

Автономная некоммерческая организация высшего образования
«СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ОТКРЫТЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

«Утверждаю»



Проректор по УМР

О.М. Вальц

«07» сентября 2017 г.

Рабочая программа дисциплины
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Направления подготовки:

22.03.02 **Металлургия**

Профили подготовки:

22.03.02.1 **Технология литейных процессов**

Квалификация (степень): **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Санкт-Петербург, 2017

Рабочая программа дисциплины «Материаловедение» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.03.02 «Металлургия».

Основным документом для разработки рабочей программы является рабочий учебный план по направлению 22.03.02 «Металлургия», профилю 22.03.02.1 «Технология литейных процессов».

Учебные и методические материалы по учебной дисциплине размещены в электронной информационно-образовательной среде университета.

Разработчики:

О.С. Голод, к.т.н., доцент

А.В. Сивенков, к.т.н., доцент

Рецензенты:

В.В. Цуканов д.т.н., начальник лаборатории "Металлургических технологий производства сталей для судостроения" НИЦ "Курчатовский институт"-ЦНИИ КМ "Прометей".

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Машиностроения и металлургии» от «06» сентября 2017 года, протокол № 1

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	5
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ	5
4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	6
5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	14
5.1. Темы контрольных работ	14
5.2. Темы курсовых работ (проектов)	14
5.3. Перечень методических рекомендаций	14
5.4. Перечень вопросов для подготовки к зачету.....	15
5.5. Перечень вопросов для подготовки к экзамену	16
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	19
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	20
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	21
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ	22
12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ.....	22
Приложение	24

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Целью освоения дисциплины «Материаловедение» является материаловедческая подготовка инженера, способного производить оптимальный выбор материалов и технологий изготовления и упрочняющей обработки изделий различного назначения.

1.2. Изучение дисциплины «Материаловедение» способствует решению следующих задач профессиональной деятельности:

- закономерностей, связывающих химический состав, структуру и свойства материалов;
- методов целенаправленного изменения их свойств;
- химического состава, свойств и областей применения основных промышленных материалов, а также способов и режимов их упрочнения.

1.3. Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

профессиональные (ПК)

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
ПК-1	Способность к анализу и синтезу
ПК-4	готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы.
ПК-5	способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.
ПК-10	Способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке
ПК-12	Способность осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды
ПК-13	готовностью оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов

1.4. В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать: закономерности и практические способы воздействия на механические свойства металлических сплавов путем изменения их химического состава и структуры; классификацию, маркировку, механические свойства, режимы упрочняющей термической обработки и области применения сталей

- основных материалов промышленности; характерные особенности строения и свойств полимерных материалов.

Уметь: пользоваться оптическим микроскопом для изучения структуры материалов; производить закалку и отпуск сталей различных марок; измерять твердость для контроля результатов термической обработки; работать с учебной, а при необходимости – научной и справочной литературой по материаловедению; выбирать материалы, способы и режимы упрочняющей обработки для изделий различного назначения.

Владеть: общими навыками по анализу требований к материалу и способности выбора материала изделий машиностроения работающих в различных условиях эксплуатации.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Материаловедение» относится к базовой части блока Б1.

Дисциплина «Материаловедение» связана с предшествующими ей дисциплинами: «Химия», «Физика», «Математика», «Сопrotивление материалов», «Теоретическая механика».

Приобретённые при изучении данной дисциплины знания студентами будут непосредственно использованы при изучении дисциплин «Коррозия и методы защиты», «Детали машин», «Основы производства металлов», «Производство отливок из стали», «Производство отливок из чугуна», «Производство отливок из сплавов цветных металлов», а также при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ

№ п/п	Наименование модуля и темы учебной дисциплины	Трудоёмкость по учебному плану (час/з.е.)	Виды занятий				Виды контроля		
			Лекции	Практическое занятие	Лабораторное занятие	Самостоятельная работа	Контрольная работа	Курсовая работа (проект)	Зачёт (экзамен)
1	Модуль 1. Строение и свойства металлических сплавов	108/3	4	6	2	96			
2.	Тема 1.1. Введение. Строение и свойства металлов	12	0,5	2		9,5			
3.	Тема 1.2. Кристаллизация металлов	12	0,5			11,5			
4.	Тема 1.3. Изменение структуры и свойств металлов при пластической деформации и рекристаллизации	12	0,5			11,5			

5.	Тема 1.4. Металлические сплавы, диаграммы состояния	36	1	2		33	1		
6.	Тема 1.5. Механические свойства и конструкционная прочность металлов и сплавов	18	0,5			17,5			
7.	Тема 1.6. Железоуглеродистые сплавы	18	1	2	2	13			
8.	Итого часть 1	108/3	4	6	2	96	1		зач
9.	Модуль 2. Термической обработки стали	72/2	2		2	68			
10.	Тема 2.1. Теория термической обработки стали	18	1			17			
11.	Тема 2.2. Технология термической обработки стали	18	0,5		2	15,5			
12.	Тема 2.3. Химико-термическая обработка стали и другие методы получения износостойких покрытий	18	0,5			17,5			
13.	Тема 2.4. Влияние легирующих элементов на свойства стали и на процессы фазовых превращений	18				18			
14.	Модуль 3. Машиностроительные материалы	72/2	2	4	2	62			
15.	Тема 3.1. Конструкционные стали	8	0,5		2	5,5			
16.	Тема 3.2. Инструментальные стали и твердые сплавы	8	0,5			7,5			
17.	Тема 3.3. Стали и сплавы с особыми физико-механическими свойствами	8	0,5			7,5			
18.	Тема 3.4. Титан и его сплавы	6				6			
19.	Тема 3.5. Сплавы на основе алюминия и магния	8		1		7			
20.	Тема 3.6. Сплавы на основе меди	8		1		7			
21.	Тема 3.7. Подшипниковые сплавы и припой	6	0,5	2		3,5			
22.	Тема 3.8. Композиционные материалы	6				6			
23.	Тема 3.9. Порошковые материалы	4				4			
24.	Тема 3.10. Пластмассы	6				6			
25.	Тема 3.11. Основы рационального выбора материалов и методов упрочнения деталей машин	4				4			
26.	Итого часть 2	144/4	4	4	4	132	1		экз
Всего		252/7	8	10	6	228	2		Зач/ экз

4. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МОДУЛЬ 1. Строение и свойства металлических сплавов (108 часов)

Тема 1.1. Введение. Строение и свойства металлов (12 часов)

Содержание и задачи курса. Его место в подготовке инженеров, специализирующихся в области конструирования, производства и эксплуатации

машин, приборов, механизмов и оборудования различного назначения. Роль материалов в современной технике. Краткий исторический очерк развития материаловедения.

Характер межатомной связи в металлах. Свойства металлов, определяемые металлическим типом связи. Кристаллическое строение металлов. Типы кристаллических решеток. Анизотропия свойств металлов. Основные несовершенства кристаллического строения и их влияние на свойства металлов. Прочность идеальных (бездефектных) и реальных кристаллических тел. Пути повышения прочности металлов.

Виды учебных занятий:

Лекция:	Введение. Строение и свойства металлов	0,5 час
Практическое занятие:	Анализ диаграммы двойных сплавов	2 часа

Тема 1.2. Кристаллизация металлов (12 часов)

Особенности жидкого состояния металлов. Энергетические условия и механизм процесса кристаллизации. Закономерности образования и роста кристаллов. Зависимость скорости кристаллизации от степени переохлаждения расплава. Аморфные металлы (металлические стекла). Влияние скорости охлаждения при кристаллизации на величину зерна в затвердевшем металле. Роль примесей. Сущность процесса модифицирования. Строение слитка.

Превращения в твердом состоянии. Аллотропия (полиморфизм). Полиморфные превращения в железе.

Виды учебных занятий:

Лекция	Кристаллизация металлов	0,5 час
--------	-------------------------	---------

Тема 1.3. Изменение структуры и свойств металлов при пластической деформации и рекристаллизации (12 часов)

Упругая и пластическая деформации. Дислокационный механизм пластической деформации металлов.

Влияние пластической деформации на строение металла. Изменение механических и физических свойств металла в результате пластической деформации. Явление наклепа.

Изменение структуры и физико-механических свойств наклепанного металла при нагреве. Явления возврата и рекристаллизации. Порог рекристаллизации и влияние на него различных факторов. Холодная и горячая пластическая деформация металлов.

Виды учебных занятий:

Лекция	Изменение структуры и свойств металлов при пластической деформации и рекристаллизации	0,5 час
--------	---	---------

Тема 1.4. Металлические сплавы, диаграммы состояния (36 часов)

Понятия о системе, компоненте, фазе. Механические смеси. Химические соединения в сплавах. Твердые растворы и их разновидности.

Диаграммы состояния и их практическое значение. Правило фаз. Методы построения диаграмм состояния. Диаграммы состояния двойных сплавов, образующих механические смеси из чистых компонентов. Эвтектическое превращение. Правило отрезков. Диаграммы состояния двойных сплавов для случаев полной взаимной растворимости и ограниченной растворимости компонентов в твердом состоянии. Перитектическое превращение. Неравновесная кристаллизация. Ликвация в сплавах и ее разновидности.

Диаграммы состояния сплавов, образующих химические соединения, и сплавов, испытывающих полиморфные превращения. Определение с помощью диаграмм состояния температур плавления и затвердевания сплавов, химического состава фаз, относительного количества фаз и структурных составляющих. Связь между характером диаграмм состояния и свойствами сплавов (закон Курнакова).

Виды учебных занятий:

Лекция	Металлические сплавы, диаграммы состояния	1 час
Практическое занятие	Изучение структуры металлов и сплавов методами макроскопического и микроскопического анализа	2 часа

Тема 1.5. Механические свойства и конструкционная прочность металлов и сплавов (18 часов)

Понятие конструкционной прочности материалов. Характеристики, определяющие конструкционную прочность - прочность, надежность и долговечность. Основные критерии оценки прочности, надежности и долговечности материалов. Пути повышения конструкционной прочности металлических изделий.

Виды учебных занятий:

Лекция	Механические свойства и конструкционная прочность металлов и сплавов	0,5 час
--------	--	---------

Тема 1.6. Железоуглеродистые сплавы (18 часов)

Свойства железа, углерода и цементита. Основные фазы, присутствующие в железоуглеродистых сплавах в равновесном состоянии. Аустенит, феррит, цементит, графит. Диаграмма состояния железо - цементит. Превращения в железоуглеродистых сплавах различного состава при медленном охлаждении. Структурные составляющие в железоуглеродистых сплавах. Классификация железоуглеродистых сплавов. Техническое железо. Сталь. Белый чугун.

Углеродистые стали. Возможные примеси в сталях и их влияние на свойства. Зависимость свойств сталей от содержания углерода. Классификация и маркировка углеродистых сталей по ГОСТ. Углеродистые стали обыкновенного качества и качественные. Автоматные стали.

Чугуны. Условия образования метастабильной системы (железо - цементит) и стабильной системы (железо - графит). Влияние скорости охлаждения и примесей на процесс графитизации. Классификация чугунов по форме графита и строению металлической основы. Серые чугуны. Модифицирование чугунов. Высокопрочный чугун, его структура и свойства. Ковкий чугун, его структура и условия получения. Маркировка чугунов по ГОСТ.

Применение углеродистых сталей и чугунов в машино- и приборостроении.

Виды учебных занятий:

Лекция	Железоуглеродистые сплавы	1 час
Практическое занятие	Диаграмма состояния и структура двойных сплавов	2 часа
Лабораторная работа	Структура и свойства углеродистых сталей и белых чугунов в равновесном состоянии	2 часа

МОДУЛЬ 2. Термической обработки стали (72 часа)

Тема 2.1. Теория термической обработки стали (18 часов)

Сущность, назначение и основные виды термической обработки стали.

Превращения в стали при нагреве. Образование аустенита. Рост аустенитного зерна. Влияние величины зерна на свойства стали.

Превращения в стали при охлаждении. Кинетика превращения переохлажденного аустенита. Диаграмма изотермического превращения аустенита (С-образная диаграммы). Структура и свойства продуктов превращения аустенита: перлита, сорбита, троостита, бейнита.

Мартенситное превращение аустенита и его особенности. Критическая скорость закалки. Структура и свойства мартенсита.

Остаточный аустенит, причины его сохранения при закалке.

Превращения в закаленной стали при отпуске. Изменение структуры и свойств закаленной стали в процессе отпуска. Отличие структур, образуемых в результате отпуска закаленной стали, от аналогичных структур, образуемых при закалке.

Термомеханическая обработка стали и ее разновидности. Структурные изменения, совершающиеся в стали при термомеханической обработке.

Виды учебных занятий:

Лекция:	Теория термической обработки стали	1 час
---------	------------------------------------	-------

Тема 2.2. Технология термической обработки стали (18 часов)

Основные виды термической обработки стали - отжиг, нормализация, закалка, отпуск.

Отжиг стали. Полный и неполный отжиг. Изотермический отжиг. Диффузионный отжиг (гомогенизация). Отжиг на зернистый перлит (сфе-

роидизация). Рекристаллизационный отжиг. Нормализация. Структура и свойства стали после отжига и нормализации.

Закалка стали. Выбор температуры нагрева. Условия нагрева изделий при термической обработке. Охлаждающие среды при закалке. Прокаливаемость и ее влияние на свойства закаленной стали. Факторы, влияющие на прокаливаемость. Дефекты закаленной стали и меры их предупреждения. Виды закалки (обычная, прерывистая, ступенчатая, изотермическая) и их особенности. Методы поверхностной закалки: закалка с индукционным и газопламенным нагревом и с использованием высококонцентрированных источников энергии (закалка с лазерным и электронно-лучевым нагревом).

Отпуск закаленной стали. Виды отпуска: низкий, средний, высокий. Структура и свойства стали после различных видов отпуска. Примеры применения упрочняющей термической обработки стальных изделий в различных отраслях машиностроения.

Виды учебных занятий:

Лекция	Технология термической обработки стали	0,5 час
Лабораторная работа	Термическая обработка (закалка и отпуск) углеродистых сталей	2 часа

Тема 2.3. Химико-термическая обработка стали и другие методы получения износостойких покрытий (18 часов)

Физические основы химико-термической обработки.

Цементация, ее назначение и способы осуществления. Структура стали после цементации. Термическая обработка цементованных изделий.

Азотирование, его назначение и способы осуществления. Стали для азотирования. Цианирование стали, его назначение и способы осуществления. Борирование и диффузионное насыщение стали металлами.

Современные методы получения твердых износостойких покрытий. Химическое осаждение покрытий из газовой фазы. Плазменное и вакуумное ионно-плазменное нанесение покрытий.

Виды учебных занятий:

Лекция	ХТО стали и другие методы получения износостойких покрытий	0,5 час
--------	--	---------

Тема 2.4. Влияние легирующих элементов на свойства стали и на процессы фазовых превращений (18 часов)

Цели легирования стали. Наиболее распространенные легирующие элементы. Влияние легирующих элементов на полиморфные превращения в железе и свойства феррита. Взаимодействие легирующих элементов с углеродом. Влияние легирующих элементов на превращение переохлажденного аустенита и прокаливаемость стали, на мартенситное превращение и количество остаточного аустенита, на склонность стали к росту зерна и процессы отпуска закаленной стали. Технологические особенности термической обработки легированной стали.

Классификация легированных сталей по структуре, составу, назначению. Маркировка легированных сталей по ГОСТ.

МОДУЛЬ 3. Машиностроительные материалы (72 часа)

Тема 3.1. Конструкционные стали (8 часов)

Требования к конструкционным сталям. Преимущества легированной конструкционной стали перед нелегированной. Роль легирующих элементов. Отпуская хрупкость конструкционных сталей и способы ее предотвращения. Свариваемость стали. Строительные стали.

Цементуемые, улучшаемые и высокопрочные конструкционные стали; их назначение, свойства, составы, режимы термической обработки. Примеры конструкционных сталей каждого типа.

Пружинные стали; шарикоподшипниковые стали; их свойства, режимы термической обработки.

Выбор марки конструкционной стали в зависимости от назначения изделий, их размеров и условий нагружения.

Виды учебных занятий:

Лекция:	Конструкционные стали	0,5 часа
Лабораторная работа	Структура и свойства серых чугунов	2 часа

Тема 3.2. Инструментальные стали и твердые сплавы (8 часов)

Классификация инструментальных сталей по назначению. Стали для режущего и измерительного инструмента, их термическая обработка. Назначение отдельных легирующих элементов. Быстрорежущие стали, их состав, структура и свойства. Природа их красностойкости. Термическая обработка быстрорежущих сталей.

Стали для штампов холодной и горячей штамповки. Требования, предъявляемые к ним, и режимы термической обработки. Назначение легирующих элементов. Выбор сталей для штампов различного назначения, размеров и условий работы.

Литые и металлокерамические твердые сплавы, их свойства, назначение и способы изготовления. Наиболее распространенные марки литых и металлокерамических твердых сплавов. Сверхтвердая режущая керамика.

Виды учебных занятий:

Лекция	Инструментальные стали и твердые сплавы	0,5 часа
--------	---	----------

Тема 3.3. Стали и сплавы с особыми физико-механическими свойствами (8 часов)

Окалиностойкие и жаропрочные стали и сплавы. Особенности поведения материалов при повышенных температурах. Окалиностойкость и ее природа. Примеры окалиностойких сталей. Характеристики жаропрочности (пределы ползучести и длительной прочности). Классификация, состав, термическая обработка и температурные пределы применения жаропрочных сталей и сплавов.

Нержавеющие стали и их классификация. Природа коррозионной стойкости нержавеющих сталей, области их применения, термическая обработка. Примеры марок сталей каждого класса. Межкристаллитная коррозия нержавеющих сталей и способы ее предотвращения.

Износостойкие стали, их состав, термическая обработка, свойства и области применения. Природа повышенной износостойкости.

Сплавы с особенностями теплового расширения, их состав, свойства и наиболее распространенные марки.

Магнитные стали и сплавы, их классификация. Магнитомягкие и магнитотвердые стали и сплавы. Требования, предъявляемые к ним. Выбор магнитомягких и магнитотвердых материалов для изделий различного назначения. Немагнитные стали и чугуны.

Сплавы с особенностями электрического сопротивления. Проводниковые материалы, реостатные сплавы, сплавы для нагревательных элементов, их состав, свойства и наиболее распространенные марки.

Виды учебных занятий:

Лекция	Стали и сплавы с особыми физико-механическими свойствами	0,5 часа
--------	--	----------

Тема 3.4. Титан и его сплавы (6 часов)

Свойства титана. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства титана. Классификация титановых сплавов, их важнейшие преимущества, маркировка, способы термической обработки, области применения. Коррозионная стойкость титана.

Тема 3.5. Сплавы на основе алюминия и магния (8 часов)

Свойства и применение алюминия. Основы теории термической обработки алюминиевых сплавов. Связь между диаграммами состояния алюминиевых сплавов и их технологическими свойствами. Литейные и деформируемые сплавы. Сплавы, упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой.

Дуралюмин и другие деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые термической обработкой. Их состав, термическая обработка, области применения, маркировка. Наиболее распространенные марки деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой.

Силумин и другие литейные алюминиевые сплавы: требования к ним. Повышение свойств литейных алюминиевых сплавов путем модифицирования.

Жаропрочные алюминиевые сплавы. Спеченные алюминиевые сплавы (САС, САП).

Применение алюминиевых сплавов в машино- и приборостроении. Важнейшие сплавы на основе магния, их маркировка, состав, свойства и области применения.

Виды учебных занятий:

Практическое занятие:	Сплавы на основе алюминия	1 час
-----------------------	---------------------------	-------

Тема 3.6. Сплавы на основе меди (8 часов)

Свойства и применение технической меди. Сплавы на основе меди. Латунь; изменение их структуры и механических свойств в зависимости от содержания цинка. Классификация латуней по составу, структуре и технологическим свойствам. Маркировка латуней. Свойства и применение латуней различных марок.

Влияние содержания олова на структуру и свойства оловянных бронз. Классификация бронз по технологическим свойствам. Состав, свойства и области применения оловянных и безоловянных (алюминиевых, бериллиевых) бронз. Маркировка обрабатываемых давлением и литейных бронз.

Виды учебных занятий:

Практическое занятие: Сплавы на основе меди 1 час

Тема 3.7. Подшипниковые сплавы и припои (6 часов)

Требования к подшипниковым сплавам. Особенности их структуры. Баббиты, их состав, структура, свойства и наиболее распространенные марки. Антифрикционные бронзы и чугуны.

Порошковые (металлокерамические) антифрикционные материалы.

Классификация, состав и применение припоев. Свойства и назначение мягких и твердых припоев.

Виды учебных занятий:

Лекция	Подшипниковые сплавы и припои	0,5 часа
Практические занятия	Подшипниковые сплавы	2 часа

Тема 3.8. Композиционные материалы (6 часов)

Виды композиционных материалов, их классификация, строение и свойства, преимущества и недостатки.

Композиционные материалы с металлической матрицей.

Тема 3.9. Порошковые материалы (4 часа)

Порошковые материалы, их свойства, преимущества и недостатки, способы получения. Конструкционные, инструментальные и специальные порошковые материалы, области их применения.

Тема 3.10. Пластмассы (6 часов)

Пластмассы – материалы на основе полимеров. Полимеры: основные понятия; особенности высокомолекулярного строения полимеров. Форма (структура) макромолекул – линейная, лестничная, сетчатая (замкнутая пространственная).

Физические состояния полимеров – стеклообразное, высокоэластичное, вязкотекучее. Термомеханические кривые. Природа высокой эластичности.

Механические свойства полимеров. Типичные диаграммы растяжения термопластичных и терморезистивных полимеров в стеклообразном состоянии. Влияние температуры и скорости нагружения на прочность полимеров. Долговечность полимеров. Старение полимеров, пути его сдерживания.

Пластмассы; их состав, роль различных компонентов. Классификация пластмасс. Особенности строения и свойств термо- и реактопластов. Полимерные армированные материалы. Синтетические клеи и герметики. Резина как полимерный материал. Состав резины, назначение различных компонентов. Влияние серы на структуру и свойства резины.

Принципиальные особенности технологии переработки пластмасс в изделия. Применение пластмасс в различных отраслях промышленности.

Неорганические стекла как полимерные материалы. Строения и свойства неорганических стекол, пути их упрочнения.

Тема 3.11. Основы рационального выбора материалов и методов упрочнения деталей машин (4 часа)

Факторы, определяющие работоспособность изделий различного назначения. Виды повреждений изделий в зависимости от условий их эксплуатации. Эксплуатационные, технологические и экономические требования к промышленным материалам. Выбор материалов и методов упрочнения изделий в зависимости от основных видов отказов при эксплуатации. Сравнительный анализ экономической эффективности материалов и технологий изготовления изделий из них.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Темы контрольных работ

Модуль дисциплины	Наименование тем
Модуль 1. Строение и свойства металлических сплавов	Тема 1.4. Металлические сплавы, диаграммы состояния.
Модуль 2. Термической обработки стали	Тема 2.1. Теория термической обработки стали.
Модуль 3. Машиностроительные материалы	Тема 3.11. Основы рационального выбора материалов и методов упрочнения деталей машин.

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

Выполнение курсовой работы (проекта) учебным планом не предусмотрено.

5.3. Перечень методических рекомендаций

№ п/п	Наименование
1	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2	Методические рекомендации по подготовке к лабораторным работам.
3	Методические рекомендации по выполнению контрольной работы.

5.4. Перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Материаловедение; задачи и цели изучения дисциплин. Основные понятия – химический состав и структура материалов.
2. Основные механические свойства материалов (прочность и твёрдость, пластичность и ударная вязкость); методы их определения; обозначения; размерность.
3. Кристаллическое и аморфное строение твёрдых тел. Основные характеристики кристаллических решёток. Типы кристаллических решёток металлов. Полиморфизм. Полиморфные превращения в железе. Анизотропия свойств кристаллических материалов.
4. Основные несовершенства (дефекты) кристаллического строения; их влияние на свойства металлов. Прочность идеальных (бездефектных) и реальных металлов.
5. Закономерности процесса кристаллизации металлов. Связь между скоростью охлаждения и величиной зерна. Сущность процесса модифицирования. Строение слитка.
6. Влияние пластической деформации на строение, механические и физические свойства металлов. Явление наклёпа, его практическое использование.
7. Изменение строения и свойств пластически деформированного металла под влиянием нагрева. Явления возврата и рекристаллизации. Зависимость температуры порога рекристаллизации от чистоты металла и степени пластической деформации.
8. Рекристаллизация деформированного металла. Холодная и горячая пластическая деформации; влияние этих видов обработки на структуру и свойства металла.
9. Сплав, компонент, фаза (суть понятий). Типы фаз в металлических сплавах. Классификация и основные свойства твёрдых растворов и химических соединений.
10. Диаграммы состояния (основные понятия). Диаграмма состояния для случая полной взаимной растворимости компонентов в твёрдом состоянии. Правила определения химического состава и относительных количеств фаз. Дендритная и зональная ликвация.
11. Диаграммы состояния двойных сплавов для случаев полной нерастворимости и ограниченной растворимости в твёрдом состоянии. Кристаллизация сплавов различного состава. Ликвация по плотности, способы её устранения. Диаграмма состояния с устойчивым химическим соединением.
12. Связь между типом диаграмм состояния и физико-механическими и технологическими свойствами сплавов (закон Курнакова). Практическое значение диаграмм состояния.
13. Диаграмма состояния "Железо-цементит". Фазы, присутствующие в данной системе, их характеристики. Кристаллизация сплавов с различным

содержанием углерода. Структура железуглеродистых сплавов; их классификация.

14. Зависимость механических свойств железуглеродистых сплавов от содержания углерода. Классификация и маркировка углеродистых сталей.

5.5. Перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Серые чугуны, их классификация по форме графита и строению металлической основы. Влияние скорости охлаждения и примесей на процесс графитизации. Маркировка различных типов серых чугунов.

2. Модифицированные чугуны. Условия получения высокопрочного и ковкого чугунов. Связь между структурой и механическими свойствами этих чугунов.

3. Сравнительный анализ свойств серых, белых чугунов и углеродистых сталей. Области применения различных типов серых чугунов.

4. Превращения в стали при охлаждении. Диаграмма изотермического превращения переохлаждённого аустенита. Структура и свойства продуктов превращения.

5. Диаграмма изотермического превращения переохлаждённого аустенита. Структура и свойства продуктов превращения, образуемых при различных скоростях охлаждения.

6. Критическая скорость закалки. Мартенситное превращение и его особенности. Структура и свойства мартенсита. Причина его высокой твёрдости.

7. Остаточный аустенит, причины его сохранения при закалке; влияние на свойства изделий. Обработка стали холодом, её назначение и способ осуществления.

8. Зависимость твёрдости закалённой стали от содержания углерода. Дефекты закалённой стали, причины их возникновения и меры предупреждения. Преимущества и недостатки различных видов закалки.

9. Превращения в закалённой стали при отпуске. Изменение структуры и механических свойств стали в результате отпуска. Отличие структур, получаемых в результате отпуска, от аналогичных структур, образующихся при превращении переохлаждённого аустенита.

10. Отпускная хрупкость сталей, её разновидности и способы предотвращения.

11. Отжиг стали, его разновидности. Назначение различных видов отжига и режимы их проведения. Структура и свойства стали после отжига.

12. Термомеханическая обработка стали и её разновидности. Изменение структуры и свойств стали при термомеханической обработке.

13. Прокаливаемость, её влияние на эксплуатационные свойства закалённой стали. Факторы, влияющие на прокаливаемость и критическую скорость закалки.

14. Цели легирования стали. Наиболее распространённые легирующие элементы. Влияние легирующих элементов на превращения переохлаждённого

ного аустенита и прокаливаемость стали, мартенситное превращение и количество остаточного аустенита.

15. Классификация легированных сталей по структуре и назначению. Маркировка легированных сталей. Примеры легированных сталей различных классов и назначений.

16. Конструкционные легированные стали, их классификация, свойства и назначение. Примеры сталей каждого типа. Цементуемые и улучшаемые стали. Режимы термической обработки, структура, механические свойства и области применения этих сталей.

17. Цементация стали, её назначение и способы осуществления. Стали, подверженные цементации. Термическая обработка цементованных изделий, их структура и свойства.

18. Азотированные стали, его назначение и способы осуществления. Стали для азотирования. Особенности химико-термической обработки изделий при азотировании. Структура азотированных изделий.

19. Цианирование стали, его назначение, разновидности и способы осуществления. Борирование и диффузное насыщение стали металлами.

20. Строительные (низколегированные) стали; их маркировка, химический состав, свойства, области применения.

21. Рессорно-пружинные стали; их маркировка, химический состав, термическая обработка, структура и механические свойства.

22. Подшипниковые стали; их маркировка, химический состав, термическая обработка, структура и механические свойства.

23. Износостойкие стали перлитного и аустенитного классов, их назначение, маркировка, химический состав, термическая обработка, причина высокой износостойкости.

24. Коррозионно-стойкие (нержавеющие) стали, природа их коррозионной стойкости; их химический состав, классификация и маркировка. Межкристаллитная коррозия нержавеющих сталей, её природа и способы предупреждения.

25. Жаропрочность, её характеристики. Факторы, способствующие повышению жаропрочности. Классификация жаропрочных материалов; примеры сплавов различных классов, их химический состав, маркировка, применения.

26. Жаростойкость, её зависимость от химического состава материала. Принцип легирования жаростойких сплавов. Примеры жаростойких сталей и сплавов, их химический состав, маркировка, применения.

27. Магнитомягкие и магнитотвёрдые стали и сплавы; их назначение, химический состав, структура и свойства, цели и режимы термической обработки.

28. Сплавы с высоким электрическим сопротивлением; их назначение, химический состав и классификация. Структурная особенность этих сплавов. Примеры сплавов каждого класса.

29. Сплавы с особенностями теплового расширения и упругих свойств, их назначение, химический состав, свойства.

30. Классификация инструментальных сталей по назначению. Нетеплостойкие стали для режущего инструмента; их химический состав, маркировка, термическая обработка, структура и механические свойства.

31. Быстрорежущие стали; химический состав, маркировка, природа их красностойкости. Изменение структуры и свойств на различных этапах термической обработки.

32. Твёрдые сплавы, их характерные свойства и назначение. Технология получения, структура и маркировка твёрдых сплавов.

33. Штампованные стали для холодного и горячего деформирования металла; химический состав, маркировка, термическая обработка, структура и механические свойства сталей различных групп.

34. Классификация сплавов на основе меди. Влияние содержания цинка на структуру, механические и технологические свойства латуней. Классификация и маркировка латуней.

35. Классификация бронз. Влияние содержания олова на структуру, механические и технологические свойства оловянных бронз. Маркировка, свойства и применения оловянных и безоловянных бронз.

36. Сплавы для подшипников скольжения, их свойства и структурные особенности. Химический состав, структура и свойства распространенных марок подшипниковых (антифрикционных) сплавов.

37. Классификация алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы, упрочняемые и неупрочняемые термической обработкой. (маркировка, химический состав, свойства, применения). Основы упрочняющей термической обработки алюминиевых сплавов.

38. Литейные алюминиевые сплавы, их химический состав, маркировка, свойства и применения. Модифицирование и термическая обработка сплавов данной группы.

39. Сплавы на основе титана, их свойства и области применения. Классификация титановых сплавов по структуре; химический состав и характерные свойства сплавов каждой группы.

40. Сплавы на основе магния; классификация и маркировка. Химический состав, технологические и механические свойства сплавов различных классов.

41. Композиционные материалы с металлической матрицей; их классификация, особенности строения и свойств; области применения.

42. Классификация неметаллических материалов. Полимеры; основные понятия, особенности высокомолекулярного строения полимеров.

43. Форма макромолекул. Линейные и сетчатые (замкнутые пространственные) полимеры; связь между их строением и свойствами.

44. Физические состояния полимеров (стеклообразное, высокоэластичное, вязкотекучее). Связь между строением (формой макромолекул) и физи-

ческим состоянием полимера. Термопластичные и термореактивные полимеры.

45. Механические свойства полимеров. Типичные диаграммы растяжения термопластичных и термореактивных полимеров в стеклообразном состоянии. Природа высокой эластичности. Вынужденная эластичность.

46. Влияние температуры и скорости нагружения на прочность полимеров. Долговечность полимеров, факторы, от которых она зависит. Старение полимеров, пути его сдерживания.

47. Пластмассы; их состав, роль различных компонентов.

48. Классификация пластмасс по типу наполнителя и природы полимерной основы. Термопластичные и термореактивные пластмассы; пресс-порошки, волокниты, слоистые пластики. Характерные свойства соответствующих типов пластмасс.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине по решению кафедры оформлен отдельным приложением к рабочей программе.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Алексеев, В.С. Материаловедение [Электронный учебник]: Учебное пособие / Алексеев В.С., 2012, Научная книга - Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/6299>

2. Буслаева, Е.М. Материаловедение [Электронный учебник]: Учебное пособие / Буслаева Е.М., 2012, АйПиЭр Медиа - Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/735>

б) дополнительная литература:

1. Зарембо, Е.Г. Материаловедение [Электронный учебник]: Учебное иллюстрированное пособие / Зарембо Е.Г., 2013, Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. - 49 с. - Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/16216>

2. Вихров, С.П. Материаловедение [Электронный учебник]: Учебное пособие / Вихров С.П., 2006, Вузовское образование. - 147 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20678>

3. Материаловедение: учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б.И. Арзамасова, 2002, Изд-во МГТУ. - 646 с.

4. Ржевская, С.В. Материаловедение [Электронный учебник] : Учебник

/ Ржевская С.В., 2003, Издательство Московского государственного горного университета - Режим доступа: <http://iprbookshop.ru/6715> .

5. Солнцев, Ю.П. Материаловедение: учеб. для студентов вузов / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин; ред. Ю.П. Солнцев, 2004, Химиздат. - 735 с.

Программное обеспечение

1. ППП MS Office-2010
2. Тестовый редактор Блокнот
3. Браузеры IE, Google, Chrome, Opera и др.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронная информационно-образовательная среда АНО ВО "СЗТУ" (ЭИОС СЗТУ) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://edu.nwotu.ru/>.
2. Электронная библиотека АНО ВО "СЗТУ" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.nwotu.ru:8087/jirbis2/>.
3. Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>.
4. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>.
5. Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>.
6. Справочная правовая система «Консультант Плюс».
7. Справочная правовая система «Гарант».

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Материаловедение» имеет свои особенности, которые обусловлены её местом в подготовке бакалавра. Выполняя важную образовательную функцию, связанную с формированием культуры мышления у студентов, «Материаловедение» выступает в качестве основы приобретения способностей к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения. На основе изучения данной дисциплины у обучаемых формируются нравственно-патриотическое сознание, вырабатывается гражданская позиция.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельную работу студента, консультации.

На завершающем этапе изучения дисциплины необходимо, воспользовавшись предложенными вопросами для подготовки к зачету, размещенными в электронной информационной образовательной среде (ЭИОС), проверить качество усвоения учебного материала.

В случае затруднения в ответах на поставленные вопросы рекомендуется повторить учебный материал.

После изучения тем дисциплины следует приступить к выполнению контрольной работы.

В завершении изучения учебной дисциплины студент обязан пройти промежуточную аттестацию. Вид промежуточной аттестации определяется рабочим учебным планом. Форма проведения промежуточной аттестации – компьютерное тестирование с использованием автоматизированной системы тестирования знаний студентов в ЭИОС.

К промежуточной аттестации допускаются студенты, выполнившие требования рабочего учебного плана, выполнившие контрольную работу и набравшие достаточное количество баллов за учебную работу в соответствии с балльно-рейтинговой системой.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

10.1. Internet – технологии

(WWW(англ. World Wide Web – Всемирная Паутина) – технология работы в сети с гипертекстами;

FTP (англ. File Transfer Protocol – протокол передачи файлов) – технология передачи по сети файлов произвольного формата;

IRC (англ. Internet Relay Chat – поочередный разговор в сети, чат) – технология ведения переговоров в реальном масштабе времени, дающая возможность разговаривать с другими людьми по сети в режиме прямого диалога;

ICQ (англ. I seek you – я ищу тебя, можно записать тремя указанными буквами) – технология ведения переговоров один на один в синхронном режиме.

10.2. Дистанционное обучение с использованием ЭИОС на платформе Moodle

– Технология мультимедиа в режиме диалога.

- Технология неконтактного информационного взаимодействия (виртуальные кабинеты, лаборатории).
- Гипертекстовая технология (электронные учебники, справочники, словари, энциклопедии).

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

1. Виртуальные аналоги специализированных кабинетов и лабораторий.
2. Библиотека.
3. Справочно-правовая система Консультант Плюс.
4. Электронная информационно-образовательная среда университета.
5. Локальная сеть с выходом в Интернет.

12. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

Часть 1

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видеолекций	0 - 5
Контрольный тест к модулю 1	0 - 8
Практическая работа 1	0 - 6
Практическая работа 2	0 - 6
Практическая работа 3	0 - 6
Лабораторная работа 1	0 - 9
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1	0 - 30
ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ	0 - 30
ВСЕГО	0 - 100
БОНУСЫ (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
- за активность	0 - 10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0 - 50
- за оформление заявок на полезные методы (рацпредложения)	0 - 50

Бальная шкала оценки имеет вид (в баллах):

Оценка	Количество баллов
«зачтено»	51 – 100
«незачтено»	менее 51

Оценка по контрольной работе

отлично	27 – 30
хорошо	23 – 26
удовлетворительно	18 – 22

неудовлетворительно	менее 18
---------------------	----------

Часть 2

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 - 5
Контрольный тест к модулю 2	0 - 3
Контрольный тест к модулю 3	0 - 3
Практическая работа 4	0 - 5
Практическая работа 5	0 - 5
Практическая работа 6	0 - 5
Лабораторная работа 2	0 - 5
Лабораторная работа 3	0 - 9
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2	0 - 30
ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ	0 - 30
ВСЕГО	0 - 100
БОНУСЫ (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
- за активность	0 - 10
- за участие в олимпиаде	0 - 50
- за участие в НИРС	0-50
- за оформление заявок на полезные методы (рац. предложения)	0-50

Оценка по контрольной работе

отлично	27 – 30
хорошо	23 – 26
удовлетворительно	18 – 22
неудовлетворительно	менее 18

Бальная шкала оценки имеет вид (в баллах):

«отлично»	86 – 100
«хорошо»	69 – 85
«удовлетворительно»	51 – 68
«неудовлетворительно»	менее 51

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

1. Перечень формируемых компетенций *Профессиональные (ПК)*

<i>Код компетенции</i>	<i>Наименование и (или) описание компетенции</i>
ПК-1	Способность к анализу и синтезу
ПК-4	готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы.
ПК-5	способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов.
ПК-10	Способность осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке
ПК-12	Способность осуществлять выбор материалов для изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований и охраны окружающей среды
ПК-13	готовностью оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов

2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые модули (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Модуль 1. Введение. Строение и свойства металлических сплавов	ПК-1, 4,5,10,12,	Контрольный тест 1 Практическое занятие 1 Практическое занятие 2
	Модули 1	ПК-1, 4,5,10,12	Итоговый контрольный тест. Контрольная работа 1
2	Модуль 2. Термической обработки стали	ПК-1, 4,5,10,12,13	Контрольный тест 2 Практическое занятие 3
3	Модуль 3. Машиностроительные материалы	ПК-1, 4,5,10,12,13	Контрольный тест 3
5	Модули 1 - 3	ПК-1, 4,5,10,12,13	Итоговый контрольный тест. Контрольная работа 2

3. Показатели и критерии оценивания компетенций по этапам формирования, описание шкал оценивания

Этапы освоения компетенции	Показатели достижения заданного уровня освоения компетенций	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Первый этап	Знать: ПК-1, 4,5,10,12,13 закономерности и практические способы воздействия на механические свойства металлических сплавов путем изменения их химического состава и структуры; классификацию, маркировку, механические свойства, режимы упрочняющей термической обработки и области применения сталей - основных материалов промышленности; характерные особенности строения и свойств полимерных материалов.	Не знает	Знает основную классификацию, маркировку, механические свойства сталей, но ошибается в области применения сталей.	Знает классификацию, маркировку, механические свойства, режимы упрочняющей термической обработки и области применения сталей и сплавов, но допускает ошибки в практических способах воздействия на механические свойства металлических сплавов путем изменения их структуры.	Знает основы закономерности и практические способы воздействия на механические свойства металлических сплавов путем изменения их химического состава и структуры, но допускает ошибки при определении свойств полимерных материалов.	Знает закономерности и практические способы воздействия на механические свойства металлических сплавов путем изменения их химического состава и структуры; режимы упрочняющей термической обработки и области применения сталей; характерные особенности строения и свойств полимерных материалов.
Второй этап	Уметь: ПК-1, 4,5,10,12,13 пользоваться оптическим микроскопом для изучения структуры материалов; производить закалку и отпуск сталей различных марок; измерять твердость для контроля результатов термической обработки; работать с учебной, а при необходимости – научной и справочной литературой по материаловедению; выбирать материалы, способы и режимы упрочняющей обработки для изделий различного назначения	Не умеет	Ошибается в выборе материалов, способах и режимах упрочняющей обработки для изделий различного назначения.	Владеет основами изучения структуры и свойств материалов; производить закалку и отпуск сталей различных марок; но допускает ошибки при работе с научной и справочной литературой по материаловедению.	Правильно ориентируется в выборе материалы для применения при эксплуатации и ремонте транспортных машин, но не учитывает влияния внешних факторов и требований безопасной и эффективной эксплуатации и стоимости	Способен правильно использовать конструкционные материалы, применяемые при техническом обслуживании, текущем ремонте транспортных средств и технологических машин и оборудования
Третий этап	Владеть: ПК-1, 4,5,10,12,13 общими навыками по анализу требований к материалу и способности выбора материала изделий машиностроения работающих в различных условиях эксплуатации	Не владеет	Частично способен к обобщению и анализу требований к материалу, но допускает ошибки при постановке цели и выборе материала.	Владеет общими навыками по анализу требований к материалу и способен к выбору материала изделий машиностроения, но допускает ошибки при учёте условий эксплуатации.	Владеет обобщением, и анализом информации по требованиям к материалу и способен к выбору материала изделий машиностроения работающих в различных условиях эксплуатации, но допускает ошибки при выборе путей достижения.	Владеет общими навыками по анализу требований к материалу и способностями выбора материала изделий; культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения.

4. Шкалы оценивания (балльно-рейтинговая система)

Часть 1

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видеолекций	0 - 5
Контрольный тест к модулю 1	0 – 8
Практическая работа 1	0 – 6
Практическая работа 2	0 – 6
Практическая работа 3	0 – 6
Лабораторная работа 1	0 – 9
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1	0 - 30
ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ	0 - 30
ВСЕГО	0 - 100

Бальная шкала оценки имеет вид (в баллах):

Оценка	Количество баллов
«зачтено»	51 – 100
«незачтено»	менее 51

Часть 2

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Участие в online занятиях, прослушивание видео лекций	0 - 5
Контрольный тест к модулю 2	0 - 3
Контрольный тест к модулю 3	0 - 3
Практическая работа 4	0 - 5
Практическая работа 5	0 - 5
Практическая работа 6	0 - 5
Лабораторная работа 2	0 - 5
Лабораторная работа 3	0 - 9
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2	0 - 30
ИТОГОВЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ТЕСТ	0 - 30
ВСЕГО	0 - 100

Бальная шкала оценки имеет вид (в баллах):

«отлично»	86 – 100
«хорошо»	69 – 85
«удовлетворительно»	51 – 68
«неудовлетворительно»	менее 51

5. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций при изучении учебной дисциплины в процессе освоения образовательной программы

5.1. Типовой вариант задания на контрольную работу

Первая контрольная работа посвящена анализу диаграмм состояния двойных сплавов. Анализ диаграмм состояния дает информацию о структуре сплавов различного химического состава, позволяет прогнозировать свойства сплавов, определять оптимальные технологии и режимы их обработки. Контрольная работа 1 имеет 10 вариантов, номера которых соответствуют последней цифре цифра студента. Для выполнения этой работы необходимо вычертить соответствующую диаграмму состояния и провести ее анализ в указанной ниже последовательности:

Контрольная работа 1.

1. Описать характер взаимодействия компонентов данной системы в жидком и твердом состояниях. Установить, какие фазы образуются при сплавлении компонентов, дать их характеристику.

2. Указать фазы во всех областях диаграммы (на рисунке 1).

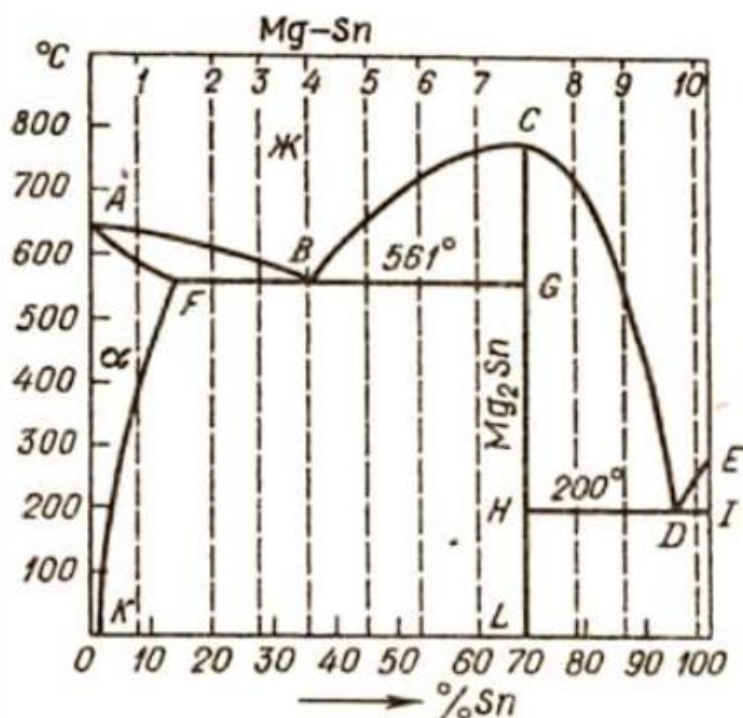


Рисунок 1. Диаграмма состояния двойных сплавов

3. Написать, какому превращению при охлаждении и нагреве соответствует каждая линия диаграммы.

4. Описать превращения, происходящие в одном из сплавов (выбирается по предпоследней цифре шифра) при медленном охлаждении из жидкого состояния до температуры, соответствующей оси абсцисс диаграммы. Указать окончательную структуру этого сплава.

5. Проанализировать (мысленно) формирование структур сплавов других составов и указать все возможные типы окончательных структур, образующихся в данной системе. Отметить интервалы составов, в которых существует каждая из этих типовых структур.

6. Определить:

а) химические составы

б) относительные количества фаз в сплаве заданного состава (выбранном по предпоследней цифре шифра) при температуре, указанной в таблице с заданием.

7. Установить примерный характер изменения механических свойств сплавов данной системы в зависимости от их химического состава. Дать заключение об особенностях технологических свойств сплавов различного состава (При выполнении этого задания руководствоваться законами Н.С. Курнакова).

Контрольная работа 2.

Состоит из пяти задач:

Задача 1. Определить по диаграмме железо-цементит, какие превращения совершаются в стали марки 40 при медленном охлаждении от расплавленного состояния до комнатной температуры и окончательную структуру этой стали. Какую структуру будут иметь изделия из этой стали после закалки с температур 740 и 840 °С? Какой из указанных вариантов закалки следует выбрать для обеспечения более высоких эксплуатационных характеристик изделий из этой стали и почему?

Задача 2. Коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания работают в условиях динамических нагрузок. Выбрать марку стали для изготовления коленчатых валов автомобильных двигателей и режим термической обработки, обеспечивающий оптимальное сочетание механических свойств. Назначить режим местной термической обработки для повышения износостойкости шеек валов. Указать структуру и примерную твердость в различных частях готового изделия.

Задача 3. Выбрать экономичный материал для литых деталей автомобилей (блоков цилиндров, картеров, тормозных барабанов) и подъемно-транспортных машин (корпусов редукторов, блоков, барабанов), не испытывающих при работе больших нагрузок ($\sigma_b \approx 200...250$ МПа). Привести марку сплава, описать его структуру и свойства. Указать пути повышения механических свойств сплавов этой группы.

Задача 4. Выбрать сплав для деталей автомобильных радиаторов, изготавливаемых методами холодной пластической деформации. Обосновать выбор, учитывая технологические, механические и физические свойства. Отметить влияние технологии изготовления на механические свойства деталей.

Задача 5. Выбрать полимерный материал для изготовления бачков главных цилиндров тормоза и сцепления. Указать классификационную группу материала, привести его структурную формулу, химические и физико-механические свойства.

5.2. Типовой тест промежуточной аттестации

1. Какая из перечисленных характеристик не входит в определение понятия «фаза»?

- a. Тип решетки.
 - b. Свойства.
 - c. Размер зерна.
 - d. Граница раздела.
 - e. Химический состав.
2. Какой термин в следующем перечне является лишним?
- a. Химический элемент.
 - b. Фаза.
 - c. Химическое соединение.
 - d. Компонент.
 - e. Твердый раствор.
3. Какое из перечисленных утверждений неверно? По сравнению с твердыми растворами химические соединения в металлических сплавах ...
- a) более твердые.
 - b) имеют постоянный химический состав.
 - c) менее пластичны.
 - d) имеют определенную температуру плавления.
 - e) имеют бóльшую ударную вязкость.
4. Какой из перечисленных факторов является определяющим в формировании механических свойств сплавов?
- a. Форма кристаллов.
 - b. Размеры кристаллов.
 - c. Микроструктура.
 - d. Относительное количество кристаллов различных фаз.
 - e. Их взаимное расположение.
5. С какой из перечисленных структур чугуна должен обладать наибольшей прочностью?
- a. Шаровидный графит (Г) + феррит (Ф).
 - b. Шаровидный Г + перлит (П).
 - c. Пластинчатый Г + П.
 - d. Хлопьевидный Г + Ф + П.
 - e. Хлопьевидный Г + Ф.
6. Из каких фаз формируется равновесная структура углеродистых сталей и белых чугунов при нормальных температурах?
- a. Аустенит.
 - b. Феррит.
 - c. Цементит.
 - d. Ледебурит.
 - e. Перлит.
7. Как изменяются твердость и пластичность углеродистых сталей с увеличением содержания в них углерода?
- a. Твердость и пластичность растут.
 - b. Твердость и пластичность падают.
 - c. Твердость растет, пластичность падает.

- d. Твердость падает, пластичность, пластичность растет.
 - e. Твердость растет, пластичность не изменяется.
8. Какова основная структурная составляющая углеродистых сталей в равновесном состоянии при комнатной температуре?
- a. Феррит.
 - b. Цементит вторичный.
 - c. Перлит.
 - d. Аустенит.
 - e. Ледебурит.
9. По каким из перечисленных характеристик серые чугуны выгодно отличаются от углеродистых сталей?
- a. Антифрикционные свойства.
 - b. Стоимость.
 - c. Литейные свойства.
 - d. Прочность.
 - e. Пластичность.

5.3. Типовой вариант практической работы

Структура и свойства сплавов на основе алюминия

I. Цель работы

Изучение структуры и свойств различных групп алюминиевых сплавов и процессов их термической обработки.

II. Теоретическое обоснование

Алюминий из-за невысокой прочности ($\sigma_b \leq 140$ МПа даже в наклепанном состоянии) как конструкционный материал практически не используется. Сплавы на основе алюминия, сохраняя присущие ему достоинства (низкая плотность, 2700 кг/м^3 ($2,7 \text{ г/см}^3$), высокая коррозионная стойкость), обладают достаточно высокой прочностью (после термической обработки) и хорошими технологическими свойствами: способностью свариваться, подвергаться различным видам механической обработки; литейными и т.п. Это обусловило выдвигание алюминиевых сплавов на второе место после стали по объему производства.

Алюминиевые сплавы **классифицируются** по двум признакам: по технологическим свойствам, определяющим способ изготовления полуфабрикатов и деталей; по способности эффективно упрочняться в результате термической обработки.

По первому признаку алюминиевые сплавы подразделяются на **деформируемые** и **литейные**. Из деформируемых сплавов методами холодной и горячей пластической деформации получают полуфабрикаты в виде листов, профилей, прутков и т.п. Литейные сплавы предназначены для отливки деталей.

Деформируемые и литейные алюминиевые сплавы по их способности упрочняться в результате термической обработки классифицируются на упрочняемые и не упрочняемые термической обработкой.

Деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой, легируют медью, магнием, марганцем, цинком, литием. Эти элементы образуют с алюминием твердые растворы (α) с ограниченной растворимостью и промежуточные фазы, например, CuAl_2 , Mg_2Al_3 , MnAl_6 , Al_3Li .

Характерной особенностью α -твердого раствора на основе алюминия является значительное увеличение растворимости легирующих элементов с повышением температуры (например, в системе Al-Cu максимальная растворимость меди в алюминии возрастает почти в 30 раз при нагреве в интервале 20...548 °С - см. рис. 1).

Содержание легирующих элементов в сплавах данной группы приближается к составу, отвечающему предельной растворимости в α -растворе, но не превосходит его, т.е. структура этих сплавов в равновесном состоянии: α -твердый раствор с включениями соответствующих промежуточных вторичных фаз. Это, с одной стороны, обеспечивает сохранение деформируемости сплава, так как его основа - пластичный α -раствор, с другой - создает возможность эффективного упрочнения термической обработкой.

Основы теории термической обработки алюминиевых сплавов могут быть рассмотрены на примере **дуралюминов** - сплавов системы Al-Cu-Mg. Эти сплавы содержат около 4...5 % Cu, поэтому согласно диаграмме Al-Cu (рис. 1) их структура в равновесном состоянии: α -твердый раствор с включениями промежуточной фазы CuAl_2 , называемой θ -фазой.

Упрочняющая термическая обработка состоит из двух этапов: закалки и старения.

Для закалки сплав нагревается выше линии предельной растворимости, так что θ -фаза полностью растворяется.

Быстрое охлаждение до комнатной температуры фиксирует однофазную структуру пересыщенного медью α -раствора. Прочность при этом изменяется мало. Существенное увеличение прочности происходит в результате старения - процессов, протекающих при длительной выдержке неравновесного, закаленного сплава при комнатной или повышенной температуре. В зависимости от природы сплава и режима старения структура сплава в той или иной мере приближается к равновесному ($\alpha + \theta$) состоянию.

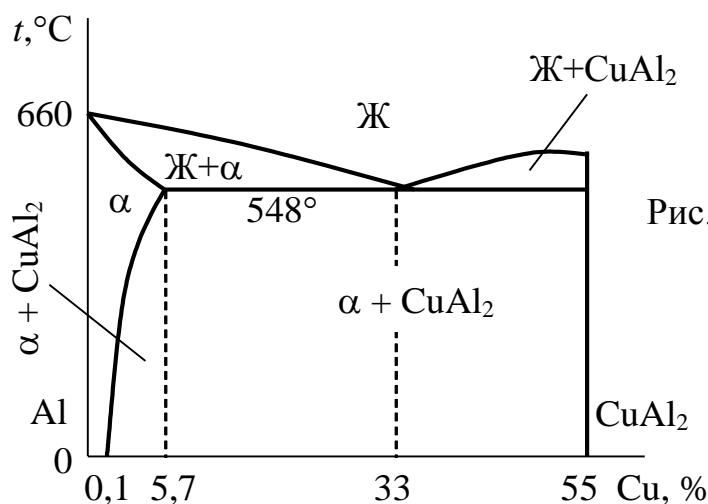


Рис. 1. Диаграмма состояния алюминий-медь

Длительная выдержка закаленного сплава при комнатной температуре (“естественное старение”) не приводит к образованию θ -фазы. В отдельных плоскостях решетки α -раствора начинают скапливаться атомы меди, однако их концентрация еще не достигает той, которая необходима для образования зародышей θ -фазы (55,4 % Cu). Из-за разницы атомных радиусов меди (0,128 нм) и алюминия (0,143 нм) решетка α -раствора в местах скопления меди сильно искажается. Эти области искажений называются **зонами Гинье-Престона** или зонами ГП. Являясь искажениями решетки, зоны ГП препятствуют скольжению дислокаций и эффективно упрочняют сплав (рис. 2).

В результате “искусственного старения” при 100...150 °С в местах скопления меди в α -растворе образуются метастабильные θ' - и θ'' -фазы, отличающиеся от

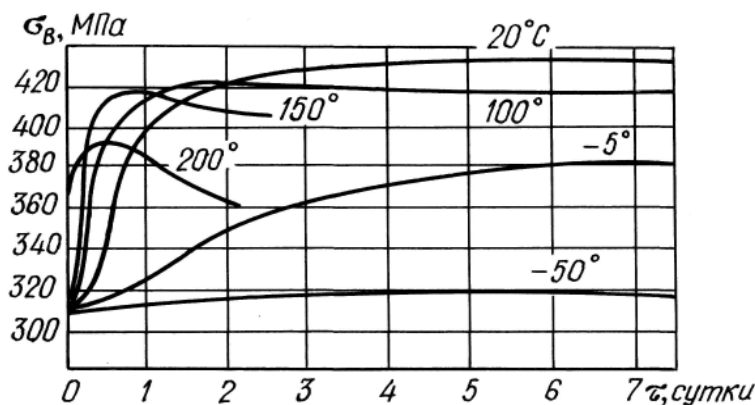


Рис. 2. Зависимость прочности дуралюмина от режима старения

равновесной θ -фазы типом решетки. Решетка метастабильной фазы еще не отделена от решетки α -раствора (когерентная связь), а так как параметры этих решеток различны, то в местах образования θ' - и θ'' -фаз решетка α -раствора искажается. Степень искажения, однако, меньше, чем в случае образования зон ГП, поэтому меньше и эффект упрочнения (рис. 2).

Еще меньше величина упрочнения при старении в интервале 200...250 °С. При этих температурах образуется равновесная θ -фаза, ее решетка полностью отделена от решетки α -раствора. В результате снимаются искажения решетки α -раствора и понижается степень упрочнения; на этом этапе оно обусловлено торможением дислокаций мелкодисперсными выделениями

θ -фазы. Из рис. 2 видно, что длительная выдержка при 200...250 °С, приводящая к коагуляции упрочняющих частиц θ -фазы, вызывает уменьшение прочности (“перестаривание”).

Промышленные деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой,- это главным образом дуралюмины - сплавы системы Al-Cu-Mg. Кроме того, в них вводится марганец для повышения коррозионной стойкости.

В табл. 1 приведены состав и свойства наиболее распространенных дуралюминов, а также относящихся к этой группе высокопрочных (В95, ВАД23), ковочных (АК8) и жаропрочных (АК4) сплавов. Отличительной чертой сплавов этой

группы является высокая удельная прочность (отношение прочности к плотности сплава), обусловившая их широкое применение в авиации, транспортном машиностроении и приборостроении.

Деформируемые сплавы, не упрочняемые термической обработкой, в равновесном состоянии имеют структуру α -твердого раствора, либо α -раствора, с включениями промежуточных фаз. При двухфазной структуре упрочнение термической обработкой, в принципе, возможно (если промежуточные фазы растворены в α -растворе), однако его эффект мал из-за небольшого количества упрочняющей фазы. Поэтому сплавы данной группы упрочняющей термообработке не подвергаются, их можно упрочнять пластической деформацией.

К этой группе относятся сплавы системы Al-Mn (маркируются АМц) и Al-Mg (АМг), они имеют невысокую прочность, легко обрабатываются, хорошо свариваются и обладают высокой коррозионной стойкостью. Состав и свойства сплавов этой группы приведены в табл. 2.

Таблица 1

Химический состав и механические свойства деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой (ГОСТ 4784-97)

Марка сплава	Химический состав, % (остальное Al)				d, г/см ³	Упрочняющая термообработка	σ_b , МПа	δ , %
	Cu	Mg	Mn	Другие элементы				
Д16	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3-0,9	Fe 0,5; Si 0,5	2,8	Закалка 500 °С, старение 20 °С, 96 часов	470	17
Д18	2,2-3,0	0,2-0,5	0,2	Fe 0,5; Si 0,5	2,76	То же	300	24
01420	—	5,0-6,0	0,3	Li 1,9-2,3 Zr 0,09-0,15	2,5	Закалка 500 °С, старение 170 °С, 10...12 ч	450	4-5
В95	1,4-2,0	1,8-2,8	0,2-0,6	Zn 5,0-7,0 Cr 0,1-0,25	2,85	Закалка 470 °С, старение 130 °С, 16...24 ч	500-580	7-5
ВАД23	4,8-5,8	—	0,4-0,8	Li 0,9-1,4 Cd 0,-0,25	2,72	Закалка 520 °С, старение 170 °С, 10...12 ч	550-580	4

AK8	3,9-4,8	0,4-0,8	0,4-1,0	Si 0,6-1,2	2,8	Закалка 500 °С, старение 160 °С, 6...15 ч	450-460	10
AK4-1	1,9-2,7	1,2-1,8	—	Fe 0,8-1,4 Ni 0,8-1,4;	2,8	Закалка 530 °С, старение 190 °С, 10 ча- сов	430	13

Таблица 2

Химический состав и механические свойства алюминиевых сплавов,
не упрочняемых термической обработкой (ГОСТ 4784-97)

Марка сплава	Химический состав, % (остальное Al)		σ_b , МПа	δ , %
	Mn	Mg		
AMц	1,0...1,6	—	130(220)	25(23)
AMг2	0,6...0,6	1,8...2,8	200	23
AMг6	0,5...0,8	5,8...6,8	300	18

Литейные алюминиевые сплавы различны по химическому составу и структуре. Наилучшими по литейным свойствам (жидкотекучесть, плотность отливок) являются сплавы, состав которых приближается к эвтектическому. К таким сплавам относятся силумины (система Al-Si), диаграмма состояния которых показана на рис. 3. Промышленные сплавы содержат 10...13 % Si. Эвтектика (α +Si) имеет грубое игольчатое строение (за счет кристаллов Si); помимо эвтектики в структуре обычно имеются избыточные первичные кристаллы Si. Сплавы с такой структурой характеризуются низкой пластичностью. В связи с этим **силумины подвергают модифицированию** (обычно введением в расплав солей натрия), в результате чего температура эвтектического превращения понижается (штриховая линия на рис. 9.3) и сплав становится доэвтектическим.

Вместо твердых и хрупких избыточных кристаллов кремния в его структуре появляются пластичные включения α -раствора (почти чистый Al), а эвтектика становится более дисперсной. Вследствие этого повышается прочность, пластичность возрастает почти в 3 раза.

Литейные алюминиевые сплавы могут упрочняться термической обработкой (закалка и искусственное старение, обычно 8...10 часов при 180 °С), однако эффект упрочнения гораздо ниже, чем в дуралюминах.

Кроме силуминов применяются сплавы систем Al-Cu, Al-Mg; они имеют более высокие прочностные свойства, чем силумины, но их литейные свойства ниже (это видно из соответствующих диаграмм состояния).

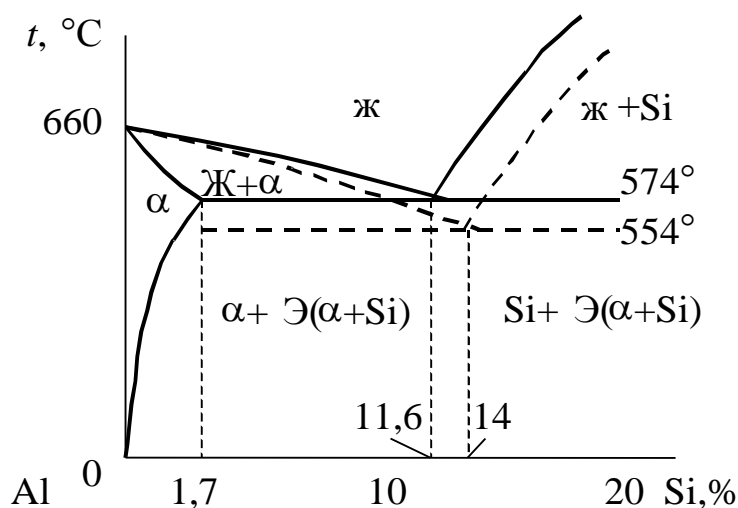


Рис. 3. Диаграмма состояния алюминий – кремний (штриховые линии - после модифицирования)

Литейные алюминиевые сплавы имеют малую плотность и применяются для изготовления фасонных отливок. Состав и свойства некоторых сплавов этой группы приведены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав и механические свойства литейных алюминиевых сплавов (ГОСТ 1583-93)

Марка сплава	Химический состав, % (остальное Al)				Вид термо-обработки	σ_b , МПа	δ , %
	Mg	Si	Mn	Cu			
АК12 (АЛ2)	—	10...13	—	—	Т2	130	2
	м о д и ф и ц и р о в а н н ы й					180	6
АК9 (АЛ4)	0,17...0,3	8...10,5	0,25...0,5	—	Т6	260	4
АМ4,5 (АЛ7)	—	—	—	4...5	Т5	260	3
АМГ10 (АЛ8)	9,5...11,5	—	—	—	Т5	350	10

III. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципами классификации алюминиевых сплавов.
2. Изучить микрошлифы сплава Д16 в различных состояниях, изучить их структуры, зарисовать, обозначить структурные составляющие.
3. Изучить микрошлиф немодифицированного сплавов АЛ2. Изучить структуру, зарисовать.
4. По последней цифре шифра выбрать задачи, найти решения с помощью материалов практической работы и ответы к ним занести в табл. 4.

IV. Содержание отчета

1. Классификация алюминиевых сплавов.
2. Диаграмма состояния Al-Cu. Процессы, происходящие на отдельных этапах термической обработки дуралюмина. Кривые старения дуралюмина (рис. 2).
3. Данные измерения твердости дуралюмина в зависимости от режима термической обработки в виде таблицы. Структура дуралюмина в исходном и закаленном состояниях.

4. Химический состав, свойства и области применения нескольких деформируемых сплавов, упрочняемых и не упрочняемых термической обработкой

5. Диаграмма состояния Al-Si, краткое описание процесса модифицирования силуминов; структуры силумина до и после модифицирования.

6. Химический состав, свойства и области применения некоторых литейных алюминиевых сплавов.

7. Условия двух задач и варианты их решения.

Задачи

Вариант 1

Задача 1. Выбрать сплав высокой удельной прочности (отношение предела прочности [МПа] к плотности [г/см^3] около 300) для изготовления нагруженных деталей самолетов. Указать марку сплава и химический состав, механические свойства сплава. Назначить режим термической обработки для

достижения указанного значения удельной прочности. Привести окончательную структуру сплава.

Задача 2. Выбрать сплав, из которого можно изготовить легкие ($2,7 \text{ г/см}^3$) фасонные отливки с прочностью 220 МПа. Привести марку и химический состав сплава. Назначить способ улучшения структуры такого сплава; указать, какие изменения в структуре и свойствах происходят в результате его применения.

Вариант 2

Задача 1. Выбрать прочный (420 МПа) и легкий ($2,7 \text{ г/см}^3$) сплав для обшивки самолетов. Указать марку химический состав, роль легирующих элементов. Описать механические и технологические свойства сплава. Назначить режим упрочняющей термической обработки, объяснить причину повышения прочности. Привести окончательную структуру сплава.

Задача 2. Выбрать экономичный материал для литых деталей автомобилей (блоков цилиндров, картеров, тормозных барабанов) и одъемнотранспортных машин (корпусов редукторов, блоков, барабанов), не испытывающих при работе больших нагрузок (200...250 МПа). Привести марку сплава, описать его структуру и свойства. Указать пути повышения механических свойств сплавов этой группы.

5.4. Типовой вариант лабораторной работы

Виртуальная лабораторная работа «Структура и свойства серых чугунов»

1. Цель работы

Изучение структуры и свойств различных типов серых чугунов.

II. Теоретическое обоснование

Чугуны - железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2,14 %С. В предыдущей работе изучалась структура белых чугунов. Их название и механические свойства обусловлены наличием большого количества цемен-

тита в структуре. По правилу отрезков в эвтектическом белом чугуна (структура - ледебурит) содержится $\frac{4,3 - 0,01}{6,67 - 0,01} 100\% \approx 64\%$ цементита. Цементит

придает светлый оттенок излому (отсюда название) этих чугунов, делает их очень твердыми и хрупкими, не способными противостоять растягивающим, изгибающим и особенно ударным нагрузкам. Поэтому их применение очень ограничено.

Широкое распространение в машиностроении имеют чугуны, в которых углерод находится преимущественно не в химически связанном состоянии (в виде цементита), а в свободном - в виде включений графита различной формы. Такие чугуны в отличие от белых называются серыми (по темному оттенку излома).

Механические свойства серых чугунов зависят от структуры металлической основы (матрицы), формы, размеров и количества графитных включений.

Структура металлической **основы серых чугунов** может быть трех типов: феррит, феррит+перлит, перлит. Понятно, что при прочих равных условиях чугун с перлитной основой более прочен и менее пластичен по сравнению с чугуном на ферритной основе.

Структурные особенности графитных включений (прежде всего их форма) зависят от способа получения чугунов и в значительной степени определяют их механические свойства. В связи с этим различают собственно **серые (СЧ), высокопрочные (ВЧ) и ковкие (КЧ)** чугуны.

Для **получения серых чугунов** должны быть созданы условия, при которых в процессе кристаллизации образовывались бы кристаллы графита, а не цементита (т.е. не получался бы белый чугун). Образованию графита (графитизации) способствуют два фактора: замедленное охлаждение и повышенное содержание графитообразующих элементов (С+Si) - рис. 5.1.

Видно, что при низких скоростях охлаждения и определенном содержании (С+Si) процесс графитизации завершается полностью - весь углерод в чугунах находится в кристаллах графита (за исключением $\approx 0,01\%$ С, содержащегося в феррите).

Графит в серых чугунах имеет форму крупных заостренных пластин. Концы таких пластин являются концентраторами напряжений, очагами зарождения трещин в металлической матрице при нагружении. Особенно опасно, когда пластины графита настолько длинны, что образуют сплошную сетку. В связи с этим серые чугуны имеют низкий предел прочности и практически нулевую пластичность. Некоторое улучшение механических свойств может быть достигнуто путем **модифицирования** - введения в расплав порошкообразных примесей (модификаторов) ферросилиция или силикокальция. В результате пластинки графита измельчаются - повышается прочность, однако пластичность остается низкой ($\delta \approx 0,2...0,5\%$). Поэтому серые чугуны применяются для литых изделий, работающих в основном на сжатие, либо

при относительно небольших нагрузках (станины станков, блоки цилиндров, картеры двигателей, тормозные барабаны и т.п.).

Значительного улучшения механических свойств можно добиться, применяя модифицирование магнием или церием. В этом случае включения графита принимают шаровидную форму. Округлые включения в гораздо меньшей степени создают опасную концентрацию напряжений, поэтому су-

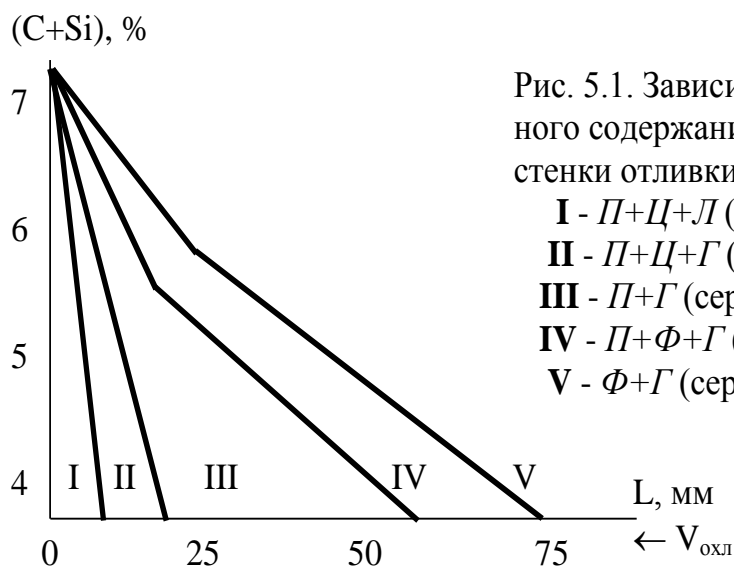


Рис. 5.1. Зависимость структуры чугунов от суммарного содержания углерода и кремния и толщины стенки отливки L (скорости охлаждения $V_{охл}$):

- I - $P+Ц+L$ (белый чугун);
- II - $P+Ц+Г$ (половинчатый чугун);
- III - $P+Г$ (серый перлитный чугун);
- IV - $P+Ф+Г$ (серый феррито-перлитный чугун);
- V - $Ф+Г$ (серый ферритный чугун)

щественно повышается прочность и пластичность чугуна. Чугуны с изолированными шаровидными включениями графита называют высокопрочными. **Высокопрочные чугуны** используют для ответственных отливок в авто- и тракторостроении (коленчатые валы, поршни), тяжелом машиностроении (валки прокатных станков, детали кузнечно-прессового оборудования), химической промышленности (корпуса насосов, вентили).

Получение изделий из ковкого чугуна принципиально отличается от технологии производства отливок из серых и высокопрочных чугунов. Сначала изготавливают отливку из белого чугуна, при этом используются его высокие литейные свойства, позволяющие получать плотные отливки сложной формы. Затем эти отливки подвергают длительному “графитизирующему” отжигу по схеме, приведенной на рис. 5.2.

В основе этого метода лежит неустойчивость (метастабильность) цементита.

Длительная выдержка белого чугуна при $t=950...1000$ °С вызывает распад цементита на смесь аустенита и графита хлопьевидной формы. Ускоренное охлаждение от этих температур (режим 1 на рис. 5.2) приводит к превращению аустенита в перлит (ниже линии эвтектоидного превращения PSK), т.е. к получению ковкого чугуна на перлитной основе. Если же охлаждение прервать и длительное время выдержать отливку при $t \approx 720$ °С (несколько ниже PSK), то распадается также цементит, входящий в перлит, на смесь феррита и графита. Так получают ковкий чугун на феррито-перлитной (2, рис. 5.2.) или ферритной (3, рис. 5.2.) основе.

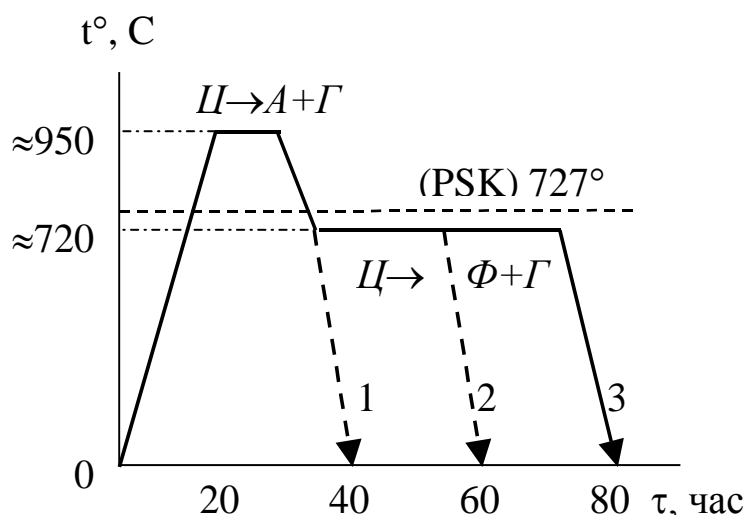


Рис. 5.2. Схема отжига белого чугуна на ковкий: 1, 2 и 3 - режимы для получения ковкого чугуна на перлитной, феррито-перлитной и ферритной основе соответственно.

Таблица 5.1.

Классификация, маркировка, механические свойства чугунов

Марка чугуна	$\sigma_{\text{в}}$, МПа (кгс/мм ²)	δ , %	Структура металлической основы	Форма графитных включений
С е р ы е ч у г у н ы (ГОСТ 1412-85)				
СЧ 10	100(10)	≈ 0	Ф	
СЧ 18	180(18)	≈ 0	Ф+П	
СЧ 30	300(30) 450(45)	≈ 0	П	
СЧ 45				
В ы с о к о п р о ч н ы е ч у г у н ы (ГОСТ 7293-85)				
ВЧ 38	380(38)	17	Ф	
ВЧ 45	450(45)	5	Ф+П	
ВЧ 120	1200(120)	2	П	
К о в к и е ч у г у н ы (ГОСТ 1215-79)				
КЧ 30-6	300(30)	6	Ф	
КЧ 45-6	450(45)	6	Ф+П	
КЧ 80-1,5	800(80)	1,5	П	

Свойства ковких чугунов близки к свойствам высокопрочных чугунов. Из них изготавливают ответственные литые детали, работающие при динамических нагрузках (втулки, муфты, тормозные колодки, ступицы и т.п.).

Принцип маркировки чугунов понятен из таблицы 5.1.

Приведенные выше данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Уровень механических свойств всех типов серых чугунов определяется двумя основными структурными факторами - формой (а также размерами и количеством) графитных включений и структурой металлической основы.

2. По сути, серые чугуны представляют собой углеродистые доэвтектоидные ($\Phi+П$), эвтектоидные ($П$) стали или техническое железо (Φ) с включениями графита. Графит уменьшает прочность и пластичность металлической основы. Поэтому серые чугуны имеют более низкий комплекс механических свойств по сравнению с углеродистыми сталями. Однако от сталей они отличаются более высокими литейными свойствами, низкой стоимостью, нечувствительностью к надрезам и другим дефектам поверхности, антифрикционными и некоторыми другими полезными свойствами.

III. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с классификацией, маркировкой и способами получения различных типов серых чугунов. Обратит внимание на принципиальное отличие структур серых и белых чугунов.

2. С помощью микроскопа изучить структуры различных типов чугунов. Отметить особенности структур, изучаемых на нетравленных микрошлифах.

IV. Содержание отчета

1. Принципиальное отличие структуры и свойств серых чугунов от белых.

2. Классификация, маркировка и механические свойства различных типов серых чугунов (данные из табл. 5.1).

3. Краткое описание способов получения серых, высокопрочных и ковких чугунов.

4. Микроструктуры серых, ковких и высокопрочных чугунов с указанием структурных составляющих.

6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

6.1 Итоговый контрольный тест доступен студенту только во время тестирования, согласно расписания занятий или в установленное деканатом время.

6.2. Студент информируется о результатах текущей успеваемости.

6.3 Студент получает информацию о текущей успеваемости, начислении бонусных баллов и допуске к процедуре итогового тестирования от преподавателя или в ЭИОС.

6.4. Производится идентификация личности студента.

6.5. Студентам, допущенным к промежуточной аттестации, открывается итоговый контрольный тест.

6.6. Тест закрывается студентом лично по завершении тестирования или автоматически по истечении времени тестирования.