

Программа кандидатского экзамена по специальности 05.16.09 Материаловедение (по отраслям)

Блок I (Кафедра инновационных материалов и защиты от коррозии)

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

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.

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.

1.5. Основы теории сплавов и термической обработки

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/

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. 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 к выбору конструкционных материалов и прогнозированию долговечности.

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.

Механические свойства, определяемые при динамическом нагружении. Динамические испытания на изгиб образцов. Ударная вязкость. Методы определения ударной вязкости.

Механические свойства, определяемые при циклическом нагружении. Усталость, диаграммы усталости, предел выносливости. 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 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.

3.7. Воздействие внешней среды

Адсорбционные процессы при деформации и разрушении металлов. Эффект Ребиндера. Влияние поверхностноактивных сред на прочность металлов и сплавов.

3.8 Коррозия металлов и сплавов

Классификация разрушения металлов и сплавов под действием агрессивных сред. Количественная оценка коррозионного разрушения материалов. Основы теории электрохимической коррозии. Влияние электродного потенциала на скорость коррозии. Диаграмма Пурбе. Пассивность металлов. Перепассивация. Локальная анодная активация. Влияние внутренних факторов на коррозионное поведение. Влияние внешних факторов на коррозионное поведение. Химическая коррозия металлов. Механизм газовой коррозии. Влияние внутренних и внешних факторов на газовую коррозию. Химическая коррозия металлов и сплавов в жидких средах. Методы защиты от коррозии. Защита от коррозии обработкой среды. Электрохимическая защита. Защитные покрытия. Коррозионный мониторинг.

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: 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 химической промышленности

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 хромазотистые аустенитные стали. Высоколегированные кислотостойкие стали. Жаростойкие и окалинностойкие 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. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе. Области применения в машиностроении.

5.6. Чугуны

Свойства и назначение чугунов, принципы классификации. Белые, серые, высокопрочные и ковкие чугуны. Фазовые превращения при термической обработке чугуна. Применение в машиностроении

5.7. 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.

Медь и ее сплавы. Влияние примесей на структуру и свойства меди. Классификация медных сплавов. Латунни, их свойства. Строение и свойства оловянных, алюминиевых, свинцовых, марганцовистых и бериллиевых бронз. Медноникелевые 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. Припои на оловянистой и свинцовой основах. Антифрикционные сплавы.

5.8. Металлы и сплавы с особыми свойствами

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.

6. Неметаллические материалы в химической промышленности

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

Принцип создания и основные типы композиционных материалов. Композиционные материалы с нуль-мерными и одномерными наполнителями. Эвтектические композиционные материалы. Композиционные материалы на неметаллической основе. Механизм разрушения. Основы расчёта на прочность изделий из композиционных материалов. Области и перспективы применения композиционных материалов в химической промышленности.

6.3. Резиновые материалы

Состав и классификация резин. Технология приготовления резиновых смесей и формирования деталей из резины. Физико-механические свойства резины. Влияние условий эксплуатации и свойства резин. Применение резиновых материалов в химической промышленности.

6.4. Ситаллы, керамические и другие неорганические материалы

Строение, свойства и виды технического стекла, ситаллов, фарфора и фаянса. Тугоплавкие соединения, основные типы, состав, структура, свойства, методы получения. Нанокристаллические материалы. Стекланные смазки и защитные покрытия. Эмали для защиты металлов. Техническая керамика. Огнеупорные и конструкционные керамические материалы. Применение керамики в химической технологии. 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 лакокрасочных покрытий. Технология нанесения лакокрасочных покрытий. Сравнительные свойства лакокрасочных покрытий и их применение в химической технологии.

Клеящие материалы, состав и классификация. Физико-химическая природа. Конструкционные клеи. Состав клеевых соединений. Методы получения клеевых соединений и их испытания. Применение клеевых соединений в химической технологии.

6.6. Химическая (коррозионная) стойкость неметаллических материалов

Неметаллические материалы, используемые для противокоррозионной защиты. Способы защиты аппаратов химической промышленности неметаллическими материалами. Влияние воды на коррозионную стойкость неметаллических материалов. Водостойкость полимерных, силикатных и композиционных материалов. Элементы микроструктуры (поры, трещины, кристаллитные и межкристаллитные фазы) неметаллических материалов, влияющие на их коррозионную стойкость. Особенности взаимодействия неметаллических материалов с газами, в том числе и при повышенных температурах. Особенности взаимодействия неметаллических материалов с

органическими растворителями, расплавами металлов и солей. Особенности взаимодействия неметаллических материалов с растворами электролитов.

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. Повышение надежности, долговечности и безопасности изделий машиностроения за счет применения новых материалов, обладающих уникальными физико-механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами, а также экологической чистотой.

Вопросы для кандидатского экзамена по научной специальности 05.16.09 Материаловедение (по отраслям)

1. Кристаллические и аморфные тела. Кристаллическая решетка, анизотропия
2. Фазовый состав сплавов. Твёрдые растворы, Промежуточные фазы.
3. Дефекты кристаллов.
4. Структура неметаллических материалов. Строение полимеров, строение керамики
5. Критерии выбора материала.
6. Механические свойства, определяемые при статических нагрузках
7. Механические свойства определяемые при динамических нагрузках.
8. Самопроизвольная кристаллизация.
9. Несамостоятельная кристаллизация.
10. Форма кристаллов и строение слитков.
11. Нанокристаллические материалы.
12. Методы построения диаграмм состояния.
13. Основные равновесные диаграммы состояния двойных сплавов.
14. Диаграмма состояния железоуглеродистых сплавов.
15. Влияние легирующих элементов на равновесную структуру сплавов.
16. Диффузия в металлах и полимерах.
17. Отжиг сталей,
18. Нормализация сталей.
19. Закаливаемость и прокаливаемость сталей
20. Цементация сталей.
21. Азотирование сталей

- 22.Ионно-химико термическая обработка сплавов.
- 23.Классификация конструкционных сталей.
- 24.Легированные стали. Маркировка.
- 25.Медь и её сплавы.
- 26.Стекло. Свойства области применения.
- 27.Алюминий и его сплавы.
- 28.Сплавы на основе магния и титана.
- 29.Композиционные материалы на основе металлической и неметаллической основе
- 30.Коррозионно-стойкие стали.

Ресурсное обеспечение для подготовки к сдаче кандидатского экзамена по специальности 05.16.09 Материаловедение (по отраслям)

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. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. – М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
3. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Metallurgy, 1986. 542 с.
4. 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.
5. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Metallurgy, 1990. 336 с.
6. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Metallurgy, 1986. 480 с.
7. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. – М.: МИСИС, 1998. 400 с.
8. Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Химия и физика полимеров. – М.: Высшая школа, 1988. 312 с.
9. Шмитт-Томас К.Г. Металловедение для машиностроения. – М.: Metallurgy, 1995. 512 с.

10. Андреев Ю.А. Электрохимия металлов и сплавов. – М.: Издательский Дом «Высшее Образование и Наука», 2016. 320 с.
11. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении – СПб. : Издательство «Лань», 2019. 664 с.
12. Пахомов В.С., Шевченко А.А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии. – М.: «Химия» «КолосС», 2009. 448 с.
13. Шевченко А.А. Физикохимия и механика композиционных материалов. – СПб. : ЦОП «Профессия», 2010. 224 с.
14. Пахомов В.С. Коррозия металлов и сплавов: Справочник. В двух книгах. – М.: Наука и технологи, 2013. 448 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. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 592 с.
5. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. - М.: Техносфера, 2008. 352 с.

Блок II