеп. Влияние на структуру и свойства.
17. Рекристаллизация. Температура рекристаллизации. Холодная и горячая обработка давлением.
18. Соединения железа и углерода. Фазы и структуры сплавов.
19. Диаграмма состояния «железо-цементит».
20. Стали. Общая классификация (по структуре, назначению, качеству).
21. Влияние углерода и постоянных примесей на свойства стали.
22. Углеродистые конструкционные и инструментальные стали.
23. Термическая обработка. Превращения в сталях при нагреве.
24. Превращения переохлажденного аустенита в ферритно-цементитные структуры.
25. Виды термообработки стали, нормализации, закалка, отпуск закаленной стали.

26. Отжиг. Назначение отжига. Виды. Выбор температур нагрева. Влияние на структуру и свойства сталей.
27. Нормализация стали. Назначение. Виды. Выбор температур нагрева. Влияние на структуру и свойства сталей.
28. Закалка стали. Назначение. Виды. Выбор температур нагрева. Влияние на структуру и свойства сталей.
29. Способы закалки сталей. Методика проведения термообработки
30. Поверхностная закалка стали с нагревом токами высокой частоты (ТВЧ).
31. Отпуск закаленной стали. Назначение. Виды. Выбор температур нагрева. Влияние на структуру и свойства сталей.
32. Химико-термическая обработка стали. Процессы, протекающие при Х.Т.О. Цементация стали.
33. Химико-термическая обработка стали. Процессы, протекающие при Х.Т.О. Азотирование стали.
34. Легированные стали. Легирующие элементы, их влияние на свойства сталей. Классификация легированных сталей. Маркировка.
35. Конструкционные легированные стали. Группы, марки, термообработка, область применения.
36. Инструментальные материалы для режущего инструмента, критерии выбора. Группы. Сравнительные свойства и область рационального применения.
37. Медь. Свойства. Область применения. Сплавы на основе меди. Влияние цинка на свойства латуней. Диаграмма состояния медь-цинк.
38. Алюминий. Свойства. Область применения. Общая классификация сплавов на основе алюминия. Деформируемые сплавы. Марки, термообработка. Область применения. Диаграмма состояния алюминий – медь. Способы защиты от коррозии.
39. Алюминий. Свойства. Область применения. Общая классификация сплавов на основе алюминия. Литейные алюминиевые сплавы. Марки,

- свойства, модифицирование. Диаграмма состояния алюминий - кремний. Область применения сплавов. Способы защиты от коррозии.
40. Сплавы на основе магния. Общая характеристика, классификация, марки, область применения, способ защиты от коррозии.
41. Сплавы на основе титана. Общая характеристика, классификация, марки, область применения, способ защиты от коррозии.
42. Критерии рационального выбора материала, назначения его термообработки для получения требуемой структуры и свойств, обеспечивающих долговечность и надежность деталей и элементов авиационных конструкций в конкретных условиях.
43. Неметаллические материалы как конструкционный материал для изделий машиностроения и авиастроения. Группы. Свойства, область применения.
44. Композиционные материалы. Определение. Совокупность признаков, присущих КМ. Матрицы и армирующие, упрочняющие компоненты. Классификация КМ. Особенности. Композиционные материалы с нульмерными, одномерными наполнителями. Эвтектические КМ. Композиционные материалы с неметаллической матрицей. Свойства, особенности, область применения.

Перечень практических вопросов:

45. Информационный поиск. Работа по чертежам деталей.
- Задание. Руководствуясь информацией, заложенной в чертеже детали, провести информационный поиск и ответить на следующие вопросы (работа выполняется с использованием справочной литературы):
1. Дать характеристику материала деталей. Расшифровать марку материала. Указать механические свойства материала.
  2. Назначить режим термообработки (Т.О.), построить график Т.О.
  3. На соответствующей диаграмме состояния компонентов указать температуру нагрева при Т.О.

4. Описать влияние Т.О. на структуру и свойство материала, зарисовать конечную микроструктуру материала с указанием структурных составляющих.

5. Указать способ защиты от коррозии.

Задачи:

1. Шестерня главного редуктора вертолѐта должна иметь на рабочей поверхности высокую твердость ( $HV = 950 \dots 1000 \text{ кгс/мм}^2$ ). Одновременно требуются высокие механические свойства шестерни ( $\sigma_{0,2} \geq 1000 \text{ МПа}$ ). Выбрать рациональную марку материала и рекомендовать технологию термической и химико-термической обработок с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих получение требуемых свойств поверхности и механические свойства шестерни.

2. Точные штампы для холодной листовой штамповки должны обладать высокой износостойкостью и способностью к минимальной деформации при термообработке. Выбрать марку материала и предложить технологию термической обработки, охарактеризовать структуру, механические и технологические свойства материала штампа.

3. Выбрать наиболее экономичную и рациональную марки марку инструментального материала для изготовления свѐрл для обработки отверстий в деталях из высокопрочного титанового сплава, рекомендовать технологию получения инструментального материала и методов повышения его износостойкости с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Разработайте интеллект-карту для группы инструментальных материалов.

4. Элементы обшивки фюзеляжа пассажирского самолѐта изготавливается из лёгкого сплава с пределом текучести не ниже 400 МПа. Выберите рациональную марку сплава. Привести состав выбранного сплава, технологию его упрочняющей термообработки, структуру и свойства

сплава, а также способы повышения коррозионной стойкости изделий из этого сплава.

5. Элементы обшивки вертолѐта изготовлены из полимерных композиционных материалов. Выберите рациональный композиционный материал для изготовления элементов обшивки, его особенности, преимущества, состав, свойства.

Пример экзаменационного билета по дисциплине «Материаловедение»

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса и выполнение практической части в виде решения задачи или выполнения работы по рабочему чертежу авиационной детали.

Пример экзаменационного билета.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
в г. Арсеньеве

ОП 24.05.07 Самолѐто- и вертолѐтостроение

Дисциплина материаловедение

Форма обучения очная

Семестр осенний 20\_\_ – 20\_\_ учебного года

Реализующая кафедра самолѐто- и вертолѐтостроения

**Экзаменационный билет № \_\_\_\_**

1. Методы испытания на твердость. Критерии выбора метода испытания.

Испытания на твёрдость по методу Бринелля, Роквелла, Виккерса.

2. Сплавы на основе титана. Общая характеристика, классификация, марки, область применения, термообработка, способы защиты от коррозии.

3. Работа по чертежу авиационной детали (или решение задачи)

Задание. Руководствуясь информацией, заложенной в чертеже детали, провести информационный поиск и ответить на следующие вопросы (работа выполняется с использованием справочной литературы):

1. Дать характеристику материала детали. Расшифровать марку материала. Указать механические свойства материала.
2. Назначить режим термообработки (Т.О.).
3. На соответствующей диаграмме состояния компонентов указать температуры нагрева при Т.О.
4. Описать влияние Т.О. на структуру и свойства материала.
5. Указать способ защиты от коррозии.

#### **Критерии оценки к экзамену:**

1. 100...86 баллов – оценка «отлично» выставляется, если ответы на экзаменационные вопросы обучающимся показывают прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличаются глубиной и полнотой раскрытия темы; обучающийся владеет терминологическим аппаратом; умеет объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делает выводы и обобщения, даёт аргументированные ответы, приводит примеры; свободно владеет монологической речью, ответы логичны и последовательны; обучающийся умеет приводить примеры современных проблем изучаемой области. Ответ изложен литературным языком в материаловедческих терминах. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные обучающимся самостоятельно в процессе ответа
2. 85...76 баллов – оценка «хорошо» выставляется, если на экзаменационные вопросы обучающимся даны полные, развернутые ответы, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответы четко структурированы, логичны, изложены литературным языком в терминах материаловедения. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя
3. 75...61 балл – оценка «удовлетворительно» выставляется, если на поставленные вопросы обучающимся даны недостаточно полные и

недостаточно развернутые ответы. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя

4. 60...50 баллов – оценка «неудовлетворительно» выставляется, если обучающимся даны неполные ответы на экзаменационные вопросы, представляющие собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и наводящие вопросы

Составитель \_\_\_\_\_ Е.С. Бронникова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

### **Комплект**

**оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**

### **Материаловедение**

**Контрольная работа для студентов заочной формы обучения, выполнение которой предусмотрено учебным планом.**

**Комплект первых десяти вариантов контрольной работы представлен в РПУДе.**

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, сплавов на основе цветных металлов: алюминия, титана, магния, меди для изготовления конкретных деталей и элементов конструкций

летательных аппаратов, 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. Диаграмма состояния: «Железо – карбид железа», - необходимая для выполнения контрольной работы, приведена в приложении. Все задания по диаграмме состояния «Железо – карбид железа» можно выполнить, используя приведённый электронный вариант диаграммы, и применяя приёмы редактора WORD.

Контрольная работа оформляется на листах формата А4 в соответствии с правилами оформления текстовых и графических материалов согласно ЕСКД.

Вариант 1.

1. Шестерня главного редуктора вертолёта должна иметь на рабочей поверхности высокую твердость ( $HV = 950 \dots 1000 \text{ кгс/мм}^2$ ). Одновременно требуются высокие механические свойства шестерни ( $\sigma_{0,2} \geq 1000 \text{ МПа}$ ). Выбрать рациональную марку материала и рекомендовать технологию термической и химико-термической обработок с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих получение требуемых свойств поверхности и механические свойства шестерни.

2. Точные штампы для холодной листовой штамповки должны обладать высокой износостойкостью и способностью к минимальной деформации при термообработке. Выбрать марку материала и предложить технологию термической обработки, охарактеризовать структуру, механические и технологические свойства материала штампа.

3. Выбрать наиболее экономичную и рациональную марки марку инструментального материала для изготовления свёрл для обработки отверстий в деталях из высокопрочного титанового сплава, рекомендовать технологию получения инструментального материала и методов повышения его износостойкости с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Разработайте интеллект-карту для группы инструментальных материалов.

4. Элементы обшивки фюзеляжа пассажирского самолёта изготавливается из лёгкого сплава с пределом текучести не ниже 400 МПа. Выберите рациональную марку сплава. Привести состав выбранного сплава, технологию его упрочняющей термообработки, структуру и свойства сплава, а также способы повышения коррозионной стойкости изделий из этого сплава.

5. 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% углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.

6. Отдельные детали конструкционного и радиотехнического назначения вертолёта изготовлены из полимерных композиционных материалов. Разработайте интеллект-карту для данной группы конструкционных материалов. Выберите рациональный композиционный материал для изготовления деталей, его особенности, преимущества, состав, свойства. Требуемые свойства: детали работают при температуре  $300^\circ\text{C}$  в течение 2000 час., в исходном состоянии предел прочности не менее 270 МПа.

№ группы

М.КР. \_\_\_\_\_ .001

					<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.						226	
Провер.					Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.							

Вариант 2.

1. Вычертите диаграмму состояния железо — карбид железа. Укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую нагревания с применением правила фаз для сплава, содержащего 0,4% углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
2. Выберите рациональную марку лёгкого сплава для изготовления детали «Кронштейн» в конструкции подредукторной рамы вертолётa, предел прочности не менее  $\sigma_B \geq 1100$  МПа . Укажите состав сплава, его технологические свойства, метод упрочняющей термообработки. Выберите технологию термообработки с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Укажите режим данной термообработки. Каковы свойства и микроструктура сплава после упрочняющей термообработки?
3. Выберите рациональную марку инструментального материала для изготовления развёртки чистовой обработки отверстия в детали из легированной конструкционной стали. Дайте характеристику, укажите состав материала. Назначьте и обоснуйте режим упрочняющей термической обработки, опишите микроструктуру и свойства материала после термической обработки. Разработайте интеллект-карту для группы инструментальных материалов.
4. Для отдельных деталей летательных аппаратов применяют деформируемый лёгкий сплав, обладающий высокой удельной прочностью, упрочняемый термообработкой. Предел прочности сплава должен быть не менее  $\sigma_B \geq 420$  МПа Выберите марку сплава, дайте характеристику, укажите состав сплава, опишите, каким способом производится упрочнение этого сплава, свойства и микроструктуру материала после упрочняющей термообработки.
5. Зуб шестерни редуктора должен иметь высокую поверхностную твёрдость не менее 58...62 HRCэ и предел прочности не менее  $\sigma_B \geq 980$  МПа. выберите марку материала, дайте характеристику, расшифруйте данную марку материала. Назначьте предварительную термо- и окончательную химико-термическую обработку для получения заданных свойств. Технологические процессы термообработки выберите с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Укажите режим данных видов термообработки. Опишите микроструктуру и свойства поверхности зуба и сердцевины шестерни после химико-термической обработки.
6. Лопатки компрессоров, вентиляторов и турбин, поршневые штоки летательных аппаратов изготавливаются, в частности, из нульмерных композиционных материалов (КМ). Разработайте интеллект- карту для данной группы КМ. Выберите наиболее рациональную марку КМ с пределом прочности не менее  $\sigma_B \geq 400$  МПа для изготовления выше указанных деталей. Укажите особенности, состав, свойства выбранного сплава, технологию получения с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий

					<b>М.КР. _____ .002</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.		Ф.И.О.			<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА</b>		
Провер.		Ф.И.О.					
Реценз.		Ф.И.О.					
Н. Контр.		Ф.И.О.					
Утверд.		Ф.И.О.					
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						227	15
					227		
					Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		

Вариант 3

1. Для тяжело нагруженных узлов ЛА применяется сталь ВНС5-Ш (13X15H4AM3-Ш). Дайте характеристику, укажите состав стали, дайте оценку коррозионной стойкости стали, технологические данные для данной стали. Назначьте режим термической обработки для получения предела прочности  $\sigma_b = 1450$  МПа, приведите его обоснование. Технологию термообработки выберите с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.
2. 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 1,8% углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
3. Выбрать наиболее рациональный и экономичный материал для изготовления вала редуктора машиностроительного назначения. Предел прочности вала должен быть не менее  $\sigma_b \geq 800$  МПа. Назначить упрочняющую термообработку. Технологию термообработки выберите с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, приведите его обоснование.
4. Выбрать лёгкий сплав, обладающий высокой удельной прочностью, для изготовления высоконагруженных, как правило, работающих на сжатие, элементов силового набора ЛА (стрингеров, лонжеронов, шпангоутов). Укажите химический состав сплава, способ его упрочняющей термообработки, природу упрочнения, способ защиты от коррозии, режим термообработки. Свойства и структуру сплава после термообработки.
5. Выберите наиболее экономичную и рациональную марку инструментального твёрдого сплава для чистовой токарной обработки вала из легированной конструкционной стали 30ХГСА. Разработайте интеллект-карту для группы инструментальных твёрдых сплавов.
6. Выберите композиционный материал с полимерной матрицей для изготовления элементов панелей вертолёта. Укажите его состав, особенности, преимущества, свойства, технологию получения с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, требуемые свойства в исходном состоянии: предел прочности не менее 350 МПа, при температуре 300<sup>0</sup>С в течение 1000 час. – 270 МПа.

Разработайте интеллект-карту для данной группы конструкционных материалов.

					<b>М.КР. _____,003</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>					<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА</b>		
<i>Провер.</i>							
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						2	
					Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		

Вариант 4.

1. 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 % углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
2. Плунжер системы гидравлики должен иметь на рабочей поверхности высокую твердость ( $HV = 850 \dots 1050 \text{ кгс/мм}^2$ ). Одновременно требуются высокие механические свойства плунжера ( $\sigma_{0,2} \geq 880 \text{ МПа}$ ). Выберите рациональную марку материала и рекомендовать технологию термической и химико-термической обработок с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих получение требуемых свойств поверхности и механические свойства плунжера
3. Выберите марку наиболее рациональную марку инструментальной стали для обработки детали из сплава АК6Т1.. Дайте характеристику, расшифруйте марку выбранной инструментальной стали, её теплостойкость, свойства, особенности термообработки. Разработайте интеллект-карту для данной группы сталей.
4. Выберите лёгкий сплав с высокой удельной прочностью для изготовления элементов силовых конструкций ЛА. Необходимо обеспечить предел прочности не менее  $\sigma_b = 1150 \dots 1300 \text{ МПа}$ . Дайте характеристику, расшифруйте сплав, укажите режим упрочняющей термообработки. Технологию термообработки выберите с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.
5. Выберите сплав на основе меди для изготовления деталей путем глубокой вытяжки. 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.
6. Выберите композиционный материал с полимерной матрицей для изготовления элементов панелей вертолёта, требуемые свойства: предел прочности не менее 1100 МПа, при температуре 200<sup>0</sup>С – не менее 900 МПа. Укажите его состав, особенности, преимущества, свойства. Технологию получения с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий.  
Разработайте интеллект-карту для данной группы конструкционных материалов

					<b>М.КР. _____ .004</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА</b>					
<i>Разраб.</i>	<i>Ф.И.О.</i>							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Ф.И.О.</i>								229	15
<i>Реценз.</i>	<i>Ф.И.О.</i>							229		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ф.И.О.</i>							Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
<i>Утверд.</i>	<i>Ф.И.О.</i>									

Вариант 5

1. 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% углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями солидус и ликвидус и определите: состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
2. При выборочном контроле метчиков из стали У12А обнаружена их пониженная твёрдость – 50...52 НRCэ . Указать возможные причины брака, если термическая обработка метчиков состояла в закалке и отпуске при 180 °С, в течение 1,5 ч, и назначить правильный режим термообработки
3. Выберите рациональную марку стали для изготовления пружины, требуемые свойства:  $\sigma_{\text{в}} \geq 1670$  МПа,  $\delta = 6\%$ . Дайте характеристику выбранной марки стали, расшифруйте. Назначьте режим термической обработки (температуру закалки, охлаждающую среду и температуру отпуска). Опишите сущность происходящих превращений, микроструктуру и свойства стали после термической обработки.
4. Для элементов обшивки ЛА применяют углепластики из группы полимерных композиционных материалов (ПКМ). Разработайте интеллект-карту для группы ПКМ. Выберите рациональную марку углепластика для изделий конструкционного назначения, работающих при температурах до 200<sup>0</sup>С со свойствами:  $\sigma_{\text{в}} \geq 300$  МПа, укажите состав, свойства, технологические данные для выбранной марки углепластика.
5. Некоторых детали ЛА, заготовки для которых получают литьём, изготовлены из стали 35ХГСЛ. Укажите состав и определите группу стали по назначению. Назначьте режим упрочняющей термической обработки для получения предела прочности 980 МПа и обоснуйте его выбор. Опишите микроструктуру стали после упрочняющей термической обработки.
6. Для изготовления деталей в авиастроении применяются сплавы на основе магния. Выберите рациональную марку сплава для изготовления качалки, требуемые свойства:  $\sigma_{\text{в}} \geq 340$  МПа,  $\delta = 9\%$ . Укажите состав сплава, способ упрочнения, упрочняющую термообработку, и опишите характеристики механических свойств этого сплава и микроструктуру после упрочняющей термообработки.

					<b>М.КР. _____ .005</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>						2	230
<i>Реценз.</i>					<b>Контрольная работа</b> Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							

## Вариант 6

1. Вычертите диаграмму состояния железо — карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую нагрева с применением правила фаз для сплава, содержащего 1,7 % С. Для заданного сплава при температуре 1300° С определите: состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз
2. Партия шестерён для редукторов общемашиностроительного назначения была забракована вследствие низкой твёрдости цементированного слоя (сталь 12Х2Н4А, твёрдость 48...52 НRCэ), а рентгеноструктурный анализ показал наличие большого количества остаточного аустенита. При металлографическом анализе обнаружено наличие карбидной сетки. Укажите причины полученного брака и предложите режим термической обработки стали, гарантирующий получение качественной структуры рабочего слоя и сердцевины шестерён.
3. Выберите наиболее рациональную марку инструментального материала для черновой и чистовой токарной обработки вала из стали 40ХН2МА. Дайте характеристику, расшифруйте марки выбранных инструментальных материалов, их теплостойкость, свойства, особенности технологии получения данных материалов с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Разработайте интеллект-карту для данной группы инструментальных материалов.
4. Метод клёпки является одним из основных при соединении деталей авиаконструкций из алюминиевых сплавов, выбрать сплав для заклёпок с пределом прочности на срез не менее  $\tau_{ср} \geq 255$  МПа. Укажите состав, режим упрочняющей термообработки. Укажите способ защиты заклёпок из данного сплава от коррозии.
5. Выберите сплав на основе меди для изготовления деталей арматуры, работающей под давлением в условиях морской воды. Расшифруйте состав выбранной марки сплава, опишите структуру сплава. Объясните назначение легирующих элементов. Приведите характеристики механических свойств сплава.
6. Композиционные материалы с полимерной матрицей (ПКМ) широко применяются в конструкции ЛА. Разработайте интеллект-карту для данной группы ПКМ. Выберите рациональную марку боропластика для изделий конструкционного назначения ЛА, работающих при температурах до 200<sup>0</sup>С, укажите состав, свойства технологические данные и режим полимеризации.

					<b>М.КР. _____ .006</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<b>Контрольная работа</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>						2		
<i>Провер.</i>						231		
<i>Реценз.</i>						Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

Вариант 7

1. 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% углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
2. Для отдельных средненагруженных деталей ЛА применяют литейные сплавы на основе алюминия. Выберите марку литейного сплав для изготовления кронштейна. Требуемый предел прочности  $\sigma_{\text{в}} \geq 296$  МПа. Укажите состав сплава, легирующие элементы, их влияние на свойства сплава, способы улучшения литой структуры сплава, упрочняющую термообработку.
3. Выберите наиболее рациональную марку инструментального материала для черновой и чистовой фрезерной обработки кронштейна из стали 30ХГСА. Дайте характеристику, расшифруйте марки выбранных инструментальных материалов, их теплостойкость, свойства, особенности технологии получения данных материалов с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Разработайте интеллект-карту для данной группы инструментальных материалов.
4. Корпусные детали редукторов общемашиностроительного назначения изготавливают из чугуна с величиной предела прочности не менее  $\sigma_{\text{в}} \geq 250$  МПа. Выбрать марку чугуна, технологию его обработки и укажите его структуру и механические свойства.
5. Выбрать наиболее рациональную марку стали для изготовления шестерни редуктора, назначить режим предварительной и окончательной упрочняющей термообработки с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, тип производства – крупносерийное. Требуемые свойства: предел прочности не менее  $\sigma_{\text{в}} \geq 980$  МПа, ударная вязкость  $KCU \geq 127$  Дж/см<sup>2</sup>, твёрдость HRCэ не менее 32. Указать микроструктуру стали после термообработки.
6. Композиционные материалы с полимерной матрицей (ПКМ) широко применяются в конструкции ЛА. Разработайте интеллект-карту для данной группы ПКМ. Выберите рациональную марку стеклопластика конструкционного назначения, работающего при температуре не более 250<sup>0</sup>С, укажите состав, свойства, технологические данные и режим полимеризации.

					<b>М.КР. _____ .007</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>					<b>Контрольная работа</b>		
<i>Провер.</i>							
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							
					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						2	
					Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		

## Вариант 8

1. Вычертите диаграмму состояния железо — карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую охлаждения в интервале температур с применением правила фаз для сплава, содержащего 0,7 % углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
2. Выберите рациональную марку стали для изготовления зубчатого колеса редуктора. Назначьте предварительную и окончательную упрочняющую термо- и химико-термическую обработку с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, тип производства – крупносерийное. Требуемые свойства: предел прочности не менее  $\sigma_B \geq 490 \dots 590$  МПа, твёрдость поверхности зубьев не менее 55...63 HRCэ, твёрдость сердцевины зубчатого колеса не менее 156 НВ. Указать микроструктуру стали после упрочняющей термообработки.
3. В результате термической обработки ответственные пружины должны получить высокую упругость, относительное удлинение  $\delta$  не менее 7...8 %, предел прочности не менее  $\sigma_B \geq 1810 \dots 1930$  МПа и твёрдость не менее 49...53 HRCэ. Выберите наиболее рациональную марку стали. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим упрочняющей термообработки. Опишите структуру и свойства пружин после термообработки.
4. Выберите наиболее рациональную марку инструментального материала для чернового и чистового фрезерования кронштейна из стали 35ХГСЛ. Дайте характеристику, расшифруйте марки инструментальных сплавов. Разработайте интеллект карту для данной группы инструментальных сплавов. Укажите технологию получения сплавов с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий
5. Выберите марку деформируемого лёгкого сплава для изготовления элементов крыла ЛА. Разработайте интеллект-карту для данной группы сплавов. Дайте характеристику, расшифруйте марку выбранного сплава, укажите режим термообработки для получения предела прочности сплава не менее 550 МПа.
6. Композиционные материалы с полимерной матрицей (ПКМ) широко применяются в конструкции ЛА. Разработайте интеллект-карту для данной группы ПКМ. Выберите рациональную марку углепластика конструкционного назначения, работающего при температуре не более 250<sup>0</sup>С, укажите состав, свойства, технологические данные и режим полимеризации.

					<b>М.КР. _____ .008</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<b>Контрольная работа</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>							2	
<i>Провер.</i>						233		
<i>Реценз.</i>						Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

Вариант 9

1. 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 2,3 % С. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах при этой температуре; количественное соотношение фаз
2. Для изготовления металлорежущего инструмента широко применяются быстрорежущие стали, разработайте интеллект-карту для данной группы сталей. Выберите наиболее рациональную марку быстрорежущей стали для изготовления фрез для обработки деталей из деформируемых сплавов на основе алюминия. Укажите состав, назначьте и обоснуйте режим предварительной и окончательной термической обработки выбранной марки стали. Опишите структуру и основные механические свойства стали после упрочняющей термической обработки.
3. В качестве материала для изготовления шпангоутов, фитингов, качалок и других деталей ЛА применяют лёгкий деформируемый сплав на основе алюминия. Укажите состав сплава, назначьте режим упрочняющей термообработки. Опишите микроструктуру сплава после упрочняющей термообработки. Укажите способы защиты сплава от коррозии.
4. Лакокрасочные материалы, применяемые в авиастроении, назначение, состав и классификация. Каковы основные операции при окраске сварных стальных узлов ЛА с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Приведите примеры марок смоляных синтетических лакокрасочных эмалей, применяемых для окраски сварных стальных узлов.
5. Некоторые детали ЛА изготавливают из стали 30Х2НВА. Укажите состав стали. Назначьте режим химико-термической обработки для получения твёрдости поверхности детали не менее HV 700 кгс/мм<sup>2</sup>.
6. Композиционные материалы с полимерной матрицей (ПКМ) широко применяются в конструкции ЛА. Разработайте интеллект-карту для данной группы ПКМ. Выберите рациональную марку боропластика конструкционного назначения, работающего при температуре не более 250<sup>0</sup>С, укажите состав, свойства, технологические данные и режим полимеризации.

					<b>М.КР. _____ .009</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>						2	
<i>Реценз.</i>					234		
<i>Н. Контр.</i>					Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
<i>Утверд.</i>							

Вариант 10.

1. Выборочный контроль валов из стали 45, закалённых в воде, показал, что часть деталей имеет пониженную твёрдость (30..42 HRCэ ) и структуру мартенсит + феррит или мартенсит + троостит. В чём допущено нарушение технологического режима закалки и как следует исправить полученный дефект?
2. Вычертите диаграмму состояния железо—карбид железа, укажите структурные составляющие во всех областях диаграммы, опишите превращения и постройте кривую нагревания с применением правила фаз для сплава, содержащего 1,5 % углерода. Выберите для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определите: состав фаз, т. е. процентное содержание углерода в фазах при этой температуре; количественное соотношение фаз
3. С помощью диаграммы железо — карбид железа определите температуры нормализации, отжига и закалки для стали У10. Охарактеризуйте эти режимы термической обработки, опишите микроструктуру и свойства стали после каждого вида обработки.
4. Выбрать рациональный инструментальный материал для изготовления червячных модульных фрез для нарезания зубьев зубчатых колёс из конструкционной стали твёрдостью НВ 220...240. Укажите химический состав, полный режим термической обработки с учётом современных методов малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий. Укажите структуру и твёрдость готового инструмента.
5. Для отдельных элементов обшивки ЛА выбран сплав Д16ч. Определите группу, к которой относится данный сплав, разработайте интеллект-карту для данной группы сплавов. Укажите состав сплава, режим упрочняющей термообработки. Опишите влияние упрочняющей термообработки на структуру и свойства сплава.  
С помощью диаграммы состояния Al –Cu, обоснуйте выбор температур нагрева под закалку, укажите состав упрочняющих фаз, образующихся при старении
6. Композиционные материалы с полимерной матрицей (ПКМ) широко применяются в конструкции ЛА. Разработайте интеллект-карту для данной группы ПКМ. Выберите рациональную марку углепластика конструкционного назначения, работающего при температуре не более 250<sup>0</sup>С, укажите состав, свойства, технологические данные и режим полимеризации.

					<b>М.КР. _____ .010</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>					<b>Контрольная работа</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>							2	
<i>Реценз.</i>						235		
<i>Н. Контр.</i>						Филиал ДВФУ в г. Арсеньеве		
<i>Утверд.</i>								

## Оценочные средства для текущей аттестации

Приведены типовые оценочные средства для текущей аттестации и критерии оценки к ним (по каждому виду оценочных средств) в соответствии с Положением о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования, утвержденным приказом ректора от 12.05.2015 №12-13-850.

Текущая аттестация студентов по дисциплине «Материаловедение» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий:

1. Собеседование (УО-1)
2. Лабораторная работа (ПР-6)
3. Практическое занятие (ПР-6)
4. Разноуровневые задачи и задания репродуктивного уровня (ПР-11)
5. Разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня (ПР-11)
6. Тесты ПР-1.

### Комплект

#### оценочных средств для текущей аттестации по дисциплине «Материаловедение»

**Наименование оценочного средства:** Собеседование (УО-1)

**Характеристика оценочного средства:** Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний

обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

**Представление оценочного средства:** вопросы по модулям, разделам, темам дисциплины

**Объектами оценивания выступают:**

учебная дисциплина, активность на занятиях, своевременность сдачи различных теоретических вопросов, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине; степень усвоения теоретических знаний; результаты самостоятельной работы.

Вопросы по модулям, разделам, темам дисциплины

Модуль I

Раздел I. Строение и свойства материалов

Раздел II. Формирование структуры литых металлов

Раздел IV. Теория сплавов

### **Раздел I. Строение и свойства материалов**

Вопросы:

1. Общая классификация машиностроительных и авиационных материалов
2. Критерии рационального выбора конструкционных и инструментальных материалов, применяемых в машино- и авиастроении, технологий их упрочняющей обработки и защиты от коррозии
3. Типы кристаллических решеток металлов их параметры.
4. Реальное строение кристаллов. Точечные дефекты. Линейные дефекты.
5. Кривая Одингга. Поверхностные дефекты. Реальная прочность металлов
6. Структура неметаллических материалов (полимеры, стекло, керамика).

### **Раздел II. Формирование структуры литых металлов**

Вопросы:

1. Термодинамические основы кристаллизации.
2. Кинетика кристаллизации.
3. Факторы, влияющие на процесс кристаллизации.
4. Строение слитков.
5. Анизотропия и полиморфизм в металлах.

### **Раздел IV. Теория сплавов**

Вопросы:

1. Дайте определение, что есть диаграмма состояния сплавов.
2. Определения компонент, фаза, структура системы.

3. Типы сплавов в твёрдом состоянии.
4. Типы твёрдых растворов
5. Условия образования твёрдых растворов замещения с неограниченной растворимостью
6. Правило фаз
7. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют механические смеси (начертить диаграмму, обозначить характерные линии и точки диаграммы)
8. Понятие эвтектики
9. Какая линия диаграммы состояния называется ликвидус
10. Какая линия диаграммы состояния называется солидус
11. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют твёрдые растворы с неограниченной растворимостью (начертить диаграмму, обозначить характерные линии и точки диаграммы)
12. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют твёрдые растворы с ограниченной растворимостью (начертить диаграмму, обозначить характерные линии и точки диаграммы)
13. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют твёрдые растворы с ограниченной растворимостью и перитектику (начертить диаграмму, обозначить характерные линии и точки диаграммы)
14. Диаграмма состояния сплавов, компоненты которых образуют устойчивые химические соединения (начертить диаграмму, обозначить характерные линии и точки диаграммы)
15. Зависимость между свойствами сплава и типом диаграммы состояния.  
Правило Н.С. Курнакова.

### **Критерии оценки:**

100...85 баллов – оценка «отлично» – выставляется студенту, если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85...76 баллов – оценка «хорошо» выставляется студенту, если ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна ... две неточности в ответе.

75...61 балл – оценка «удовлетворительно» – выставляется студенту, если ответ, свидетельствует в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60...50 баллов – оценка «неудовлетворительно» – выставляется студенту, если ответ, обнаруживает незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Составитель \_\_\_\_\_ Е.С. Бронникова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

**Комплект  
оценочных средств для текущей аттестации по дисциплине  
«Материаловедение»**

**Наименование оценочного средства:** лабораторная работа (ПР-6)

**Характеристика оценочного средства:** средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

**Представление оценочного средства:** комплект лабораторных заданий

**Объектами оценивания выступают:**

учебная дисциплина, активность на занятиях, своевременность выполнения и защиты лабораторных работ, уровень овладения практическими умениями и навыками, результаты самостоятельной работы

**Контролируемые разделы дисциплины:**

Лабораторная работа по разделам:

Модуль I.

Раздел I. Строение и свойства материалов

Раздел II. Формирование структуры литых металлов

Раздел III. Формирование структуры деформированных металлов

Раздел V. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Раздел VI. Теория термической обработки стали

Модуль II. Раздел II. Лёгкие металлы и сплавы

Раздел I. Строение и свойства материалов

Лабораторная работа №1. **Научные исследования по макроанализу деталей и элементов авиационных конструкций (2 час.)**

Комплект лабораторных заданий:

Задание №1. Объект исследований – заклёпочные соединения.

Конструкция соединения: прессованный уголок – материал Д16Т, лист – материал Д16Т, заклёпка – материал В65. Покрытие – грунтовка АК-070.

1. Выполнить эскиз соединения

2. Дать характеристику, расшифровать марки материалов
3. Указать термообработку
4. Расшифровать покрытие
5. Произвести сканирование поверхности макрошлифа
6. Выявить дефекты. Указать дефекты соединения, а также возможные дефекты заклёпочных соединений
7. Составить отчёт о проделанной работе.

Задание №2. Объект исследований – сварные соединения.

Конструкция соединения: элементы подкоса подредукторной рамы. Материал – ВТ14.

1. Выполнить эскиз соединения
2. Дать характеристику, расшифровать марку материала, указать технологические свойства
3. Указать способ сварки, режим сварки.
4. Указать термообработку
5. Произвести сканирование поверхности макрошлифа
6. Выявить дефекты соединения, а также возможные дефекты сварных соединений
7. Составить отчёт о проделанной работе.

Задание №3. Объект исследований – сварные соединения.

Конструкция соединения: баллон высокого давления – штуцер. Материал баллона – 30ХГСА. Материал штуцера – 09Х18Н9Т

1. Выполнить эскиз соединения
2. Дать характеристику, расшифровать марку материала, указать технологические свойства
3. Указать способ сварки, режим сварки.
4. Указать термообработку
5. Произвести сканирование поверхности макрошлифа

6. Выявить дефекты соединения, а также возможные дефекты сварных соединений

7. Составить отчёт о проделанной работе.

Задание №4. Объект исследований – элемент конструкции из композиционных материалов.

Материалы: Стеклотекстолит ЭТФ-Т – углепластик однонаправленный КМУ-3

1. Выполнить эскиз

2. Дать характеристику, расшифровать марки материалов, указать технологические свойства

3. Произвести сканирование поверхности макрошлифа

4. Выявить дефекты элемента конструкции, а также возможные дефекты элементов из композиционных материалов

5. Составить отчёт о проделанной работе.

Раздел II. Формирование структуры литых металлов

Лабораторная работа №2. Ознакомление с устройством и работа на металлографическом микроскопе. (2 час.)

Комплект лабораторных заданий:

1. Настроить металлографический микроскоп на различные увеличения, например: 100<sup>x</sup>; 140<sup>x</sup>; 200<sup>x</sup>; 300<sup>x</sup>; 170<sup>x</sup>; 240<sup>x</sup>; 360<sup>x</sup>; 500<sup>x</sup> и др., выбрав объектив с соответствующим фокусным расстоянием и окуляр соответствующего увеличения

2. Для заданных образцов подготовить микрошлифы, выбрав состав травителя в соответствии с маркой сплава

3. Настроить микроскоп

4. Для заданных преподавателем образцов провести микроанализ литых заготовок, дать характеристику, расшифровать предложенные марки сталей и сплавов, приготовить микрошлифы, выбрать травители, изучить микроструктуру литых заготовок из сталей и сплавов, например: сталь 35ХГСЛ, 09Х18Н9ТЛ, 45Л, 25Л, МЛ5, МЛ5 Пч, АЛ9 и др.

5. Зарисовать наблюдаемую микроструктуру

6. Сделать выводы о соответствии рассматриваемой микроструктуры стандартным микроструктурам сталей и сплавов, выявить возможные присутствующие дефекты в образцах, сделать их описание.

7. Составить отчёт.

Раздел III. Формирование структуры деформированных металлов

Лабораторная работа №3. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Бринелля. (2 час.)

Лабораторная работа №4. Испытания авиационных материалов на твёрдость по методу Роквелла. (2 час.)

Комплект лабораторных заданий:

Для заданных преподавателем образцов из различных сталей и сплавов, а также деталей, инструмента (шестерни, зубчатые колёса, валы и др., кронштейны, качалки, пластинки твёрдых сплавов с покрытиями, свёрла, фрезы и др.) с различной термообработкой, выбрать метод испытания на твёрдость, выбрать и настроить соответствующее оборудование, провести испытания, сделать соответствующие расчёты и выводы.

Раздел V. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Лабораторная работа №5. Исследование микроструктуры и свойств стали в равновесном состоянии и исследование вопроса влияния содержания углерода на структуру и свойства углеродистой стали.

Комплект лабораторных заданий:

Для заданных преподавателям образцов сталей с равновесной структурой: доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных. Подготовить микрошлифы, выбрать тип травителя, выбрать оборудование для проведения микроанализа, настроить металлографический микроскоп на определённое увеличение, выбрав объектив с определённым фокусным расстоянием, окуляр определённого увеличения, рассмотреть микроструктуру сталей в равновесном состоянии, сопоставить полученные микроструктуры с эталонными

фотографиями на данную сталь. Сделать выводы о соответствии исследуемой структуры ГОСТу на микроструктуру данной стали. Произвести замеры твёрдости стали. Построить график влияния процентного содержания углерода на твёрдость стали в равновесном состоянии. Сделать выводы о влиянии процентного содержания углерода на структуру сталей в равновесном состоянии. Составить отчёт по проведённым испытаниям.

## Раздел VI. Теория термической обработки стали

Лабораторная работа №6. Термообработка сталей. Исследование влияния термообработки на структуру и свойства сталей

Комплект лабораторных заданий: для заданных преподавателем деталей и инструмента из различных сталей: шестерня из стали 45, шестерня из стали 20, сверло из стали Р6М5, кронштейн из стали 30ХГСА, вал из стали 12ХН2МА и др., – назначить режимы термообработки предварительной или упрочняющей. Произвести расчёты времени нагрева и выдержки изделий в печи, выбрать охлаждающую среду, замерить твёрдость деталей и инструмента до термообработки, провести термообработку, замерить твёрдость после термообработки. Сделать выводы о влиянии термообработки на свойства сталей.

## Модуль II.

### Раздел II. Лёгкие металлы и сплавы

Лабораторная работа №7. Исследование влияния термообработки и модифицирования на свойства сплавов на основе алюминия.

Комплект лабораторных заданий: для заданных преподавателем деталей и образцов из различных сплавов на основе алюминия назначить режимы термообработки предварительной или упрочняющей, произвести расчёты времени нагрева и выдержки изделий в печи, выбрать охлаждающую среду, замерить твёрдость деталей и образцов до термообработки, провести термообработку, замерить твёрдость после термообработки. Для дуралюминов проследить изменение твёрдости после закалки при

естественном старении. Построить график изменения твёрдости с течением времени, сделать выводы о влиянии старения на свойства дуралюминов. Для литейных алюминиевых сплавов сделать выводы о влиянии модифицирования на структуру и свойства сплавов.

**Критерии оценки ответов обучающихся при защите лабораторных работ:**

1. 100...86 баллов – оценка «отлично» (зачтено) выставляется, если:

обучающимся представлен правильно оформленный отчёт, дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе материаловедения и междисциплинарных связей. Ответ изложен литературным языком в материаловедческих терминах. Могут быть допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа

2. 85...76 баллов – оценка «хорошо», (зачтено) выставляется, если:

обучающимся представлен правильно оформленный отчёт, обучающимся дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах материаловедения. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя

3. 75...61 балл – оценка «удовлетворительно» (зачтено), выставляется, если:

обучающимся представлен отчёт с незначительными недочётами, даны недостаточно полные и недостаточно развернутые ответы. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в

раскрытии понятий, употреблении терминов. Обучающийся не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Обучающийся может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя

4. 60...50 баллов – оценка «неудовлетворительно» (не зачтено), выставляется, если: обучающимся представлен отчёт со значительными недочётами. Даны неполные ответы, представляющие собой разрозненные знания по теме вопросов с существенными ошибками в определениях.

Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Обучающийся не осознает связь данных понятий, теории, явлений с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленные вопросы, но и наводящие вопросы.

Составитель \_\_\_\_\_ Е.С. Бронникова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Комплект  
оценочных средств для текущей аттестации по дисциплине  
«Материаловедение»**

**Наименование оценочного средства:** разноуровневые задачи и задания репродуктивного уровня (ПР-11). Разноуровневые задачи и задания репродуктивного уровня, позволяют оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения

**Характеристика оценочного средства:** средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу дисциплины

**Представление оценочного средства:** комплект разноуровневых задач репродуктивного уровня

**Объектами оценивания выступают:**

учебная дисциплина, активность на занятиях, своевременность выполнения и защиты выполненных работ, уровень овладения практическими умениями и навыками, результаты самостоятельной работы

**Контролируемые разделы дисциплины:**

Раздел III. Формирование структуры деформированных металлов

Раздел IV. Теория сплавов

Разноуровневые задачи репродуктивного уровня по разделу III. Формирование структуры деформированных металлов

Вариант №1

1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании круглого образца диаметром 5 мм, разрушение образца произошло при нагрузке 30 000 Н.
2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца длиной 30 мм оказалось, что его длина стала равна 35 мм.

3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания круглого образца диаметром 5 мм, диаметр шейки образца в месте разрушения стал 4 мм.

4. Как называются испытания, схема которых представлена на рис. 1

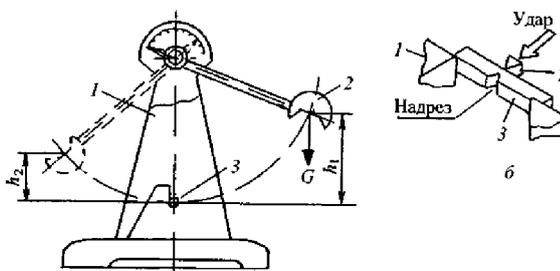


Рис. 1.

А – испытания на твёрдость по методу Бринелля

В – испытания на ударную вязкость

С – испытания на выносливость

Д – испытания на твёрдость по методу Роквелла.

Запишите формулу, по которой можно вычислить характеристику механического свойства определяемого данным методом.

Укажите все величины, входящие в формулу.

Рассчитайте величину ударной вязкости, если работа, затраченная на разрушение стандартного образца, составила 50 кДж.

### Вариант №2

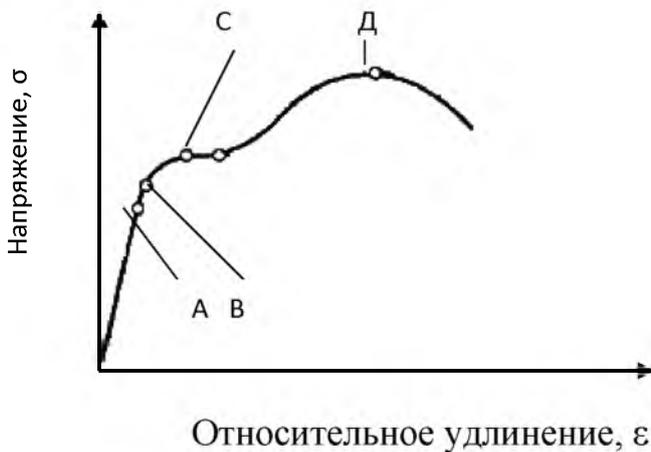
1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании плоского образца с прямоугольным поперечным сечением и размерами сторон прямоугольного сечения 20 мм × 4 мм, разрушение образца произошло при нагрузке 40 кН.

2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца длиной 30 мм оказалось, что его длина стала равна 40 мм.

3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания образца с прямоугольным поперечным сечением и размерами сторон прямоугольного сечения  $20 \text{ мм} \times 5 \text{ мм}$  оказалось, размеры шейки в месте разрушения  $15 \text{ мм} \times 3 \text{ мм}$ .

4. Точке А на диаграмме растяжения соответствует:

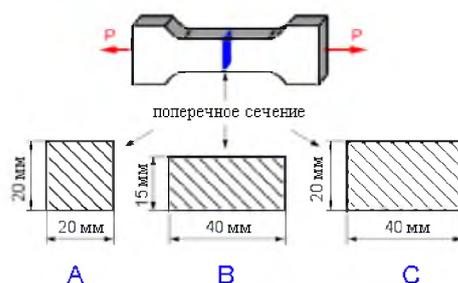
1. Предел прочности.
2. Предел пропорциональности.
3. Предел упругости.
4. Предел текучести.



5. Рассчитайте предел текучести материала, если площадка текучести зафиксирована при нагрузке  $20\,000 \text{ Н}$ . Испытанию подвергался круглый образец диаметром  $5 \text{ мм}$ .

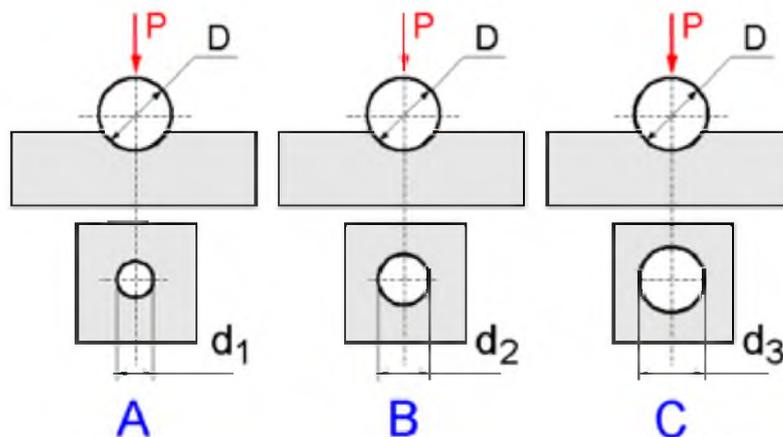
### Вариант №3

1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании образца с квадратным поперечным сечением и размерами сторон квадратного сечения  $20 \text{ мм} \times 20 \text{ мм}$ , разрушение образца произошло при нагрузке  $20\,000 \text{ Н}$ .
2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца длиной  $40 \text{ мм}$  оказалось, что его длина стала равна  $45 \text{ мм}$ .
3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания образца с квадратным поперечным сечением и размерами сторон квадратного сечения  $20 \text{ мм} \times 20 \text{ мм}$  оказалось, размеры шейки в месте разрушения  $15 \text{ мм} \times 15 \text{ мм}$ .
4. Разрушение трех образцов с различным поперечным сечением произошло при одинаковой нагрузке. Материал какого образца: А, В или С, – имеет самый высокий предел прочности? Почему?



### Вариант № 4

1. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания круглого образца диаметром  $6 \text{ мм}$ , диаметр шейки образца в месте разрушения стал  $5 \text{ мм}$ .
2. Стальной шарик вдавлен в поверхность трех материалов. Какой материал имеет наибольшую твёрдость? Почему?



3. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании плоского образца с прямоугольным поперечным сечением и размерами сторон прямоугольного сечения  $25 \text{ мм} \times 4 \text{ мм}$ , разрушение образца произошло при нагрузке  $40\,000 \text{ Н}$ .

4. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца диаметром длиной  $35 \text{ мм}$  оказалось, что его длина стала равна  $40 \text{ мм}$ .

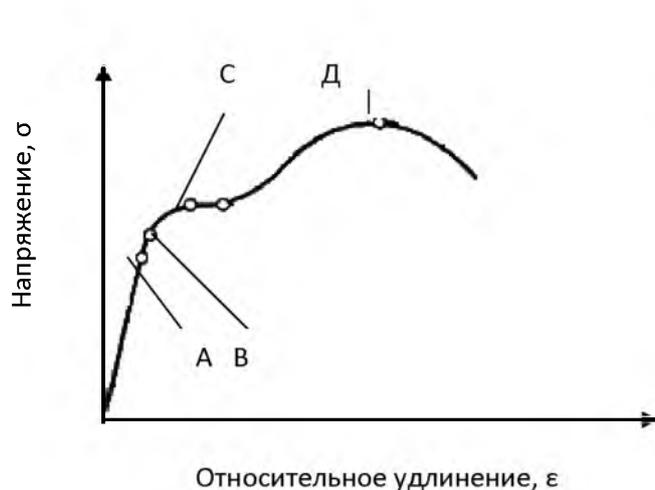
#### Вариант № 5

1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании круглого образца диаметром  $5 \text{ мм}$ , разрушение образца произошло при нагрузке  $50\,000 \text{ Н}$ .

2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания круглого образца длиной  $35 \text{ мм}$  оказалось, что его длина стала равна  $40 \text{ мм}$ .

3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания круглого образца диаметром  $5 \text{ мм}$ , диаметр шейки образца в месте разрушения стал  $3 \text{ мм}$ .

4. Точке С на диаграмме растяжения соответствует:



- Предел прочности.
- Предел пропорциональности.
- Предел упругости.
- Предел текучести.

5. Рассчитайте предел текучести материала, если площадка текучести при испытаниях круглого образца диаметром 5 мм была зафиксирована при нагрузке 40 кН.

#### Вариант № 6

1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании круглого образца диаметром 5 мм, разрушение образца произошло при нагрузке 60 кН.
2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца длиной 35 мм оказалось, что его длина стала равна 55 мм.
3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания круглого образца диаметром 5 мм, диаметр шейки образца в месте разрушения стал 2,5 мм.
4. Правильно выберите условия испытания на твердость по Роквеллу для детали сплава на основе алюминия. Как обозначить число твердости в данном случае.
5. Что такое удельная прочность материалов?

#### Вариант №7

1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании круглого образца диаметром 5 мм, разрушение образца произошло при нагрузке 40 кН.

2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца длиной 35 мм оказалось, что его длина стала равна 40 мм.
3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания круглого образца диаметром 10 мм, диаметр шейки образца в месте разрушения стал 8 мм.
4. Как называются испытания, схема которых представлена на рис. 1

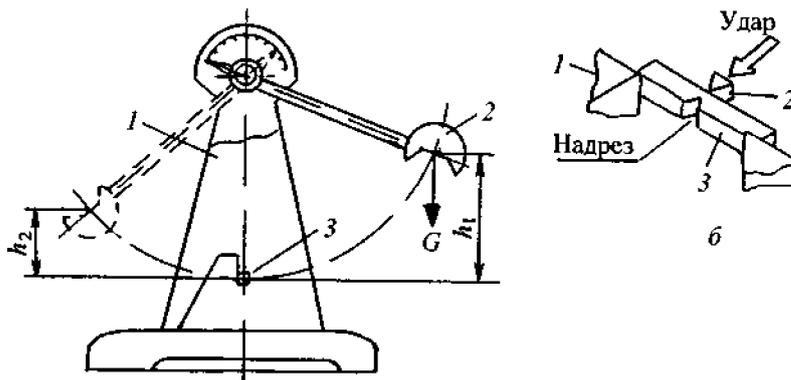


Рис. 1.

А – испытания на твёрдость по методу Бринелля

В – испытания на ударную вязкость

С – испытания на выносливость

Д – испытания на твёрдость по методу Роквелла.

Запишите формулу, по которой можно вычислить характеристику механического свойства определяемого данным методом.

Рассчитайте величину ударной вязкости материала.

Испытания проводились на маятниковом копре с весом маятника  $G = 400$  н.

Испытанию подвергался стандартный образец.

Высота подъёма маятника до удара  $h_1 = 0,8$  м, высота подъёма маятника после удара  $h_2 = 0,2$  м.

## Вариант № 8

1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании плоского образца с прямоугольным поперечным сечением и размерами сторон прямоугольного сечения  $10 \text{ мм} \times 20 \text{ мм}$ , разрушение образца произошло при нагрузке  $60 \text{ кН}$ .
2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца длиной  $160 \text{ мм}$  оказалось, что его длина стала равна  $165 \text{ мм}$ .
3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания образца с прямоугольным поперечным сечением и размерами сторон прямоугольного сечения  $10 \text{ мм} \times 20 \text{ мм}$  оказалось, размеры шейки в месте разрушения  $8 \text{ мм} \times 15 \text{ мм}$ .
4. Точке Д на диаграмме растяжения соответствует:

Выберите ответ

1. Предел прочности.
2. Предел пропорциональности.
3. Предел упругости.
4. Предел текучести.



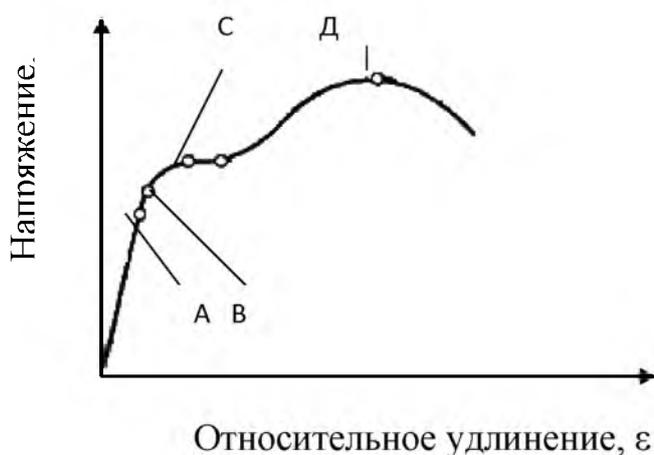
5. Рассчитайте предел текучести материала, если площадка текучести зафиксирована при нагрузке  $30 \text{ кН}$ . Испытанию подвергался круглый образец диаметром  $5 \text{ мм}$ .

## Вариант № 9

1. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании плоского образца с размерами сечения  $20 \text{ мм} \times 10 \text{ мм}$ , разрушение образца произошло при нагрузке  $80 \text{ кН}$ .
2. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания образца длиной  $50 \text{ мм}$  оказалось, что его длина стала равна  $55 \text{ мм}$ .
3. Рассчитайте относительное сужение для стали, если при испытании плоского образца с размерами сечения  $20 \text{ мм} \times 10 \text{ мм}$  оказалось, что размеры шейки в месте разрушения  $15 \text{ мм} \times 8 \text{ мм}$ .
4. Из перечисленных характеристик материала:  $\text{HB}$ ,  $\text{HRC}$ ,  $\sigma_{\text{в}}$ ,  $\text{KCU}$ ,  $\delta$ , – выберите показатель прочности, ударной вязкости, твёрдости, пластичности. Назовите эти характеристики, дайте определения предела прочности и ударной вязкости
5. Точке В на диаграмме растяжения соответствует:

Выберите ответ

1. Предел прочности.
2. Предел пропорциональности.
3. Предел упругости.
4. Предел текучести.



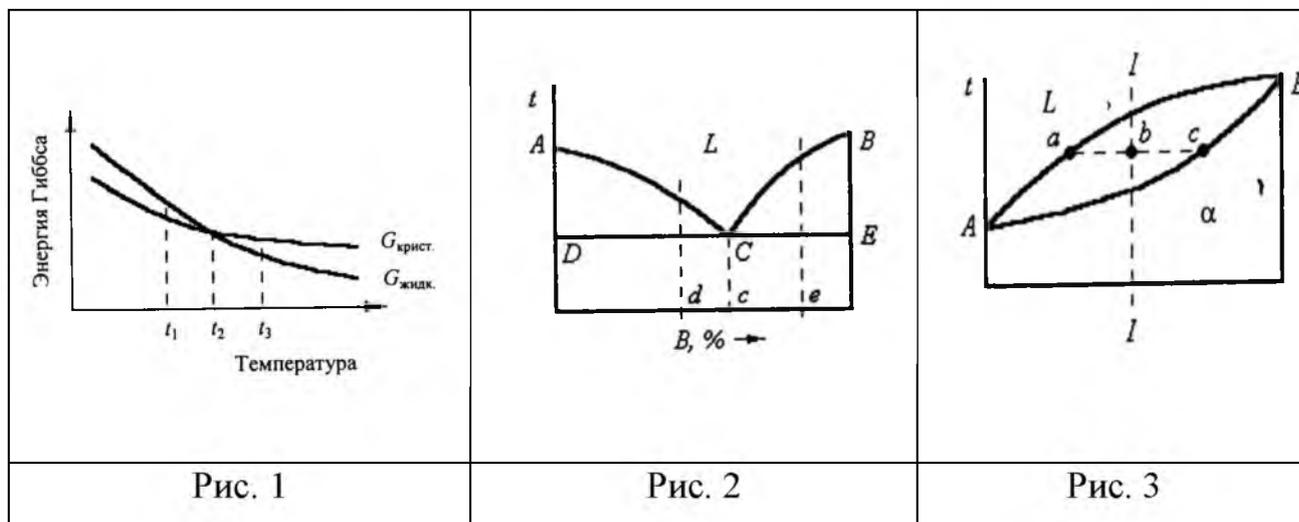
## Вариант № 10

1. Рассчитайте относительное сужение для стали, если после испытания круглого образца диаметром 10 мм, диаметр шейки образца в месте разрушения стал 8 мм.
2. Рассчитайте предел прочности стали, если при испытании плоского образца с прямоугольным поперечным сечением и размерами сторон прямоугольного сечения 15 мм × 7 мм, разрушение образца произошло при нагрузке 40 кН.
3. Рассчитайте относительное удлинение стали, если после испытания круглого образца длиной 60 мм оказалось, что его длина стала равна 70 мм.
4. Из перечисленных характеристик материала: HRB, HRC, HV,  $\sigma_T$ , KCU,  $\delta$ ,  $\sigma_B$ ,  $\psi$  – выберите показатель прочности, ударной вязкости, твёрдости, пластичности. Назовите эти характеристики.
5. Дайте определения предела текучести и ударной вязкости

Разноуровневые задачи репродуктивного уровня по разделу IV. Теория сплавов

Задача 1.

При какой (каких) температуре (температурах) возможен процесс кристаллизации? (Рис. 1)



Задача 2.

В каком из сплавов эвтектическая реакция займёт больше времени, если скорость кристаллизации во всех сплавах одинакова. (Рис. 2)

Задача 3.

Отношением каких отрезков определяется количество кристаллической фазы в сплаве I-I в точке b? определите количество кристаллической фазы в сплаве содержащем 50% компонента А и 50% компонента В? (Рис.3).

Задача 4.

Постройте кривую охлаждения для сплава а. рис.4.

Задача 5.

Постройте кривую охлаждения для сплава b. рис.4.

Задача 6.

Постройте кривую охлаждения для сплава с. рис.4.

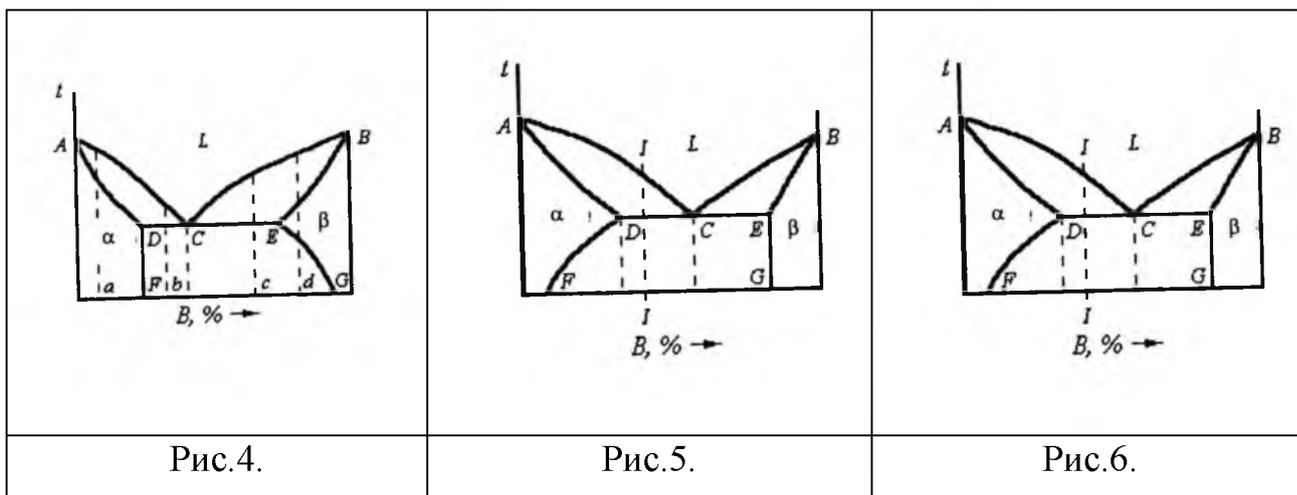
Задача 7.

Постройте кривую охлаждения для сплава d. рис.4.

Задача 8.

Зарисуйте схематично структуру сплава I-I при комнатной температуре, рис.5

Задача 9. Постройте кривую охлаждения для сплава I-I. рис.6.





литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

75...61 балл – оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если ответ носит фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

60...50 баллов – оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в ответе демонстрируется незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе

Составитель \_\_\_\_\_ Е.С. Бронникова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

**Комплект  
оценочных средств для текущей аттестации по дисциплине  
«Материаловедение»**

**Наименование оценочного средства:** Разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня (ПР-11), позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

Реконструктивное мышление является неотъемлемым компонентом формирования профессионального мышления, а его операционные механизмы – необходимый этап развития операционных механизмов креативного мышления; уровень развития реконструктивного мышления является интегральным показателем наличия способностей к разным видам деятельности, к профессиональной деятельности в частности; уровень развития реконструктивного мышления может служить критерием оценки сформированности готовности к профессиональной деятельности.

**Характеристика оценочного средства:** средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу дисциплины

**Представление оценочного средства:** комплект разноуровневых задач реконструктивного уровня

**Объектами оценивания выступают:**

учебная дисциплина, активность на занятиях, своевременность выполнения и защиты выполненных работ, уровень овладения практическими умениями и навыками, результаты самостоятельной работы

**Контролируемые разделы дисциплины:**

Модуль I. Раздел V. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

Раздел VI. Теория термической обработки стали

МОДУЛЬ II. Машиностроительные и авиационные материалы

Раздел II. Лёгкие металлы и сплавы

Разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня по разделу

#### V. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов

1. Записать и объяснить сущность перитектической, эвтектической и эвтектоидной реакций
2. Построить кривую охлаждения с применением правила фаз Гиббса для сплава, содержащего определённый (по вариантам) % углерода. Выбрать для заданного сплава любую температуру между линиями ликвидус и солидус и определить состав фаз, т.е. процентное содержание углерода в фазах; количественное соотношение фаз.
3. Описать превращения, происходящие в сплаве при охлаждении.
4. Указать название данного сплава, зарисовать микроструктуру сплава с указанием структурных составляющих, входящих в состав данного сплава.

Разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня по разделу VI.

#### Теория термической обработки стали

##### Вариант 1

1. Шестерня хвостового редуктора вертолётa изготовлена из стали 12Х2Н4А. Дайте характеристику стали, расшифруйте. Вычертите часть диаграммы состояния «Железо-цементит» для сталей, определите тип стали по равновесной структуре. Назначьте термообработку для получения: поверхностной твёрдости зуба шестерни HRC 58...62, глубина упрочнённого слоя  $h = 1,5$  мм и достаточно мягкой пластичной сердцевины детали HRC 32...34
2. Дайте определения всем назначенным видам термообработки, укажите их влияние на свойства стали.
3. Какие виды дефектов возможны при неправильно выбранных температурах нагрева при закалке стали, докажете с помощью диаграммы состояния «Железо-цементит»

## Вариант 2

1. Зубчатое колесо главного редуктора вертолѐта изготовлено из стали 40ХН2МА.
2. Дайте характеристику стали, расшифруйте.
3. Вычертите часть диаграммы состояния «Железо-цементит» для сталей, определите тип стали по равновесной структуре.
4. Назначьте термообработку для получения твёрдости стали HRC 38...42
5. Дайте определения всем назначенным видам термообработки, укажите их влияние на свойства стали.
6. Какой вид отжига необходимо применить для снятия наклѐпа в заготовках, получивших наклѐп при холодной пластической деформации

## Вариант 3

1. Ручной метчик изготовлен из стали У11А  
Дайте характеристику стали, расшифруйте.  
Вычертите часть диаграммы состояния «Железо-цементит» для сталей, определите тип стали по равновесной структуре.  
Назначьте термообработку для получения твёрдости стали HRC 58...62  
Дайте определения всем назначенным видам термообработки, укажите их влияние на свойства стали.
2. Какой вид отжига необходимо применить для устранения внутрикristаллитной ликвации в литых заготовках. Опишите режим данного вида термообработки

## Вариант 4

1. Шестерня промежуточного редуктора вертолѐта изготовлена из стали 20Х2Н4А.  
Дайте характеристику стали, расшифруйте.  
Вычертите часть диаграммы состояния «Железо-цементит» для сталей, определите тип стали по равновесной структуре.  
Назначьте термообработку для получения:

поверхностной твёрдости зуба шестерни HRC 52...64, глубина упрочнённого слоя  $h = 2,0$  мм и достаточно мягкой пластичной сердцевины детали HRC 32...34

Дайте определения всем назначенным видам термообработки, укажите их влияние на свойства стали.

2. Какой вид отжига называется нормализацией? Как выбираются температуры нагрева при нормализации по диаграмме состояния «Железо-цементит»?

#### Вариант 5

1. Кронштейн в конструкции летательного аппарата изготовлен из стали 30ХГСНА

Дайте характеристику стали, расшифруйте.

Вычертите часть диаграммы состояния «Железо-цементит» для сталей, определите тип стали по равновесной структуре.

Назначьте термообработку для получения твёрдости стали HRC 38...42

Дайте определения всем назначенным видам термообработки, укажите их влияние на свойства стали.

2. Что такое полный отжиг, для каких сталей он проводится, каковы цели, как выбираются температуры нагрева по диаграмме состояния «Железо-цементит»?

#### Вариант 6

1. Шестерня редуктора изготовлена из стали 38ХМЮА

Дайте характеристику стали, расшифруйте.

Вычертите часть диаграммы состояния «Железо-цементит» для сталей, определите тип стали по равновесной структуре.

Назначьте термообработку для получения:

поверхностной твёрдости зуба шестерни  $HV \geq 700$ , глубина упрочнённого слоя  $h = 0,6$  мм и достаточно мягкой пластичной сердцевины детали HRC 30...34

Дайте определения всем назначенным видам термообработки, укажите их влияние на свойства стали.

2. Что такое рекристаллизационный отжиг, в каких случаях он применяется. Как выбираются температуры нагрева?

Разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня по модулю II. Машиностроительные и авиационные материалы.

## Раздел II. Лёгкие металлы и сплавы

Комплект заданий – работа по рабочим чертежам авиационных деталей

Используя информацию, заложенную конструктором в рабочих чертежах авиационных деталей, студенты под руководством преподавателя выполняют следующие задания:

1. Дать характеристику, расшифровать и описать механические и технологические свойства материала, из которого изготовлена данная деталь.
2. Назначить режим термообработки.
3. Дать определения всем выбранным видам термообработки. Описать влияние термообработки на структуру и свойства стали
4. Указать способ защиты от коррозии для данной детали. Расшифровать. Кратко описать свойства и методы получения антикоррозионных покрытий.
5. Указать критерии выбора инструментального материала для обработки резанием
6. Выбрать инструментальный материал для обработки определённых поверхностей на деталях
7. Дать характеристику, расшифровать выбранную марку инструментального материала, указать методы повышения стойкости инструмента.

Критерии оценки:

100...86 баллов – оценка «отлично» выставляется студенту, если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно

рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

85...76 баллов – оценка «хорошо» выставляется студенту, если в ответе демонстрируется знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

75...61 балл – оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если ответ носит фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

60...50 баллов – оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если в ответе демонстрируется незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе

Составитель \_\_\_\_\_ Е.С. Бронникова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.

**Комплект  
оценочных средств для текущей аттестации по дисциплине  
«Материаловедение»**

**Наименование оценочного средства:** тест (ПР-1)

**Характеристика оценочного средства:** система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

**Представление оценочного средства:** фонд тестовых заданий

**Объектами оценивания выступают:**

учебная дисциплина, активность на занятиях, своевременность выполнения и защиты выполненных работ, уровень овладения теоретическими знаниями, результаты самостоятельной работы

**Контролируемые разделы дисциплины:**

по модулю II и разделам:

III. Сплавы на основе меди и антифрикционные материалы

IV. Неметаллические материалы

V. Композиционные материалы

Фонд тестовых заданий по разделу III. Сплавы на основе меди и антифрикционные материалы

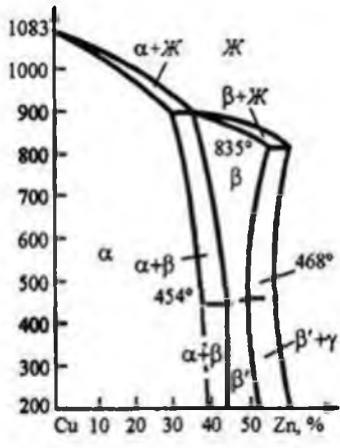
1.Л80 является \_\_\_\_\_ латунью

<p>Диаграмма состояния Cu – Zn</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● однофазной деформируемой;</li> <li>● однофазной литейной;</li> <li>● двухфазной деформируемой;</li> <li>● двухфазной литейной.</li> </ul> <p><b>Докажите с помощью диаграммы состояния Cu – Zn</b></p>

2.К антифрикционным сплавам относятся ...

- БК2, БН; ● ВК3, ВК10; ● ШХ4, ШХ20СГ; ● А12, А22

3.Л96 является \_\_\_\_\_ латунью

<p>Диаграмма состояния Cu – Zn</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● однофазной деформируемой;</li> <li>● однофазной литейной;</li> <li>● двухфазной деформируемой;</li> <li>● двухфазной литейной.</li> </ul> <p><b>Докажите с помощью диаграммы состояния Cu – Zn</b></p>

4.Способность материала обеспечивать низкий коэффициент трения скольжения и тем самым низкие потери на трение и малую скорость изнашивания сопряженной детали называется ...

- антифрикционностью; ● износостойкостью; ● выносливостью;
- пластичностью

5.Оловянным баббитом является ...

- Б88; ● БК; ● БрОЦ4-3; ● БН

6.Л70 представляет собой ...

- сплав на основе меди, содержащий около 30 % цинка; ● сталь для отливок, содержащую около 0,7 % углерода; ● латунь, содержащую 70 % цинка;
- литейный сплав на основе алюминия

7.Оловянным баббитом является ...

- Б88; ● БК; ● БрОЦ4-3; ● БН. **Какие легирующие элементы входят в состав сплава. Охарактеризуйте структуру данного сплава.**

8.Маркой меди является ...

- М2; ● БрОЦ4-3; ● МА1; ● Д16

9.Недостатком баббитов является ...

- низкая прочность; ● высокий коэффициент трения; ● плохая прирабатываемость; ● низкая пластичность

10. При увеличении содержания примесей электросопротивление меди ...

- увеличивается;
- уменьшается;
- не изменяется;
- изменяется немонотонно

11. Для изготовления подшипников скольжения целесообразно использовать сплав ... • БрС30; • Л96; • Д19; • ШХ15.

**Дайте характеристику и расшифруйте выбранный сплав**

12. Сплав БрС30 целесообразно использовать для изготовления ...

- вкладышей подшипников скольжения;
- пружин и упругих элементов;
- шестерен небольшого диаметра;
- измерительного инструмента

13. Сплав на основе меди, легированный алюминием, называется ...

- бронзой;
- латунью;
- силумином;
- мельхиором.

**Приведите пример марки такого сплава и расшифруйте её**

14. Для вкладышей подшипников скольжения целесообразно использовать сплав ... • Б83; • ШХ4; • ВК8; • 55ПП.

**Какие легирующие элементы входят в состав сплава. Охарактеризуйте структуру данного сплава.**

15. Медь обладает ...

- низким электрическим сопротивлением;
- высокой удельной прочностью;
- низкой пластичностью;
- низкой коррозионной стойкостью

16. Сплав Б83 – это... сталь обыкновенного качества в состоянии поставки Б;

• сплав на основе титана; • баббит на основе олова; • бронза, содержащая 83% меди.

**Какие легирующие элементы входят в состав сплава. Охарактеризуйте структуру данного сплава.**

17. Основными требованиями к антифрикционным материалам являются...

- низкая теплопроводность, жаростойкость
- низкий коэффициент трения, хорошая износостойкость
- высокий коэффициент трения, высокая твердость
- высокий коэффициент трения, низкая теплопроводность

18. Сплав Б16 – это... • бронза, содержащая 16% олова; деформируемый сплав на основе алюминия №16; сталь, содержащая 0,16% углерода;

- баббит на основе свинца, содержащий около 16 олова и около 16% сурьмы

19. Недостатком баббитов является...

- высокая твердость; • высокий коэффициент трения; • низкая прочность;
- плохое сопротивление усталости; плохая прирабатываемость

20. Сплав марки БрКМц 3-1 имеет состав...

- 96% Cu, 3% Co, 1% Mn; • 96% Zn, 3% Co, 1% Mn; • 96% Cu, 3% Si, 1% Mn;
- 96% Be, 3% Co, 1% Mn

21. Сплав состава 60% Cu, 38% Zn, 1% Al, 1% Fe имеет марку...

- ЛАЖ60-1-1; • БрАЖ38-1-1; • БрАЖ60-1-1; • ЛАЖ38-1-1

22. При увеличении содержания цинка в  $\alpha$ -латунях прочность

- увеличивается; • уменьшается; • изменяется немонотонно; • не изменяется

23. В качестве антифрикционного материала используют...

Л96 ; • М00 ; • БрС30; • ЛАЖ60-1-1. **Дайте характеристику и расшифруйте выбранный сплав**

Фонд тестовых заданий по разделу IV. Неметаллические материалы

1. Для повышения механических свойств, удешевления пластмасс в их состав вводят ... • наполнители; • отвердители; • стабилизаторы; • пластификаторы.

**Приведите примеры этих веществ**

2. Антиоксиданты вводят в состав резин с целью ...

- замедления процесса старения; • формирования редкосшитой структуры; • повышения эластичности; • облегчения процесса переработки.

**Приведите примеры антиоксидантов**

3. Макромолекулы термопластичных полимеров имеют \_\_\_\_\_ структуру

- линейную или слаборазветвленную; • сшитую или лестничную; • сферолитную или паркетную; • пространственную или фибриллярную.

**Приведите примеры термопластичных полимеров**

4. Полимеры, обратимо затвердевающие в результате охлаждения без участия химических реакций, называются ...

- термопластичными; • терморезистивными; • полимеризационными; • поликонденсационными. **Приведите примеры таких полимеров**

5. Макромолекулы каучука имеют \_\_\_\_\_ структуру

- линейную; ● сшитую; ● стереорегулярную; ● фибриллярную

6. Недостатком пластмасс является (-ются) ...

- склонность к старению; ● плохие электроизоляционные свойства; ● низкая химическая стойкость; ● высокая плотность

7. Макромолекулы термопластичных полимеров имеют структуру

- линейную или слаборазветвленную; ● сшитую или лестничную; ● сферолитную или паркетную; ● пространственную или фибриллярную.

**Приведите примеры термопластичных полимеров**

8. Неполярные термопласты отличаются от других групп пластмасс ...

- хорошими диэлектрическими свойствами; ● высокой теплостойкостью; ● высокой жесткостью; ● низкой морозостойкостью.

**Приведите примеры неполярных термопластичных полимеров**

9. Характерными свойствами резин являются ...

- эластичность, высокое электрическое сопротивление; ● высокая теплостойкость, низкая химическая стойкость; ● пластичность, высокая плотность; ● низкая стойкость к истиранию, высокая теплопроводность

10. Для производства электроизоляционных резин применяют ...

- неполярные каучуки; ● полярные каучуки; ● наирит; ● тиоколы

11. Полиметилметакрилат можно использовать для изготовления ...

- стекол кабины самолета; ● обшивки самолета; ● подшипников скольжения; ● высокопрочных волокон. **Полиметилметакрилат является**

**термо\_\_\_\_\_**

12. Для производства электроизоляционных резин применяют ...

- неполярные каучуки; ● полярные каучуки; ● наирит; ● тиоколы

13. Недостатком пластмасс является (-ются) ...

- склонность к старению; ● плохие электроизоляционные свойства; ● низкая химическая стойкость; ● высокая плотность

14. Терморезактивным полимером является ...

- резольная смола; ● поливинилхлорид; ● политетрафторэтилен; ● полиметилметакрилат. **Дайте определение терморезактивным полимерам**

15. Наибольшей теплостойкостью обладают пластмассы на основе ...

- кремнийорганических полимеров;
- эпоксидных смол;
- полистирола;
- резольных смол

16. В качестве стеклообразующих соединений при изготовлении неорганических стекол используют ... •  $\text{SiO}_2$ ; •  $\text{Na}_2\text{O}$ ; •  $\text{AlN}$ ; •  $\text{SiC}$ .

**Назовите данное соединение**

17. Наибольшей теплостойкостью обладают пластмассы на основе ...

- кремнийорганических полимеров;
- эпоксидных смол;
- полистирола;
- резольных

18. Вулканизаторы вводят в состав резин для... • облегчения процесса переработки резиновой смеси; • снижения стоимости; • замедления процесса старения; • формирования сетчатой структуры.

**Приведите примеры вулканизаторов.**

19. Для защиты резин от старения в их состав вводят...

- наполнители;
  - антиоксиданты;
  - отвердители;
  - пластификаторы.
- Приведите примеры таких веществ**

20. Ухудшение свойств резин при эксплуатации и хранении называется...

- деградацией;
- старением;
- коррозией;
- деструкцией

21. При вулканизации каучуков используется... • сажа; • каолин; • мел; • сера

22. К термореактивным полимерам относится... • полистирол; • поливинилхлорид; • фенолоформальдегидная смола; • полиэтилен.

**Дайте определение термореактивным полимерам**

23. Термопластичные полимеры имеют структуру... • сферолитную; • фибриллярную; • сетчатую; линейную.

**Приведите примеры термопластичных полимеров**

24. Термореактивными называют полимеры,...

- обратимо затвердевающие в результате охлаждения без участия химических реакций
- получаемые полимеризацией мономеров, имеющих кратные связи
- имеющие линейную структуру макромолекул

- необратимо затвердевающие в результате протекания химических реакций.

### **Приведите примеры терморезактивных полимеров**

25. Термопластичными называют полимеры,...

- имеющие редкосетчатую структуру
- имеющие пространственную («сшитую») структуру
- необратимо затвердевающие в результате протекания химических реакций
- обратимо затвердевающие в результате охлаждения без участия химических реакций

### **Приведите примеры термопластичных полимеров**

Фонд тестовых заданий по разделу разделу V. Композиционные материалы

1. При увеличении содержания оксида алюминия прочность спеченного алюминиевого порошка (САП) ...

- увеличивается;
  - уменьшается;
  - практически не изменяется;
  - изменяется немонотонно.
- К какой группе композиционных материалов относятся спечённые алюминиевые порошки?**

2. Керамическими композиционными материалами называют материалы, в состав которых входят ...

- керамическая матрица и металлический или неметаллический наполнитель;
- металлическая матрица и керамический наполнитель;
- неметаллическая матрица и керамический наполнитель;
- металлическая матрица и наполнитель в виде дисперсных оксидных частиц

3. Композиционные материалы, содержащие два или более различных наполнителя, называются ...

- армированными;
- моноармированными;
- полиматричными;
- мономатричными

4. В качестве одномерных наполнителей композиционных материалов на металлической основе используют ...

- металлическую проволоку, борные, углеродные волокна;
- дисперсные частицы оксидов, боридов, карбидов;
- бумагу, хлопчатобумажную ткань, древесный шпон ;
- древесную муку, сажу, металлические порошки

5.Изотропны композиционные материалы, упрочненные наполнителями:

- равномерно распределенными нуль-мерными;
- двухмерными;
- одноосно ориентированными одномерными;
- неорганическими

6.Основным преимуществом САП перед другими сплавами на основе алюминия является высокая ...

- жаропрочность;
- коррозионная стойкость;
- электропроводность;
- пластичность

7. Дисперсно-упрочненными называют композиционные материалы,...

- упрочненные полностью растворимыми в матрице частицами второй фазы
- структура которых состоит из матрицы и частиц второй фазы, выделившейся в процессе старения
- упрочненные нуль-мерными наполнителями
- одномерными наполнителями

8.Дисперсно-упрочненные композиционные материалы на металлической основе получают...

- методами обработки давлением;
- литьем под давлением;
- методами порошковой металлургии;
- экструзией

9.Прочность дисперсно-упрочненных композиционных материалов...

- зависит от расстояния между частицами наполнителя и степени его дисперсности
- увеличивается при увеличении объемной доли наполнителя
- зависит от прочности матрицы
- аддитивно зависит от доли упрочняющей фазы

10.Волокнистыми называют композиционные материалы,...

- упрочненные полностью растворимыми в матрице частицами второй фазы
- упрочненные одномерными наполнителями

- упрочненные нуль-мерными наполнителями
- структура которых состоит из матрицы и частиц второй фазы, выделившейся в процессе старения

11. Дисперсно-упрочненными называют композиционные материалы,...

- упрочненные полностью растворимыми в матрице частицами второй фазы
- структура которых состоит из матрицы и частиц второй фазы, выделившейся в процессе старения
- упрочненные нуль-мерными наполнителями
- упрочненные одномерными наполнителями

Критерии оценки тестовых заданий.

Оценка тестовых заданий проводится с помощью коэффициента усвоения  $W$ :

$W = P/V$ , где  $P$  – количество правильных ответов на вопросы в тесте

$V$  – общее количество вопросов в тесте

Коэффициент усвоения, $W$	Оценка
0,9... 1	отлично
0,8... 0,89	хорошо
0,7... 0,79	удовлетворительно
Менее 0,7	неудовлетворительно

Составитель \_\_\_\_\_ Е.С. Бронникова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ г.