

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)

Институт технологий и инженерной механики



Утверждаю

Ректор

ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»

В. Д. Рябичев

июня 2023 г.

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПО ПРОГРАММАМ
ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

2.6.17 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Принято на Ученом совете

ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»

« 02 » июня 2023 г.,

Протокол № 9

Луганск 2023

Автор: заведующая кафедрой материаловедения

д-р техн. наук, проф. Рябичева Л.А.

Подпись  от « 23 » мая 2023 г.

Документ одобрен на заседании кафедры материаловедения

от « 23 » мая 2023 г., протокол № 9

Документ утвержден на заседании Ученого совета Института технологий и инженерной механики

от « 30 » мая 2023г., протокол № 9

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по научной работе
и инновационной деятельности



Витренко В. А.

Заведующий отделом аспирантуры
и докторантуры



Артемова Ю. А.

1. Теоретические основы материаловедения

1.1. Строение и свойства материалов.

Строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. 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.

1.2. 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.

1.3. Формирование структуры металла при кристаллизации.

Агрегатные состояния веществ. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Самопроизвольная и несамопроизвольная кристаллизация. Форма кристаллических образований. Строение слитка. Полиморфизм. Магнитные превращения. Аморфное состояние металлов. Аморфные сплавы.

1.4. 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.

1.5. Основы теории сплавов и 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. 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. Термодинамика и процесс коагуляции. Изменение структуры и свойств при отпуске. Отпускная хрупкость и способы ее предотвращения.

2. Методы исследования структуры и физических свойств материалов

2.1. 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.

2.2. Методы исследования физических свойств и фазовых превращений в металлах и сплавах.

Магнитный и электрический методы анализа фазовых и структурных превращений. Метод термо Э.Д.С. Метод ядерного магнитного резонанса. Метод ядерного гамма резонанса.

2.3. 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

3.1. Схемы напряженного и деформированного состояний материалов.

Плоское и объемное напряженные состояния. Плоская деформация. Концентрация напряжений. Остаточные напряжения, определение, классификация.

3.2. Упругие свойства материалов.

Модуль упругости и его зависимость от кристаллической структуры материала. Упругое последствие, упругий гистерезис, внутреннее трение.

3.3. 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 монокристаллов 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.

3.4. 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.

3.5. 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.

3.6. 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 ре-

кристаллизационной 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.

3.7. 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

4.1. 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.

4.2. 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.

4.3. Термомеханическая обработка.

Основные виды: предварительная 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 путем воздействия пластической деформации. Физическая сущность процесса. Роль остаточных напряжений. Области применения. Деформация изделий при их обработке и способы ее предупреждения.

5. Металлы и сплавы в машиностроении

5.1. Конструкционная прочность материалов.

Критерии прочности, надежности, долговечности и износостойкости. Методы повышения конструкционной прочности.

5.2. 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.

5.3. Высокопрочные мартенситностареющие стали.

Принципы легирования. Мартенситное превращение. Влияние легирующих элементов на кинетику фазовых превращений и особенности термической обработки. Экономнолегированные мартенситностареющие стали. Свойства мартенситностареющих сталей и области применения.

5.4. Конструкционные и коррозионностойкие стали.

Общие принципы легирования и структура коррозионностойких сталей. Хромистые, хромоникелевые, хромомарганцевоникелевые и хромозотистые аустенитные стали. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалиностойкие стали.

5.5. 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.

5.6. 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.

6. Порошковые материалы.

Перспективы развития и область применения технологий порошковой металлургии. Разделение методов получения порошков на механические и физико-химические. Классификация восстановительных и защитных сред.

Получение порошков методом размола. Измельчение ультразвуком. Физико-химические и механические процессы при распылении расплавов металлов. Ультразвуковое диспергирование легкоплавких металлов и сплавов. Методы распыления металлического расплава потоками энергоносителей. Бесконтактный метод распыления расплавов. Высокоскоростные методы распыления расплава.

Физико-химические методы получения порошков металлов. Термодинамика и кинетика процесса восстановления. Восстановление твердых или расплавленных химических соединений. Получение порошков железа и его сплавов. Получение порошков цветных металлов и их сплавов. Получение порошков тугоплавких соединений восстановлением кислородных соединений и путем прямого синтеза из элементов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Золь-гель процессы. Методы получения металлических волокон.

Характеристика свойств порошков. Химические свойства. Физические свойства. Методы исследования свойств. Влияние свойств порошков на процессы формообразования изделий. Контроль качества порошков. Классификация методов формования изделий из порошков.

Общие закономерности процессов формообразования. Основные этапы процесса формования. Подготовка порошков к прессованию. Отжиг порошков и их классификация. Приготовление смесей. Аппаратурное оформление процессов. Компактирование порошков. Процессы, происходящие при компактировании. Пространственная структура порошков. Дискретно-изотропная и дискретно-анизотропная среда.

Спекание порошковых заготовок. Методы формования порошковых изделий. Изостатическое формование. История возникновения методов изостатического формования. Основные разновидности изостатического формования.

Гидростатическое формование. Газостатическое формование. Шликерное формование. Мундштучное и инъекционное формование. Горячее прессование. Термическая, химико-термическая и термомеханическая обработка изделий. Дисперсно-упрочняющая термическая обработка. Защита изделий от коррозии. Методы контроля порошковых формовок и спеченных изделий.

6. Неметаллические материалы в машиностроении

6.1. 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.

6.2. Композиционные материалы.

Принципы создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы с нуль-мерными и одномерными наполнителями. Эвтектические композиционные материалы. 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.

6.3. 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.

6.4. Ситаллы, керамические и другие неорганические материалы.

Строение, свойства и виды технического стекла, ситалов, фарфора и фаянса. 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.

6.5. Лакокрасочные и клеящие материалы.

Состав и классификация лакокрасочных материалов. Особенности кремнийорганических покрытий. Технологические методы нанесения окрасочных 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 по 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 материалов, обладающих уникальными физико-механическими свойствами изделий машиностроения за счет применения новых материалов, а также экологической чистотой. Совершенствование технических требований к материалам в нормативно-технической документации.

Ресурсное обеспечение для подготовки к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.6.17 «Материаловедение (машиностроение)»

Список основной учебной, учебно-методической, нормативной и другой литературы и документации

1. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. и др. Материаловедение, М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001, 648 с.
2. Абраимов Н.В., Елисеев В.С., Крылов В.В. Авиационное материаловедение и технология обработки металлов. /Под ред. Н.В. Абраимова. – М.: Высшая школа, 1998. 444 с.
3. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. – М.: Металлургия, 1989. 456 с.
4. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
5. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. 542 с.
6. Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюнин В.М. и др. Материаловедение и технология металлов. /Под ред. Фетисова Г.П. М.: Высшая школа, 2001, 640 с.
7. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали. – М.: Изд-во «МИСИС», 1999. 408 с.
8. Григорович В.К. Металлическая связь и структура металлов. – М.: Наука, 1988. 296 с.

9. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. –М.: «Наука», 1994. 304 с.
10. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Металлургия, 1990. 336 с.
11. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1986. 480 с.
12. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. –М.: МИСИС, 1998. 400 с.
13. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. –М.: Высшая школа, 1988. 312 с.
14. Лифшиц Б.Г. Металлография. –М.: Металлургия, 1990. 236 с.
15. Партон В.З. Механика разрушения. От теории к практике. –М.: Наука, 1990. 179 с.
16. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогов А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. –М.: Наука, 1994. 384 с.
17. Шмитт-Томас К.Г. Металловедение для машиностроения. –М.: Металлургия, 1995. 512 с.
18. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. –М.: Изд-во «МИСИС», 1999. 416 с.
19. Сталь на рубеже веков. Коллектив авторов. Под ред. Ю.С.Карабасова. М.: МИСИС, 2001. 700 с.
20. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. –М.: Изд-во Аспект Пресс, 1997. 718 с.

Список дополнительной учебной, учебно-методической, научной и другой литературы и документации

1. Балахонов Р.Р., Болеста А.В., Бондарь М.П. и др. Поверхностные слои и внутренние границы раздела в гетерогенных материалах /отв. ред. В.Е. Панин. –Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. 520 с.
2. Полмеар Я. Легкие сплавы: от традиционных до нанокристаллов. –М.: Техносфера, 2008. 464 с.
3. Анциферов В.Н., Бездудный Ф.Ф., Белянчиков Л.Н. и др. Новые материалы. –М.: МИСИС, 2002. 736 с.
4. Рябичева Л.А., Гаврилюк В.П., Тихонович В.И., Шалевская И.А. Абразивные высокохромистые чугуны. –Луганск: Ноулидж, 2010. – 141 с.
5. Шевелев А.И. Рябичева Л.А. и др. Деформационная обработка вторичного алюминия и алюминийсодержащих отходов. – Донецк, Ноулидж, 2010. – 271 с.
6. Рябичева Л.А., Цыркин А.Т. Технология изготовления деталей методами пластического деформирования. Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2011. – 178 с.

7. Рябичева Л.А., Скляр А.П. Технология изготовления медных изделий из волокнувого материала методами порошковой металлургии. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. – 156 с.
8. Рябичева Л.А. Белошицкий Н.В. и др. Компьютерное моделирование обработки давлением порошковых пористых заготовок. – Луганск: Ноулидж, 2013. -205 с.
9. Рябичева Л.А., Засько В.В. Коррозия и защита материалов: Москва – Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 160 с.
10. Рябичева Л.А., Никитин Ю.Н. Технологические основы производства полимерных материалов. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2020. – 260 с.
11. Рябичева Л.А. Основы физики прочности и механики разрушения. - Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2022. – 242 с.