

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»  
Институт новых материалов и технологий



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
А. В. Германенко  
\_\_\_\_\_ 2022 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	Код ПА 2.6.1.
Группа специальностей Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Код 2.6.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» от 31.03.2022 №315/03

Екатеринбург  
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Попов Артемий Александрович	Д.т.н., профессор	Заведующий кафедрой	Кафедра термообработки и физики металлов	
2	Лобанов Михаил Львович	Д.т.н., профессор	Профессор	Кафедра термообработки и физики металлов	

**Рекомендовано учебно-методическим советом института новых материалов и технологий**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 20220526-01 от 26.05.2022 г.



О.Ю. Корниенко

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ»

## 1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» (МиТОМиС) относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель дисциплины: углубление и расширение базовых знаний структуры металлических материалов и аспектов их практического использования.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующих задач:

- формирование профессиональных компетенций аспиранта;
- освоение теоретических основ и практических применений современных методов воздействия на материалы с целью получения необходимой структуры и заданного уровня их физико-механических свойств;
- приобретение практических умений при использовании современных методов исследований для анализа сложных многоуровневых, многокомпонентных систем.

Изучение дисциплины является основой для сдачи государственного экзамена.

## 1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

## 1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### Знать:

- основные типы, классы современных и перспективных металлических материалов и области их применения; современные проблемы теоретического и прикладного металловедения и термической обработки; базовую, специальную лексику и основную терминологию по направлению подготовки.

### Уметь:

- определять комплекс структурных и физических характеристик металлических материалов (механических, теплофизических, оптических, электрофизических и других), соответствующих целям их практического использования;
- комплексно оценивать и прогнозировать тенденции и последствия развития металловедения и термической обработки; оценивать необходимость и перспективность того или иного металла или сплава или технологического процесса.

### Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методами проектирования перспективных металлических материалов с использованием многомасштабного математического моделирования и соответствующим программным обеспечением;
- методами и средствами нано- и микроструктурного анализа;
- методами и средствами контроля качества и технической диагностики технологических процессов производства.
- навыками работы с научной литературой с целью определения направления исследования и решения специализированных задач.

## 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины в 6 семестре (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	1	104
4.	Промежуточная аттестация	104	1	Экзамен

5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Теоретические основы металловедения	<p>Масштабные уровни структуры. Макроструктура. Микроструктура. Субмикроструктура.</p> <p>Строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Электронное строение металлов. Типы связей между атомами в твердых телах. Электронные соединения. Зонная теория твердых тел. Связь физических свойств с поведением электронов. Теплопроводность, электропроводность и теплоемкость металлов. Термоэлектронная эмиссия. Сверхпроводимость. Электронное строение полупроводников и диэлектриков. Магнитные свойства материалов. Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, ферримагнетизм, антиферромагнетизм.</p> <p>Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика. Анизотропия свойств кристаллов. Реальное строение металлических кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов. Межкристаллитные границы (малоугловые, высокоугловые, специальные). Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Упорядоченные твердые растворы. Многофазные материалы. Межфазные границы.</p>
P2	Структурные и фазовые и превращения в металлах и сплавах в твердом состоянии	<p>Агрегатные состояния веществ.</p> <p>Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Самопроизвольная и несамопроизвольная кристаллизация. Форма кристаллических образований. Условия реализации направленной кристаллизации. Строение слитка. Полиморфизм. Магнитные превращения. Аморфное состояние металлов. Аморфные сплавы.</p> <p>Диффузия в твердых телах. Основные уравнения теории диффузии. Механизмы миграции атомов.</p> <p>Упругая деформация. Основные моды пластической деформации. Структурные изменения при пластической деформации. Текстура материалов. Структурные изменения в металлах в условиях холодной пластической деформации.</p> <p>Возврат и полигонизация. Рекристаллизация. Миграция границ. Температура рекристаллизации. Строение металлов после возврата и рекристаллизации. Механизм и стадии процесса рекристаллизации.</p> <p>Условия термодинамического равновесия. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз.</p> <p>Основные типы диаграмм состояния двойных сплавов и методы их построения. Эвтектическое и перитектическое превращения. Виды ликвации. Фазовые и структурные превращения в твердом состоянии. Эвтектоидное превращение. Связь между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния.</p> <p>Классификация фазовых превращений. Сдвиговое (бездиффузионное) и нормальное (диффузионное) превращения. Промежуточное (бейнитное) превращение. Механизмы сдвиговых и нормальных превращений.</p>

		<p>Диаграммы квазиравновесных и неравновесных фазовых превращений (термокинетические, изотермические и др.). Упорядочение твердого раствора. Дальний и ближний порядок.</p>
P3	Термическая обработка металлов и сплавов	<p>Классификация видов термической обработки. Гомогенизационный отжиг. Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиг. Коагуляция выделений. Фазовые превращения при нагреве. Структурная наследственность. Закалка без полиморфного превращения. Закалка с полиморфным превращением. Критическая скорость охлаждения при закалке, прокаливаемость. Изотермическая закалка. Старение. Отпуск. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость. Высокотемпературная и низкотемпературная термомеханическая обработка. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита. Влияние деформации на мартенситное превращение. Превращения при отпуске и старении. Изменение структуры и свойств при отпуске. Отпускная хрупкость и способы ее предотвращения. Термическая обработка стали. Основные виды термической обработки стали. Выбор вида термической обработки в зависимости от назначения изделия и условий его эксплуатации. Влияние термической обработки на свойства конструкционных сталей и сварных соединений. Химико-термическая обработка. Общие закономерности. Цементация с последующей термической обработкой. Азотирование. Влияние легирующих компонентов на толщину, твердость и износостойкость азотированного слоя. Структура и свойства азотированной стали. Нитроцементация стали. Диффузионная металлизация: алитирование, хромирование и др. Борирование, сульфидирование, силицирование. Рафинирующая ХТО. Термоводородная обработка. Термомеханическая обработка. Основные виды: предварительная высокотемпературная, низкотемпературная. Структура и свойства материалов после термомеханической обработки. Оборудование для закалки, отжига, отпуска, химико-термической и других видов термической обработки сталей и сплавов. Агрегаты непрерывного отжига и закалки. Способы достижения высоких скоростей нагрева и охлаждения изделий при термической обработке. Дефекты термической обработки. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия концентрированных потоков энергии. Поверхностное легирование и термическая обработка при лазерном и электронно-лучевом нагреве. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия пластической деформации. Физическая сущность процесса. Роль остаточных напряжений. Области применения.</p>
P4	Методы исследования структуры и физических свойств материалов	<p>Металлографические и фрактографические методы исследования, оптическая и электронная, в том числе дифракционная микроскопия (просвечивающий и сканирующий электронные микроскопы). Рентгеновские методы исследования: структурный и спектральный методы анализа. Методы измерения физических свойств (термический анализ, калориметрия, дилатометрия, измерение плотности, резистометрия, магнитный анализ и др.). Магнитный и электрический методы анализа фазовых и структурных превращений. Метод термо ЭДС. Метод ядерного магнитного резонанса. Метод ядерного гамма-резонанса. Ультразвуковая дефектоскопия. Рентгеновская и гамма-дефектоскопия. Метод вихревых токов. Магнитная и тепловая дефектоскопия.</p>
P5	Механические	Плоское и объемное напряженные состояния. Плоская деформация.

<p>свойства материалов и методы их определения</p>	<p>Концентрация напряжений. Остаточные напряжения, определение, классификация.</p> <p>Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение.</p> <p>Процессы скольжения и двойникования. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Вектор Бюргерса. Скольжение и переползание дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с примесями. Особенности деформации моно- и поликристаллов. Влияние границ зерен на пластическую деформацию поликристаллов. Дисклинации. Сверхпластичность. Влияние пластической деформации на структуру и свойства металлических материалов. Механизмы упрочнения. Деформационное упрочнение. Упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения. Дисперсионное твердение.</p> <p>Виды разрушения материалов. Механизмы зарождения трещин. Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения. Трещиностойкость. Подходы механики разрушения к выбору конструкционных материалов, расчету размера допустимого дефекта и прогнозированию долговечности. Фрактография как метод количественной оценки механизма разрушения.</p> <p>Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении.</p> <p>Механические свойства, определяемые при статическом нагружении. Испытания на растяжение, сжатие, изгиб, кручение, трещиностойкость. Влияние легирования, структуры концентраторов напряжений и масштабного фактора на характеристики механических свойств.</p> <p>Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Влияние скорости деформирования на характеристики прочности и пластичности. Динамические испытания на изгиб образцов. Ударная вязкость. Методы определения ударной вязкости и ее составляющих.</p> <p>Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении. Усталость, диаграммы усталости, предел выносливости. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Природа усталостного разрушения. Влияние различных факторов на сопротивление усталости.</p> <p>Испытания на твердость вдавливанием и царапанием. Триботехнические испытания.</p> <p>Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении от комнатных температур до криогенных. Хладостойкость и критическая температура хрупкости, методы определения.</p> <p>Поведение материалов под нагрузкой при нагреве от комнатных температур до температуры рекристаллизации и выше. Синеломкость и тепловая хрупкость. Жаростойкость и жаропрочность. Ползучесть, диаграммы ползучести, предел ползучести. Теория рекристаллизационной ползучести. Длительная прочность, диаграммы длительной прочности, предел длительной прочности. Механизм хрупкого разрушения при ползучести. Релаксация напряжений, диаграммы релаксации, релаксационная стойкость. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности материалов.</p> <p>Адсорбционные процессы при деформации и разрушении металлов. Эффект Ребиндера. Влияние поверхностно-активных сред на прочность металлов и сплавов.</p> <p>Закономерности окисления металлов. Коррозия металлов и сплавов под напряжением. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия. Сопrotивляемость металлических материалов кавитационному и эрозионному разрушению. Влияние радиационного облучения на строение и свойства материалов.</p>
--	---

		Конструкционная прочность материалов. Критерии прочности, надежности, долговечности и износостойкости. Методы повышения конструкционной прочности.
P6	Сплавы на основе диаграммы Fe-C (стали и чугуны)	<p>Диаграммы состояния железо-цементит и железо-графит. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и сталей. Свойства феррита и аустенита. Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении. Процесс образования аустенита при нагреве.</p> <p>Конструкционные углеродистые и легированные стали. Требования, предъявляемые к конструкционным сталям. Металлургическое качество сталей Классификация углеродистых сталей по качеству, структуре и областям применения. Влияние углерода и примесей на свойства углеродистых сталей. Углеродистые качественные стали. Автоматные стали. Углеродистые инструментальные стали.</p> <p>Легированные стали. Влияние легирующих компонентов и примесей на дислокационную структуру и свойства сталей. Классификация и маркировка легированных сталей. Цементуемые (нитроцементуемые) легированные стали. Улучшаемые легированные стали. Пружинные стали общего назначения. Шарикоподшипниковые стали. Износостойкие стали.</p> <p>Высокопрочные мартенситно-стареющие стали. Принципы легирования. Мартенситное превращение. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки. Экономно легированные мартенситно-стареющие стали. Свойства мартенситно-стареющих сталей и области применения.</p> <p>Конструкционные и коррозионно-стойкие стали. Общие принципы легирования и структура коррозионно-стойких сталей. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцево-никелевые и хромоазотистые аустенитные стали. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали.</p> <p>Жаропрочные стали и сплавы. Принципы легирования жаропрочных сталей и сплавов. Упрочняющие фазы. Жаропрочные стали перлитного и мартенситного классов. Жаропрочные стали аустенитного класса с карбидным и интерметаллидным упрочнением. Жаропрочные и жаростойкие никелевые сплавы. Термическая обработка жаропрочных никелевых сплавов. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе. Области применения в машиностроении.</p> <p>Инструментальные стали. Классификация инструментальных сталей по теплостойкости, структуре и областям применения. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки. Штамповые стали для деформирования в горячем и холодном состоянии. Стали для форм литья под давлением и прессования.</p> <p>Чугуны. Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Фазовые превращения при термической обработке чугуна. Применение в машиностроении.</p>
P7	Цветные металлы и сплавы	<p>Алюминий и его сплавы. Классификация алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы. Литейные алюминиевые сплавы. Особенности термической обработки. Спеченные алюминиевые сплавы. Технологические и механические свойства. Области применения алюминия и его сплавов.</p> <p>Магний и его сплавы. Классификация магниевых сплавов. Деформируемые и литейные сплавы. Термическая обработка магниевых сплавов. Защита магниевых сплавов от коррозии.</p> <p>Медь и ее сплавы. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Классификация медных сплавов. Латунь, их свойства. Строение и свойства оловянных, алюминиевых, свинцовых, марганцовистых и бериллиевых бронз. Медно-никелевые сплавы. Области применения меди и ее сплавов.</p>

		<p>Титан и его сплавы. Классификация легирующих элементов и типы сплавов титана. Механические, технологические и коррозионные свойства титановых сплавов. Водородная хрупкость титановых сплавов. Конструкционные и жаропрочные сплавы титана. Особенности термической обработки.</p> <p>Цинк, свинец, олово и их сплавы. Припой на оловянистые и свинцовой основах. Антифрикционные сплавы.</p>
	Металлы и сплавы с особыми свойствами	<p>Магнитные металлы и сплавы. Классификация материалов по магнитным свойствам. Кривая намагничивания. Процессы, происходящие при намагничивании монокристалла. Низкочастотные и высокочастотные магнитомягкие материалы. Магнитотвердые деформируемые, литые и спеченные материалы.</p> <p>Металлы и сплавы с особыми тепловыми и упругими свойствами. Сплавы с заданными коэффициентом теплового расширения и модулем упругости.</p> <p>Проводниковые и полупроводниковые материалы. Электропроводность твердых тел. Материалы высокой проводимости: проводниковые, припой, сверхпроводники. Сплавы повышенного электросопротивления. Контактные материалы. Полупроводниковые материалы. Строение и свойства. Кристаллофизические методы получения сверхчистых материалов. Легирование полупроводников.</p> <p>Материалы атомной техники. Конструкционные материалы. Ядерное горючее. Теплоносители.</p> <p>Металлы и сплавы, обладающие эффектом памяти формы. Классификация, структура, физико-механические свойства. Применение в машиностроении.</p>

### 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

#### 3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

#### 3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

Не предусмотрено.

#### 3.3. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

#### 4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные в Институтах новых материалов и технологий и физико-технологическом критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает	Аспирант демонстрирует аналитические знания:	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания



	объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

### 4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

### 4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Типы кристаллических решеток. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения. Межкристаллитные границы (малоугловые, высокоугловые, специальные).
2. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Упорядоченные твердые растворы.
3. Многофазные материалы. Межфазные границы.
4. Естественные и искусственные композиционные материалы.
5. Электронное строение металлов. Типы связей между атомами в твердых телах. Электронные соединения.
6. Классификация видов термической обработки. Гомогенизационный отжиг. Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиги.
7. Фазовые превращения при нагреве. Структурная наследственность. Закалка без полиморфного превращения. Закалка с полиморфным превращением.
8. Критическая скорость охлаждения при закалке, прокаливаемость. Изотермическая закалка.
9. Старение. Отпуск. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.

10. Высокотемпературная и низкотемпературная термомеханическая обработка. Химико-термическая обработка.
11. Азотирование, цементация, нитроцементация, алитирование, хромирование, борирование, сульфидирование, силицирование.
12. Оборудование для закалки, отжига, отпуска, химико-термической и других видов термической обработки сталей и сплавов.
13. Агрегаты непрерывного отжига и закалки.
14. Способы достижения высоких скоростей нагрева и охлаждения изделий при термической обработке. Дефекты термической обработки.
15. Методы изучения микроструктуры. Световая и электронная микроскопия.
16. Рентгеноструктурный и электронно-графический анализ. Микрорентгеноспектральный анализ.
17. Методы измерения физических свойств (термический анализ, калориметрия, дилатометрия, измерение плотности, резистометрия, магнитный анализ и др.).
18. Методы определения коррозионных свойств.
19. Механические свойства металлов и сплавов и методы их измерения.
20. Статические и динамические испытания. Испытания на ползучесть, длительную прочность и релаксацию напряжений. Усталостные испытания.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Рекомендуемая литература**

#### **5.1.1. Основная литература**

1. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. Пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. 400 с.
2. Новиков И.И. Металловедение: учебник. В 2-х т. Т. 1 / И.И. Новиков и др. М.: Издательский Дом МИСиС, 2009. 496 с.
3. Физическое материаловедение / С. В. Грачев [и др.]. Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2009. 534 с.
4. Металловедение: учебник / Под ред. Б.Н. Арзамасова. М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 647 с.
5. Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов / С. С. Горелик, С. В. Добаткин, Л. М. Капуткина. М.: Издательство МИСиС, 2005. 432 с.
6. Бокштейн Б.С., Ярославцев А.Б. Диффузия атомов и ионов в твердых телах. М.: МИСИС, 2005. 362 с.
7. Валиев Р.З. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства / Р.З. Валиев, И.В. Александров. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. 398 с.

#### **5.1.2. Дополнительная литература**

1. Третьяков Ю.Д. Физико-химические основы материаловедения / Ю.Д. Третьяков, В.И. Путляев. М.: МГУ. Наука, 2006.
2. Попов А.А. Теория превращений в твердом состоянии / А.А. Попов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2004. 168 с.
3. Humphreys F. J. Recrystallization and related. Annealing Phenomen / F. J. Humphreys, M. Hatherly. ELSEVIER Ltd, 2004. 574 p.
4. Металловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др.; Под общей ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 648 с.
5. Металловедение и термическая обработка сталей и чугунов: Справочник термиста Т.2 // Под ред. А.Г. Рахштадта, Л.М. Капуткиной, С.Д. Прокошкина. М.: Интернет Инжиниринг 2004 г. 680 с.
6. Анциферов В.Н. и др. Новые материалы / Под научной ред. Ю.С. Карабасова. М.: «МИСИС» 2002. 736 с.

7. Горелик С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. М.: МИСиС, 2002. 360 с.
8. Андреева А.В. Основы физикохимии и технологии композитов. Учебное пособие / Андреева А.В. М.: ИПРЖР, 2001. 192 с.
9. Либенсон Г. А. Процессы порошковой металлургии: учеб. для вузов: в 2 т. / Г. А. Либенсон, В. Ю. Лопатин, Г. В. Комарницкий. М.: МИСиС, 2001. 686 с.
10. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термическая обработка и рентгенография. М.: Изд-во МИСиС, 1994. 480 с.
11. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов / Б.А. Колачев и др. М.: Металлургия, 1992.
12. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1992. 480 с. 12.
13. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1990.
14. Кекало И.Б., Самарин Б.А. Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами. М.: Металлургия, 1989. 496 с.
15. Физическое металловедение в трех томах. / Под редакцией Р.У. Канна и П. Хаазена // М.: Металлургия, 1987. Т. 1: 640 с., Т. 2: 624 с., Т. 3: 641 с.

## **5.2. Методические разработки**

Не используются.

## **5.3. Программное обеспечение**

1. Microsoft office (Word, Excel, Power point);
2. Adobe Reader.

## **5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
3. Scopus: <http://www.scopus.com>;
4. Reaxys: <http://reaxys.com>;
5. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
6. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;
7. Интеллектуальная поисковая система Нигма.РФ . режим доступа: <http://www.nigma.ru>.

## **5.5. Электронные образовательные ресурсы**

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.