



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московской области

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова



«ТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

В. А. Старцев

2021 г.

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

**Направление подготовки: 22.06.01 Технологии материалов
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)**

Направленность: Материаловедение

Форма обучения: очная

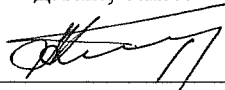
**Королев
2021**

**Автор: д.т.н., профессор Чесноков А.В., д.т.н., профессор Пашковский И.Э.
Рабочая программа дисциплины: Материаловедение. – Королёв МО:
«МГОТУ», 2021. – 35 с.**

Рецензент: д.т.н, с.н.с. Мороз А.П.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки аспирантов 22.06.01 «Технологии материалов» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), направленность: «Материаловедение» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета (протокол № 13 от 22.06.2021).

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 			
Год утверждения (переподтверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания кафедры	Протокол №10 от 28.04.2021			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП  А.В. Чесноков, д.т.н., профессор

Рабочая программа рекомендована на заседании Научно-технического Совета:

Год утверждения (переподтверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания НТС	Протокол №2 от 03.06.2021			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП

Целью дисциплины является:

- формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, навыков и компетенций в направлении материаловедения;
- подготовка аспирантов к самостоятельной подготовке и осмысленному решению теоретических и практических задач материаловедения;
- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности;
- формирование компетенций, необходимых для успешной научно-педагогической работы в данной отрасли науки.

В процессе изучения дисциплины аспирант приобретает и совершенствует следующие компетенции:

общефессиональные компетенции (ОПК):

- (ОПК-1) – способность и готовность теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии;
- (ОПК-2) – способность и готовность разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции;
- (ОПК-5) – способность и готовность использовать на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии;

профессиональные компетенции (ПК):

- (ПК-2) – умение устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах;
- (ПК-3) – владение научными основами выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.

Основными задачами дисциплины являются

- сформировать представления о конструкционных материалах различной природы, способных работать в условиях напряженно-деформированного состояния;
- сформировать представление о методах исследования физико-механических характеристик конструкционных материалов;

- выработать четкие научные представления о взаимосвязи структурных свойств материалов и о возможности планирования их соотношения с целью получения материалов с заданным комплексом свойств;

- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении конкретного материаловедческого исследования.

После завершения освоения данной дисциплины аспирант должен:

Знать

- новые методы исследования и их применения в области теоретического обоснования и оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии;

- основные подходы и приемы решения нетиповых задач по разработке и выпуску технологической документации на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции;

- научно-предметную область знаний в части использования на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии;

- методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций;

- существующие закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.

Уметь

- применять методы исследования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности и разработке проектов в области теоретического обоснования и оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии;

- формулировать и решать нетиповые задачи по разработке и выпуску технологической документации на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции;

- планировать и проводить экспериментальные исследования в области использования на практике интегрированных знаний естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии;

- устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах;

- самостоятельно применять методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.

Владеть

- методами исследования и их применения в области теоретического обоснования и оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии;

- основными подходами и приемами формулирования и решения нетиповых задач по разработке и выпуску технологической документации на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции;

- методологией планирования в части использования на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии;

- умением устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах;

- методологическими подходами и методами исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы подготовки аспирантов по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов» (направленность «Материаловедение»).

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми:

- при изучении дисциплин, направленных на подготовку к преподавательской деятельности;

- при изучении дисциплин, направленных на подготовку к сдаче кандидатского экзамена;

- для освоения программы аспирантуры Блока 2 «Практики»;

- для освоения программы аспирантуры Блока 3 «Научные исследования»;

- при подготовке к Государственной итоговой аттестации аспиранта.

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для аспирантов очной формы составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов
Общая трудоемкость	144
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ	
Аудиторные занятия	36
Лекции (Л)	18
Практические занятия (ПЗ)	-
Семинарские занятия (СЗ)	18
Лабораторные работы (ЛР)	-
Самостоятельная работа	108
Вид итогового контроля	Кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины (модуля)

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час.	Практические занятия, час	Семинарские занятия, час	Код компетенций
Тема 1. Теоретические основы материаловедения	2		2	ОПК-5; ПК-3
Тема 2. Методы исследования структуры и физических свойств материалов	2		2	ОПК-1; ОПК-2; ПК-2; ПК-3
Тема 3. Механические свойства материалов и методы их определения	2		2	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-5; ПК-2; ПК-3
Тема 4. Технология химико-термической, термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов	2		2	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-5; ПК-2; ПК-3
Тема 5. Металлы и сплавы в машиностроении	2		2	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-5; ПК-2; ПК-3
Тема 6. Неметаллические материалы в машиностроении	4		4	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-5; ПК-2; ПК-3
Тема 7. Эффективность применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты	4		4	ОПК-1; ОПК-2; ОПК-5; ПК-2; ПК-3
Итого:	18	-	18	

4.2. Содержание тем дисциплины

1. Теоретические основы материаловедения

Строение и свойства материалов. Атомно-кристаллическое строение вещества. Электронная структура. Типы межатомных связей в кристаллах. Кристаллическое строение твердых тел. Типы кристаллических решеток металлов и их характеристика. Реальное строение металлических и неметаллических кристаллов. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов. Фуллерены и нанотрубки. Наноструктурное строение веществ. Процессы самоорганизации дислокационной и фрактальной структур материалов с позиций синергетики. Основы электронной теории твердых тел. Зонная теория твердых тел. Связь физических свойств с поведением электронов. Теплопроводность, электропроводность и электронная теплоемкость металлов. Термоэлектронная эмиссия. Сверхпроводимость. Электронное строение полупроводников и диэлектриков. Магнитные свойства материалов. Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм. Формирование структуры металла при кристаллизации. Агрегатные состояния вещества. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Самопроизвольная и несамопроизвольная кристаллизация. Форма кристаллических образований. Строение слитка. Полиморфизм. Магнитные превращения. Аморфное состояние металлов. Аморфные сплавы. Строение пластически деформированных металлов. Структурные изменения в металлах в условиях холодной и горячей пластической деформации. Температура рекристаллизации. Строение металлов после возврата и рекристаллизации. Механизм и стадии процесса рекристаллизации. Условия реализации направленной кристаллизации. Основы теории сплавов термической обработки. Условия термодинамического равновесия. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз. 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. Диаграммы состояния железо-цементит и железо-графит. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита. Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении. Процесс образования аустенита при нагреве. Механизм превращений переохлажденного аустенита. Изотермические и термокинетические диаграммы. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита. Влияние деформации на мартенситное превращение. Превращения при отпуске стали. Термодинамика и процесс коагуляции. Изменение структуры и свойств при отпуске. Отпускная хрупкость и способы ее предотвращения.

2. Методы исследования структуры и физических свойств материалов

Методы исследования структуры и фазового состава. 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 исследования физических свойств и фазовых превращений в металлах и сплавах. Магнитный и электрический методы анализа фазовых и структурных превращений. Метод термо-ЭДС. Метод ядерного магнитного резонанса. Метод ядерного гамма-резонанса. Физические методы неразрушающего контроля дефектов материалов. Ультразвуковая дефектоскопия. Рентгеновская и гамма-дефектоскопия. Метод вихревых токов. Магнитная и тепловая дефектоскопия.

3. Механические свойства материалов и методы их определения

Схемы напряженного и деформированного состояния материалов. Плоское и объемное напряженные состояния. Плоская деформация. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения, определение, классификация. Упругие свойства материалов. Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение. Пластическая деформация и деформационное упрочнение. 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 материалов. Механизм упрочнения. Деформационное упрочнение. Упрочнение твердых растворов при взаимодействии дислокаций с примесями внедрения. Дисперсионное твердение. Разрушение материалов. 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. Механические свойства материалов и методы их определения. Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении. 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. 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. Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении. Усталость, диаграммы усталости, предел выносливости. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Природа усталостного разрушения. Влияние различных факторов на сопротивление усталости. Испытания на твердость вдавливанием и царапанием. Триботехнические испытания. Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении и нагреве. Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении от комнатных температур до криогенных. Хладостойкость и критическая температура хрупкости, методы определения. 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. Воздействие внешней среды. Адсорбционные процессы при деформации и разрушении металлов. Эффект Ребиндера. Влияние поверхностно-активных сред на прочность металлов и сплавов. Закономерности окисления металлов. Коррозия металлов и сплавов под напряжением. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия. Сопrotивляемость материалов кавитационному и эрозионному разрушению. Влияние радиационного облучения на строение и свойства материалов.

4. Технология химико-термической, термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов

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, силицирование и т.п. Многокомпонентные покрытия. Диффузионное насыщение в ионизированных газовых средах. Термомеханическая обработка. Основные виды: высокотемпературная, низкотемпературная. Структура и свойства материалов после термомеханической 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 пластической деформацией. Физическая сущность процесса. Роль остаточных напряжений. Области применения. Деформация изделий при их обработке и способы ее предупреждения.

5. Металлы и сплавы в машиностроении

Конструкционная прочность материалов Критерии прочности, надежности, долговечности и износостойкости. Методы повышения конструкционной прочности. 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. 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. Высокопрочные мартенситно-старяющие стали. Принципы легирования. Мартенситное превращение. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки. Экономно легированные мартенситно-старяющие стали. Свойства мартенситно-старяющих сталей и области применения. 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. 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. 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. Чугуны. Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Фазовые превращения при термической обработке чугуна. Применение в машиностроении. Цветные металлы и сплавы. 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. Магний и его сплавы. Классификация магниевых сплавов. Деформируемые и литейные сплавы. Термическая обработка магниевых сплавов. Защита магниевых сплавов от коррозии. Медь и ее сплавы. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Классификация медных сплавов.

Латуни, их свойства. Строение и свойства оловянных, алюминиевых, свинцовых, марганцовистых и бериллиевых бронз. Медно-никелевые сплавы. Области применения меди и ее сплавов. 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. Цинк, свинец, олово и их сплавы. Припой на оловянистой и свинцовой основах. Антифрикционные сплавы. Металлы и сплавы с особыми свойствами. Магнитные материалы. Классификация материалов по магнитным свойствам. Кривая намагничивания. Процессы, происходящие при намагничивании монокристалла. Низкочастотные и высокочастотные магнитомягкие материалы. Магнитотвердые деформируемые, литые и спеченные материалы. Материалы с особыми тепловыми и упругими свойствами. Сплавы с заданными коэффициентом теплового расширения и модулем упругости. 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. Материалы атомной техники. Конструкционные материалы. Ядерное горючее. Теплоносители. Материалы, обладающие эффектом памяти формы. Классификация, структура, физико-механические свойства. Применение в машиностроении.

6. Неметаллические материалы в машиностроении

Полимеры и пластические массы. Классификация и структура полимерных материалов. Молекулярная структура полимеров. Теории роста полимерных кристаллов. Особенности механических свойств полимеров, обусловленные их строением. Релаксационные свойства. Вязкое течение растворов и расплавов полимеров. Старение и стабилизация полимеров. Типы разрушения полимеров. Влияние внешних факторов на процесс разрушения. Физико-механические, адгезионные, фрикционные, антикоррозионные, диэлектрические свойства полимеров, методы исследования этих свойств. Состав, классификация и свойства пластических масс. Пластмассы на основе термопластичных и термореактивных полимеров. Отвердители, наполнители, пластификаторы, катализаторы, пигменты, ингибиторы. Методы переработки пластмасс в изделия. Материалы, технология и оборудование для получения полимерных покрытий. Композиционные материалы. Принципы создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы с наполнителями. Композиционные материалы на неметаллической основе. Механические свойства композиционных материалов, моделирование на ЭВМ разрушения композиционных материалов с использованием свойств армирующих волокон, объемной доли и свойств матрицы. Механизм

разрушения. Основы расчета на прочность изделий из композиционных материалов. Способы компьютерного моделирования состава, структуры, свойств и процесса разрушения композиционных материалов. Области и перспективы применения композиционных материалов в машиностроении. Резиновые материалы. Состав и классификация резин. Технология приготовления резиновых смесей и формирования деталей из резины. Физико-механические свойства резины. Влияние условий эксплуатации на свойства резин. Применение резиновых материалов в машиностроении. Ситаллы, керамические и другие неорганические материалы. Тугоплавкие соединения, основные типы, состав, структура, свойства, методы получения, в том числе СВС – самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Нанокристаллические материалы. Стекланные смазки и защитные покрытия. Эмали для защиты металлов. Техническая керамика. Огнеупорные и конструкционные керамические материалы. Применение керамики в машиностроении. Графит и его модификации в качестве конструкционных материалов. Лакокрасочные и клеящие материалы. Состав и классификация лакокрасочных материалов. Особенности кремнийорганических покрытий. Технологические методы нанесения лакокрасочных покрытий. Технология нанесения лакокрасочных покрытий. Сравнительные свойства лакокрасочных покрытий и их применение в машиностроении. Клеящие материалы, состав и классификация. Физико-химическая природа. Конструкционные клеи. Состав клеевых соединений. Методы получения клеевых соединений и их испытания. Применение клеевых соединений в машиностроении.

7. Эффективность применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты

Методика расчета экономического эффекта за счет рационального выбора и применения машиностроительных материалов. Сравнительные данные стоимости углеродистых сталей и сплавов, цветных металлов и сплавов, неметаллических материалов и области их эффективного применения. Себестоимость различных операций термической и химико-термической, термомеханической обработки материалов. Повышение надежности, долговечности и безопасности изделий машиностроения путем применения новых материалов, обладающих уникальными физико-механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами, а также экологической чистотой. Совершенствование технических требований к материалам в нормативно-технической документации. Разработка технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии.

5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине приведена в Приложении 1 к настоящей программе.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Адашкин А.М. Материаловедение в станкостроении: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 320 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010941>
2. Бондаренко Г.Г., Кабанова Т.А., Рыбалко В.В. Основы материаловедения: учебник. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 761 с.
- URL: <https://book.ru/book/936488>
3. Волков Г.М. Машиностроительные материалы нового поколения : учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 319 с.
- URL: <http://znanium.com/catalog/product/884660>
4. Дмитренко В.П. Материаловедение в машиностроении: учебное пособие / В.П. Дмитренко, Н.Б. Мануйлова. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 432 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/949728>

Дополнительная литература:

1. Адашкин А.М., Красновский А.М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов: учебник. – М.: ФОРУМ, ИНФРА-М, 2018. – 400 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/944397>
2. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: научно-популярное издание. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 253 с.
- URL: <https://book.ru/book/922998>
3. Материаловедение: учебник / О.А. Масанский А.А. Ковалева Т.Р. Гильманшина и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 300 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1819690>
4. Материаловедение: учебное пособие / С.В. Давыдов, Д.А. Болдырев, Л.И. Попова, М.Н. Тюрков. – М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 424 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167746>
5. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 288 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1068798>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Российская государственная библиотека www.rsl.ru
2. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
3. Библиотека Академии наук <http://www.rasl.ru>
4. Библиотека по естественным наукам РАН <http://www.benran.ru>
5. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) <http://www.viniti.ru>
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY <http://www.elibrary.ru>
8. Университетская библиотека <http://www.biblioclub.ru>
9. Электронно-библиотечная система Znanium <http://znanium.ru>
10. Электронный каталог библиотеки МГОТУ «Технологический университет» <http://unitech-mo.ru/library/resources/electronic-catalogue-fta>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения: MS Office, Power Point, программные комплексы «AutoCAD», «Компас».

Информационные справочные системы:

1. Электронные ресурсы образовательной среды университета
2. Программа «Компас», встроенная библиотека «Материалы»

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Прочее:

- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места аспирантов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московской области

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ АСПИРАНТОВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

Направление подготовки: 22.06.01 *Технологии материалов*
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)
Направленность: *Материаловедение*
Форма обучения: *очная*

Королев
2021

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				знать	уметь	владеть
1	ОПК-1	Способность и готовность теоретически обосновывать и оптимизировать технологические процессы получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии.	Эффективность применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты. Методы исследования структуры и физических свойств материалов. Механические свойства материалов и методы их определения. Технология ХТО, ТМО и поверхностного упрочнения материалов. Металлы и сплавы в машиностроении. Неметаллические материалы в машиностроении.	Новые методы исследования и их применения в области теоретического обоснования и оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии.	Применять методы исследования в самостоятельной научно-исследовательской деятельности и разработке проектов в области теоретического обоснования и оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии.	Методами исследования и их применения в области теоретического обоснования и оптимизации технологических процессов получения перспективных материалов и производство из них новых изделий с учетом последствий для общества, экономики и экологии.
2	ОПК-2	Способность и готовность разрабатывать и выпускать технологическую документацию на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции.	Эффективность применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты. Методы исследования структуры и физических свойств материалов. Механические свойства материалов и методы их определения. Технология ХТО, ТМО и поверхностного упрочнения материалов. Металлы и сплавы в машиностроении. Неметаллические материалы в машиностроении.	Основные подходы и приемы решения нетиповых задач по разработке и выпуску технологической документации на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции.	Формулировать и решать нетиповые задачи по разработке и выпуску технологической документации на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции.	Основными подходами и приемами формулирования и решения нетиповых задач по разработке и выпуску технологической документации на перспективные материалы, новые изделия и средства технического контроля качества выпускаемой продукции.

3	ОПК-5	Способность и готовность использовать на практике интегрированные знания естественнонаучных, общих профессиональных и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии	Теоретические основы материаловедения. Методы исследования структуры и физических свойств материалов. Механические свойства материалов и методы их определения. Технология ХТО, ТМО и поверхностного упрочнения материалов. Металлы и сплавы в машиностроении. Неметаллические материалы в машиностроении. Эффективность применения материалов в машиностроении.	Научно-предметную область знаний в части использования на практике интегрированных естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии.	Планировать и проводить экспериментальные исследования в области использования на практике интегрированных знаний естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии.	Методологией планирования в части использования на практике интегрированных естественнонаучных, общих профессионально-ориентирующих и специальных дисциплин для понимания проблем развития материаловедения, умение выдвигать и реализовывать на практике новые высокоэффективные технологии.
4	ПК-2	Умение устанавливать закономерности физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах	Методы исследования структуры и свойств материалов. Механические свойства материалов и методы их определения. Технология ХТО, ТМО и поверхностного упрочнения материалов	Существующие закономерности и физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.	Устанавливать закономерности и физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.	Умение устанавливать закономерности и физико-химических и физико-механических процессов, происходящих на границах раздела в гетерогенных структурах.
4	ПК-3	Владение научными основами выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.	Теоретические основы материаловедения. Методы исследования структуры и свойств материалов. Механические свойства материалов и методы их определения. Технология ХТО, ТМО и поверхностного упрочнения материалов. Металлы и сплавы в машиностроении. Неметаллические материалы в машиностроении. Эффективность применения материалов в машиностроении	Методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.	Самостоятельно применять методологические подходы и методы исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.	Методологическими подходами и методами исследований для выбора материалов с заданными свойствами применительно к конкретным условиям изготовления и эксплуатации изделий и конструкций.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
<p>ОПК-1 ОПК-2 ОПК-5 ПК – 2 ПК - 3</p>	<p>Доклад в форме презентации</p>	<p>А) полностью сформирована – 5 баллов Б) частично сформирована – 3-4 балла В) не сформирована – 0 баллов</p>	<p>Проводится устно с использованием мультимедийных систем, а также с использованием технических средств. Время, отведенное на процедуру – 15-20 мин. Неявка – 0. Критерии оценки: 1. Соответствие представленной презентации заявленной тематике (1 балл). 2. Качество источников и их количество при подготовке доклада и разработке презентации (1 балл). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл). 4. Качество самой представленной презентации (1 балл). 5. Оригинальность подхода и всестороннее раскрытие выбранной тематике (1 балл). Максимальная сумма баллов – 5 баллов. Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры для текущего контроля.</p>
<p>ОПК-1 ОПК-2 ОПК-5 ПК – 2 ПК - 3</p>	<p>Решение задачи</p>	<p>А) полностью сформирована – 5 баллов Б) частично сформирована – 3-4 балла В) не сформирована – 0 баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме. 1. выбор оптимального метода решения задачи – (1 балл). 2. умение применить выбранный метод – (1 балл). 3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметические ошибки в расчетах – (1 балл). 4. решения задачи и получение правильного результата – (2 балла). 5. Задача не решена вообще – (0 баллов) Максимальная оценка – 5 баллов.</p>

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

Примерная тематика доклада:

1. Чистота материалов и помещений.
2. Маркировка материалов.
3. Массо- и теплопередача в гетерогенных системах.
4. Химические превращения в гетерогенных системах.
5. Механическое измельчение и разделение материалов по фракциям.
6. Ионный обмен.
7. Жидкостная экстракция.
8. Электрохимические методы очистки материалов.
9. Распределение примесей и дефекты при зонной плавке, направленной кристаллизации и вытягивании из расплава.
10. Механизм размягчения и плавления стекол.
11. Получение пленок стекла.
12. Механизм спекания.
13. Нарушенный слой после механической обработки.
14. История появления, движущие силы и тенденции развития наноматериалов.
15. Кластеры. Наночастицы. Нанопорошки. Наноструктуры. Тонкие пленки.
16. Наноструктурированные материалы и покрытия.
17. Получение твердых гранул.
18. Осаждение наночастиц из коллоидных растворов.
19. Синтез высокодисперсных оксидов в жидких металлах.
20. Криохимический метод получения наночастиц.
21. Получение наночастиц из жидкой фазы. Получение наночастиц из твердой фазы.
22. Методы компактирования наночастиц. Золь-гель-технологии. Кристаллизация аморфных сплавов.
23. Технологические процессы самоформирования. Самоорганизация в объемных материалах.
24. Гетерогенные процессы формирования наноматериалов и наноструктур: молекулярно-лучевая эпитаксия, эпитаксия металлоорганических соединений из газовой фазы.
25. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: сверхбыстрое охлаждение, формирование сверхтонких пленок металлов и диэлектриков.
26. Материалы, получаемые в саморегулирующихся процессах: самоформирования, самосборки, самоорганизации наноструктур.
27. Тонкие пленки.

28. Биоматериалы для инженирижга тканей.
29. Гидрогели для инжиниринга тканей.
30. Проблемы коммерциализации биоматериалов.
31. Полимерные электролитические мембраны, катализаторы, суперконденсаторы.
32. Химическая обработка пластин.
33. Локальное и локально-анизотропное травление.
34. Травление оксида и нитрида кремния.
35. Химико-механическое полирование.
36. Методы получения эпитаксиальных пленок.
37. Молекулярно лучевая эпитаксия.
38. Распределение примесей при диффузии.
39. Легирование диффузией.
40. Электродиффузия.
41. Адсорбция.
42. Кинетика окисления.
43. Анодное окисление.
44. Воздействие пучков электронов, атомов и ионов на поверхность и объем мишени. Вторичные эффекты в мишени.
45. Источники ионов.
46. Процессы, сопровождающие травление в плазме.
47. Распыление твердых тел ионами.
48. Маскирование при ионном легировании.
49. Дефектообразование при имплантации.
50. Методы отжига дефектов после ионного легирования.
51. Метод магнетронного распыления.
52. Материалы для металлизации.
53. Анодное растворение.
54. Катодное осаждение.
55. Виды литографии.
56. Технология изготовления фотошаблонов.
57. Основные системы экспонирования.
58. Ограничения разрешающей способности при фотолитографии.
59. Электронолитография.
60. Рентгенолитография.
61. Силовая и токовая зондовые литографии.
62. Профилирование резистов сканирующими зондами.
63. Термомеханическая нанолитография.
64. Перьевая нанолитография.
65. Литографически индуцированная самосборка наноструктур.
66. Зондовые технологии модификации поверхности.

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

Формой контроля знаний по дисциплине «Материаловедение» является аттестация в виде экзамена в устной форме в конце курса обучения.

Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Кандидатский экзамен	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-5 ПК – 2 ПК – 3	Билет, содержащий 3 вопроса и задачу	Экзамен проводится в письменной форме. Время отведенное на процедуру – 1 час.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	<p>«Отлично»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • активность на семинарах; • знание основных научных теорий, изучаемого предмета; • ответ на вопросы билета. <p>«Хорошо»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • активность на семинарах; • знание основных научных теорий, изучаемого предмета; • ответы на вопросы билета; <p>«Удовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • неумение применять полученные знания на практике; • недостаточно работал на занятиях; <p>«Неудовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам; • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания; • не работал на занятиях; • не отвечает на вопросы.

Типовые вопросы, выносимые на кандидатский экзамен

1. Классификация материалов по чистоте.
2. Основные и вспомогательные материалы в микро и нанотехнологиях.
3. Явления на границах раздела фаз и фазовые переходы.
4. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование.
5. Сорбционные процессы.
6. Хроматография.
7. Ректификация.
8. Направленная кристаллизация.
9. Радиационное легирование материалов.
10. Силикатное стекло.
11. Керамики и ситаллы.
12. Механизм возникновения трещин и разрушения кристаллов.
13. Перспективы, потенциальные; опасности и этические аспекты развития новых материалов.
14. Размерные эффекты и условия их появления.
15. Компактированные и наноструктурные материалы и композиты.
16. Измельчение твердых тел.
17. Плазмохимический синтез наночастиц.
18. Механосинтез.
19. Биохимические методы получения наночастиц.
20. Получение наночастиц из газовой фазы.
21. Упорядоченные массивы нанообъектов. Контакты к нанообъектам и отдельным молекулам.
22. Нанокompозиты, гибридные наноматериалы. Углеродные наноматериалы. Атомная инженерия.
23. Функциональные и конструкционные наноматериалы неорганической и органической природы. Упорядоченные наноструктуры.
24. Гетерогенные процессы формирования наноструктур и наноматериалов: коллоидные растворы, золь-гель технология, методы молекулярного наслаивания, электрохимические методы.
25. Нанокompозиты и гибридные наноматериалы.
26. Материалы, получаемые темплатным синтезом.
27. Пленки Ленгмюр-Блоджет.
28. Биоинертные и биорассасывающиеся материалы.
29. Биоактивные каркасы для инжиниринга тканей.
30. Наноматериалы для получения и хранения водорода.
31. Углеродные наночастицы, нанотрубки, наноструктуры и наноматериалы.
32. Полирующие и анизотропные травители.
33. Селективность травления.
34. Ограничения жидкостного травления.
35. Жидкостное, термохимическое газовое и плазмохимическое травление.
36. Гетероэпитаксия кремния.

37. Особенности эпитаксии из газовой, жидкой и твердой фаз.
38. Источники примесей.
39. Радиационно-стимулированная диффузия.
40. Высокотемпературное окисление кремния.
41. Фазовые превращения при окислении.
42. Особенности высокотемпературного окисления кремния сухим и влажным кислородом.
43. Классификация и особенности методов обработки материалов в плазме и пучках энергетических частиц.
44. Потенциалы в технологической плазме.
45. Источники электронов.
46. Механизм травления кремния, оксида и нитрида кремния в плазме.
47. Пробег ионов в кристаллических и аморфных материалах.
48. Распределение внедренных ионов.
49. Влияние радиационных дефектов на структуру поверхности.
50. Оборудование и методы нанесения пленок в вакууме, молекулярных пучках, химическим осаждением из газовой фазы, жидкофазной эпитаксией, атомно-молекулярной сборкой.
51. Молекулярнолучевая эпитаксия.
52. Технология многоуровневой разводки.
53. Анодное окисление.
54. Темплатное осаждение наноразмерных объектов.
55. Основные этапы процесса фотолитографии.
56. Дефекты фотошаблонов.
57. Фоторезисты, методы их нанесения и обработки.
58. Фотолитография в глубокой ультрафиолетовой области.
59. Ионная литография.
60. Источники излучения в фотолитографии, рентгеновской литографии и электронно-лучевой литографии.
61. Контактное формирование нанорельефа.
62. Локальная глубинная модификация поверхности.
63. Нанопечать.
64. Литография наносферами.
65. Методы нанолитографии. Пучковые методы нанолитографии. Радиационные методы формирования наноструктур.

Типовые задачи, выносимые на кандидатский экзамен

Задача 1. Пластичность ряда сплавов системы *Fe-Mo* можно улучшить термической обработкой. Рассмотреть превращения в сплавах с 3, 15 и 80% *Mo* и определить фазовый состав и количественное соотношение фаз сплавов: I при 1100° С, II при 600° С и III при 1000° С. Указать, какой из этих сплавов можно подвергать термической обработке для повышения пластичности, в чем заключается эта обработка и какие изменения она вызывает в структуре сплава.

Задача 2. Для проволоки и ленты, служащей элементами сопротивления во многих нагревательных приборах и печах, используют сплавы системы никель-хром (нихром). Указать, какие сплавы: с 5, 20 или 50% Cr имеют более высокое электросопротивление и должны быть рекомендованы для этого назначения. Учесть, что такие сплавы должны иметь, кроме того, повышенную пластичность при 20 °С для возможности холодной прокатки или волочения. Для решения задачи: 1) привести фазовый состав и количественное соотношение фаз в указанных сплавах при 20 и 1100 °С; 2) показать качественно, используя правило Н.С. Курнакова, как изменяется электросопротивление сплавов этой системы в зависимости от содержания никеля.

Задача 3. Детали, штампованные из меди в холодном состоянии, имели пониженную пластичность. Указать, можно ли повысить относительное удлинение такой меди, рекомендовать режим обработки и объяснить, как изменяются при этом механические свойства (прочность, твердость, пластичность).

Задача 4. Одни прутки латуни после холодной деформации нагревали до 200 °С, другие до 500 °С с выдержкой в течение 60 мин. Указать, какое влияние на структуру и свойства оказал нагрев до 200 и до 500 °С.

Задача 5. Рекомендовать режим обработки (температуру нагрева) холоднодеформированной латуни, если необходимо сохранить без значительного снижения повышенную прочность, созданную холодной деформацией, но снять часть возникших при этом напряжений.

Задача 6. Зубчатые колеса в зависимости от условий работы и возникающих напряжений можно изготавливать из стали обыкновенного качества, качественной углеродистой и легированной с различным содержанием легирующих элементов. Выбрать, руководствуясь техническими и экономическими соображениями, сталь для изготовления зубчатых колес диаметром 50 мм и высотой 30 мм с пределом прочности не ниже 360-380 МПа. Указать термическую обработку колес, механические свойства и структуру выбранной стали в готовом изделии и для сравнения механические свойства и структуру сталей 45 и 40ХН после улучшающей термической обработки.

Задача 7. Выбрать сталь для изготовления валов диаметром 50 мм для двух редукторов. По расчету сталь для одного из валов должна иметь предел текучести не ниже 350 МПа, а для другого – не ниже 500 МПа. Указать: 1) состав и марку выбранных сталей; 2) рекомендуемый режим термической обработки; 3) структуру после каждой операции термической обработки; 4) механические свойства в готовом изделии. Можно ли применять углеродистую сталь обыкновенного качества для изготовления валов требуемого сечения и прочности?



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Московской области

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова

**ИНСТИТУТ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ
И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

Направление подготовки: 22.06.01 *Технологии материалов*
(уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Направленность: *Материаловедение*

Форма обучения: *очная*

Королев
2021

1. Общие положения

Цель и задачи дисциплины:

Целью изучения дисциплины является

- формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, навыков и компетенций в направлении материаловедения;
- подготовка аспирантов к самостоятельной подготовке и осмысленному решению теоретических и практических задач материаловедения;
- формирование навыков самостоятельной научно-исследовательской и педагогической деятельности;
- формирование компетенций, необходимых для успешной научно-педагогической работы в данной отрасли науки.

Задачи дисциплины:

- сформировать представления о конструкционных материалах различной природы, способных работать в условиях напряженно-деформированного состояния;
- выработать представление о методах структуры материалов, базирующихся на совершенных физических принципах, имеющих широкий диапазон разрешения (мезо-, микро- и наноуровень);
- сформировать представление о методах исследования физико-механических характеристик конструкционных материалов;
- выработать четкие научные представления о взаимосвязи структура-свойства материалов и о возможности планирования их соотношения с целью получать материалы с заданным комплексом свойств;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при осуществлении конкретного материаловедческого исследования.

2. Указания по проведению семинарских занятий

Семинарское занятие 1

Вид семинарского занятия: *заслушивание и обсуждение докладов.*

Тема и содержание семинарского занятия: *Теоретические основы материаловедения.*

Цель семинара: *получить и закрепить знания по основным понятиям материаловедения.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Вопросы для обсуждения:

Строение и свойства материалов. Анизотропия свойств кристаллов. Дефекты кристаллического строения: точечные, линейные, поверхностные и объемные. Дислокационная структура и прочность металлов. Фуллерены и нанотрубки. Наноструктурное строение веществ. Теплопроводность,

электропроводность и электронная теплоемкость металлов. Термоэлектронная эмиссия. Сверхпроводимость. Магнитные свойства материалов. Аморфное состояние металлов. Аморфные сплавы. Строение пластически деформированных металлов. Структурные изменения в металлах в условиях холодной и горячей пластической деформации. Температура рекристаллизации. Строение металлов после возврата и рекристаллизации. Механизм и стадии процесса рекристаллизации. Условия реализации направленной кристаллизации. Основы теории сплавов термической обработки. Условия термодинамического равновесия. Определение системы, фазы, структуры. Смеси, химические соединения, твердые растворы, промежуточные фазы. Правило фаз. 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. Диаграммы состояния железо-цементит и железо-углерод. Влияние легирующих компонентов на критические точки железа и стали, свойства феррита и аустенита. Фазовые превращения в стали при нагреве и охлаждении. Процесс образования аустенита при нагреве. Механизм превращений переохлажденного аустенита. Изотермические и термокинетические диаграммы. Влияние состава стали на процесс распада аустенита. Критическая скорость охлаждения при закалке. Мартенситное превращение, механизм и кинетика. Структура и свойства мартенсита. Влияние деформации на мартенситное превращение. Превращения при отпуске стали. Изменение структуры и свойств при отпуске. Отпускная хрупкость и способы ее предотвращения.

Семинарское занятие 2

Вид семинарского занятия: *заслушивание и обсуждение докладов.*

Тема и содержание семинарского занятия: *Методы исследования структуры и физических свойств материалов.*

Цель семинара: *получить и закрепить знаний по методам исследования структуры и физических свойств материалов.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Вопросы для обсуждения:

Методы исследования структуры и фазового состава. 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. Физические методы неразрушающего контроля дефектов материалов. Ультразвуковая дефектоскопия. Рентгеновская и гамма-дефектоскопия.

Семинарское занятие 3

Вид семинарского занятия: *заслушивание и обсуждение докладов, решение задач.*

Тема и содержание семинарского занятия: *Механические свойства материалов и методы их определения.*

Цель занятия: *получить и закрепить знания по расчету механических свойств материалов и методы их экспериментального определения, решение практических задач.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Вопросы для обсуждения:

Схемы напряженного и деформированного состояния материалов. Плоское и объемное напряженные состояния. Плоская деформация. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения, определение, классификация. Упругие свойства материалов. Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение. Пластическая деформация и деформационное упрочнение. Сверхпластичность. Влияние пластической деформации на структуру и свойства материалов. Механизм упрочнения. Деформационное упрочнение. Виды разрушения материалов. Механизмы зарождения трещин. Механические свойства материалов и методы их определения. Классификация методов механических испытаний. Значение механических характеристик в материаловедении. 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. Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Влияние скорости деформирования на характеристики прочности и пластичности. Испытания на твердость вдавливанием и царапанием. Триботехнические испытания. Релаксация напряжений, диаграммы релаксации, релаксационная стойкость. Влияние легирования и структуры на характеристики жаропрочности материалов. Воздействие внешней среды. Коррозия металлов и сплавов под напряжением. Коррозионное растрескивание. Межкристаллитная коррозия.

Семинарское занятие 4

Вид семинарского занятия: *заслушивание и обсуждение докладов.*

Тема и содержание семинарского занятия: *Технология химико-термической, термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов.*

Цель занятия: *закрепить знания по технологии химико-термической, термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Вопросы для обсуждения:

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, силицирование и т.п. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия пластической деформации. Физическая сущность процесса. Роль остаточных напряжений. Области применения. Деформация изделий при их обработке и способы ее предупреждения.

Семинарское занятие 5

Вид семинарского занятия: *заслушивание и обсуждение докладов.*

Тема и содержание семинарского занятия *Металлы и сплавы в машиностроении.*

Цель занятия: *изучение и закрепление знаний по структуре свойствам металлов и сплавов в машиностроении.*

Продолжительность занятия – 2 ч.

Вопросы для обсуждения:

Конструкционная прочность материалов. Критерии прочности, надежности, долговечности и износостойкости. Методы повышения конструкционной прочности. 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. 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. Общие принципы легирования и структура коррозионно-стойких сталей. Инструментальные стали. Классификация инструментальных сталей по теплостойкости, структуре и областям применения. Быстрорежущая сталь и особенности ее термической обработки. Чугуны. Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Фазовые превращения при термической обработке чугуна. Применение в машиностроении. Цветные металлы и сплавы. 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. 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. Материалы, обладающие эффектом памяти формы. Классификация, структура, физико-механические свойства. Применение в машиностроении.

Семинарское занятие 6

Вид семинарского занятия: *заслушивание и обсуждение докладов.*

Тема и содержание семинарского занятия: *Неметаллические материалы в машиностроении.*

Цель занятия: *изучение и закрепление знаний по применению современных неметаллических материалов в машиностроении, средства оценки качества продукции в сложных технических системах.*

Продолжительность занятия – 4 ч.

Вопросы для обсуждения:

Полимеры и пластические массы. Классификация и структура полимерных материалов. Особенности механических свойств полимеров, обусловленные их строением. Релаксационные свойства. Вязкое течение растворов и расплавов полимеров. Типы разрушения полимеров. Влияние внешних факторов на процесс разрушения. Физико-механические, адгезионные, фрикционные, антикоррозионные, диэлектрические свойства полимеров, методы исследования этих свойств. Состав, классификация и свойства пластических масс. Пластмассы на основе термопластичных и терморезистивных полимеров. Отвердители, наполнители, пластификаторы, катализаторы, пигменты, ингибиторы. Методы переработки пластмасс в изделия. Композиционные материалы. Принципы создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы с наполнителями. Композиционные материалы на неметаллической основе. Механические свойства композиционных материалов, моделирование на ЭВМ разрушения композиционных материалов с использованием свойств армирующих волокон, объемной доли и свойств матрицы. Механизм разрушения. Основы расчета на прочность изделий из композиционных материалов. Области и перспективы применения композиционных материалов в машиностроении. Физико-механические свойства резины. Влияние условий эксплуатации на свойства резин. Применение резиновых материалов в машиностроении. Нанокристаллические материалы. Техническая керамика. Огнеупорные и конструкционные керамические материалы. Применение керамики в машиностроении. Графит и его модификации в качестве конструкционных материалов. Клеящие материалы, состав и классификация. Физико-химическая природа. Конструкционные клеи. Состав клеевых соединений. Методы получения клеевых соединений и их испытания. Применение клеевых соединений в машиностроении.

Семинарское занятие 7

Вид семинарского занятия: *заслушивание и обсуждение докладов.*

Тема и содержание семинарского занятия: *Эффективность применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты.*

Цель занятия: *закрепление знаний и навыков анализа эффективности применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты.*

Продолжительность занятия – 4 ч.

Вопросы для обсуждения:

Методика расчета экономического эффекта за счет рационального выбора и применения машиностроительных материалов. Сравнительные данные стоимости углеродистых сталей и сплавов, цветных металлов и сплавов, неметаллических материалов и области их эффективного применения.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Лабораторные работы не предусмотрены

4. Указания по проведению самостоятельной работы аспирантов

Цель самостоятельной работы:

- подготовить аспирантов к самостоятельной научной и научно-исследовательской работе.

Задачи самостоятельной работы:

- расширить представление о строении металлических и неметаллических материалов, взаимосвязи свойств машиностроительных материалов, термической и химико-термической обработке, новейших, в том числе, композиционных материалах;
- систематизировать знания в области материаловедения.

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1	Теоретические основы материаловедения.	Строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Электронная структура. Процессы самоорганизации дислокационной и фрактальной структур материалов с позиций синергетики. Основы электронной теории твердых тел. Зонная теория твердых тел. Электронное строение полупроводников и диэлектриков. Диамагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Полиморфизм. Магнитные превращения. Термодинамика и процесс коагуляции.

2	Методы исследования структуры и физических свойств материалов.	Магнитный и электрический методы анализа фазовых и структурных превращений. Метод термо-ЭДС. Метод ядерного магнитного резонанса. Метод ядерного гамма-резонанса. Метод вихревых токов.
3	Механические свойства материалов и методы их определения.	<p>Процессы скольжения и двойникования. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Вектор Бюргера. Скольжение и переползание дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с примесями. Особенности деформации моно- и поликристаллов. Влияние границ зерен на пластическую деформацию поликристаллов. Дисклинация. Дисперсионное твердение. Разрушение материалов.</p> <p>Силовые, деформационные и энергетические критерии локального разрушения.</p> <p>Трещиностойкость. Фрактография как метод количественной оценки механизма разрушения. Динамические испытания на изгиб образцов. Поведение материалов под нагрузкой при охлаждении и нагреве. Хладостойкость и критическая температура хрупкости, методы определения. Синеломкость и тепловая хрупкость. Жаростойкость и жаропрочность. Длительная прочность, диаграммы длительной прочности, предел длительной прочности. Механизм хрупкого разрушения при ползучести.</p> <p>Адсорбционные процессы при деформации и разрушении металлов. Эффект Ребиндера. Влияние поверхностно-активных сред на прочность металлов и сплавов. Сопrotивляемость материалов кавитационному и эрозионному разрушению. Влияние радиационного облучения на строение и свойства материалов.</p>
4	Технология химико-термической, термомеханической обработки и поверхностного упрочнения материалов.	<p>Многокомпонентные покрытия. Диффузионное насыщение в ионизированных газовых средах. Поверхностное упрочнение металлов и сплавов путем воздействия концентрированных потоков энергии. Поверхностное легирование и термическая обработка при лазерном и электронно-лучевом нагреве.</p>
5	Металлы и сплавы в машиностроении.	<p>Износостойкие стали. Высокопрочные мартенситно-старяющие стали. Принципы легирования. Свойства мартенситно-старяющих сталей и области применения. Конструкционные и коррозионно-стойкие стали.</p> <p>Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали. Жаропрочные стали и сплавы. Принципы легирования жаропрочных сталей и сплавов. Упрочняющие фазы. Жаропрочные стали перлитного и мартенситного классов. Жаропрочные</p>

		<p>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. Термическая обработка магниевых сплавов. Защита магниевых сплавов от коррозии. Цинк, свинец, олово и их сплавы. Припой на оловянистой и свинцовой основе. Антифрикционные сплавы. Металлы и сплавы с особыми свойствами. Полупроводниковые материалы. Строение и свойства. Кристаллофизические методы получения сверхчистых материалов. Легирование полупроводников. Материалы атомной техники. Конструкционные материалы. Ядерное горючее. Теплоносители.</p>
6	Неметаллические материалы в машиностроении.	<p>Молекулярная структура полимеров. Теории роста полимерных кристаллов. Старение и стабилизация полимеров. Материалы, технология и оборудование для получения полимерных покрытий. Способы компьютерного моделирования состава, структуры, свойств и процесса разрушения композиционных материалов. Резиновые материалы. Состав и классификация резин. Технология приготовления резиновых смесей и формирования деталей из резины. Ситаллы, керамические и другие неорганические материалы. Тугоплавкие соединения, основные типы, состав, структура, свойства, методы получения, в том числе СВС – самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Стекланные смазки и защитные покрытия. Эмали для защиты металлов. Лакокрасочные и клеящие материалы. Состав и классификация лакокрасочных материалов. Особенности кремнийорганических покрытий. Технологические методы нанесения лакокрасочных покрытий. Технология нанесения лакокрасочных покрытий. Сравнительные свойства лакокрасочных покрытий и их применение в машиностроении.</p>
7	Эффективность применения материалов в машиностроении с учетом экономичности, долговечности, безопасности и экологической чистоты.	<p>Себестоимость различных операций термической и химикотермической, термомеханической обработки материалов. Повышение надежности, долговечности и безопасности изделий машиностроения путем применения новых материалов, обладающих уникальными физико-механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами, а также экологической чистотой.</p>

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Адашкин А.М. Материаловедение в станкостроении: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 320 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010941>
2. Бондаренко Г.Г., Кабанова Т.А., Рыбалко В.В. Основы материаловедения: учебник. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 761 с.
- URL: <https://book.ru/book/936488>
3. Волков Г.М. Машиностроительные материалы нового поколения : учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 319 с.
- URL: <http://znanium.com/catalog/product/884660>
4. Дмитренко В.П. Материаловедение в машиностроении: учебное пособие / В.П. Дмитренко, Н.Б. Мануйлова. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. – 432 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/949728>

Дополнительная литература:

1. Адашкин А.М., Красновский А.М. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов: учебник. – М.: ФОРУМ, ИНФРА-М, 2018. – 400 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/944397>
2. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: научно-популярное издание. – М.: Лаборатория знаний, 2017. – 253 с.
- URL: <https://book.ru/book/922998>
3. Материаловедение: учебник / О.А. Масанский А.А. Ковалева Т.Р. Гильманшина и др. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2020. – 300 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1819690>
4. Материаловедение: учебное пособие / С.В. Давыдов, Д.А. Болдырев, Л.И. Попова, М.Н. Тюрков. – М., Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. – 424 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1167746>
5. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие / под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 288 с.
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1068798>

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Российская государственная библиотека www.rsl.ru
2. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
3. Библиотека Академии наук <http://www.rasl.ru>
4. Библиотека по естественным наукам РАН <http://www.benran.ru>
5. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) <http://www.viniti.ru>
6. Государственная публичная научно-техническая библиотека <http://www.gpntb.ru>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY <http://www.elibrary.ru>
8. Университетская библиотека <http://www.biblioclub.ru>
9. Электронно-библиотечная система Znanium <http://znanium.ru>
10. Электронный каталог библиотеки МГОТУ «Технологический университет» <http://unitech-mo.ru/library/resources/electronic-catalogue-fta>

7. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения: MS Office, Power Point, программные комплексы «AutoCAD», «Компас».

Информационные справочные системы:

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.