**Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики.**

**Государственное высшее учебное заведение**

**«Донецкий национальный технический университет»**

|  |  |
| --- | --- |
| **СОГЛАСОВАНО**  Первый заместитель министра образования и науки  Донецкой Народной Республики  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.Н.Кушаков «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2016 г. | **УТВЕРЖДЕНО**  Приказ Донецкого национального технического университета  «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_ 2016 г. №\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**ПРОГРАММА-МИНИМУМ**

**кандидатского экзамена для обучающихся по программам дополнительного профессионального образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов»  
по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»**

Донецк – 2016

Программа-минимум кандидатского экзамена   
по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов»

по специальности 05.16.01 «**Металловедение и термическая обработка метал лов и сплавов**»

Разработчики Программы-минимум:

АлимовВ.И., проф.каф. «Физическое материаловедение», д.т.н., проф.

**Горбатенко В.П.,** проф.каф. «Физическое материаловедение», д.т.н., проф.

Рецензенты Паспорта научной специальности:

Яковченко А.В., профессор кафедры «Обработка металлов давлением», д.т.н., профессор

Бирюков А.Б., зав. кафедрой «Промышленная теплотехника», д.т.н., профессор

Программа-минимум рассмотрена на заседании кафедры «Физическое материаловедение» \_\_

(название кафедры)

Протокол № 7 от 21.12.2015г.\_

Зав. кафедрой ФМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Н.Т.Егоров

(название кафедры) (подпись) (И.О. Фамилия)

**Введение**

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: физика и химия материалов (раздел металлические материалы), кристаллография и дефекты кристаллического строения, теория, технология и оборудование для термической и комбинированной обработки металлов и сплавов, специальные стали и сплавы, теория гетерогенных сред, коррозия и защита металлов, моделирование материалов, физические свойства и методы исследования, механические свойства металлов.

1. **Строение металлов и сплавов**

Основные типы связи атомов в твердых телах. Металлическая связь. Электронное строение и физические свойства металлов. Поверхность Ферми и зоны Бриллюэна.

Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Упорядоченные твердые растворы. Электронные соединения, фазы Лавеса, σ-фазы, фазы внедрения. Отклонения от закона Вегарда.

Правило фаз. Диаграммы состояния двойных и тройных систем с непрерывным рядом твердых растворов, с эвтектическими, перитектическими и монотектическими равновесиями, с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися промежуточными фазами, с полиморфизмом компонентов. Термодинамический анализ диаграмм состояния. Отклонения от равновесия при кристаллизации сплавов в системах разного типа.

**2. Кристаллическое строение и его дефекты**

Основные типы кристаллических решеток. Элементарные ячейки. Индексы направлений и плоскостей в кристаллической решетке. Анизотропия свойств кристаллов.

Типы дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты. Дислокации. Дефекты упаковки. Вектор Бюргерса. Плотность дислокаций. Скольжение и переползание дислокаций. Зарождение и размножение дислокаций, источник Франка-Рида. Сила Пайерлса-Набарро. Взаимодействие дислокаций между собой и с примесными атомами. Атмосферы Котрелла, Снука, Сузуки. Дислокационные сетки и малоугловые границы. Высокоугловые границы. Миграция границ и зернограничное проскальзывание. Двойники. Кристаллография и механизм деформационного двойникования.

3. Фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах в твердом состоянии

Механизмы миграции атомов. Законы Фика. Коэффициент диффузии. Структурно чувствительные процессы диффузии. Диффузия во внешних силовых полях.

Классификация фазовых и структурных превращений. Фазовые превращения I и II рода. Гомогенный и гетерогенный механизмы зарождения. Строение и механизм движения поверхностей раздела фаз. Сдвиговое (бездиффузионное) и нормальное (диффузионное) превращения. Термодинамический и кристаллографический анализ сдвигового (мартенситного) превращения. Механизм и кинетика сдвиговых и нормальных превращений. Эвтектоидное превращение. Механизм и кинетика эвтектоидного превращения. Диаграммы фазовых превращений (термокинетические, изотермические и др.).

Упорядочение твердого раствора. Дальний и ближний порядок. Изменение свойств сплавов при упорядочении. Образование и распад метастабильных фаз. Распад пересыщенного твердого раствора. Спинодальный распад. Термодинамика образования промежуточных фаз. Структурные изменения при старении (кластеры, зоны Гинье-Престона, промежуточные метастабильные фазы, модулированные структуры). Когерентные, частично когерентные и некогерентные выделения. Формы выделений. Непрерывный и прерывистый распад.

**4. Металлургические процессы получения полуфабрикатов и изделий**

Виды технологии литейного производства. Структура и свойства жидких металлов. Гомогенное и гетерогенное зарождение кристаллов, критический размер зародыша. Концентрационное переохлаждение. Эвтектическая кристаллизация. Влияние скорости кристаллизации на строение сплавов. Строение металлического слитка. Модифицирование структуры литых сплавов. Образование метастабильных фаз при кристаллизации. Бездиффузионная кристаллизация. Металлические стекла. Методы получения монокристаллов из расплава. Металлургия гранул.

Способы обработки металлов давлением. Влияние температуры, схемы и степени деформации на сопротивление деформации, структуру и свойства металлов и сплавов.

Виды сварки металлов и сплавов. Структура и свойства сварных соединений.

**5. Термическая обработка**

Классификация видов термической обработки.

Гомогенизационный отжиг. Изменение структуры и свойств сплавов при гомогенизационном отжиге.

Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиги. Отдых. Полигонизация. Первичная, собирательная и вторичная рекристаллизация. Механизм и кинетика отдыха, полигонизации и рекристаллизации, влияние на них предшествующей пластической деформации, примесей, температуры и продолжительности отжига. Параметры полигонизованной и рекристаллизованной структур. Критическая степень деформации. Диаграммы рекристаллизации. Закономерности и природа изменения механических и физических свойств при отжиге после холодной деформации. Текстура деформации, первичной, собирательной и вторичной рекристаллизации, механизм ее образования. Анизотропия свойств текстурованных металлов.

Отжиг для уменьшения остаточных напряжений. Механизм снижения остаточных напряжений при нагревах.

Фазовые и структурные превращения при нагреве. Аустенитизация. Структурная наследственность.

Фазовые и структурные превращения при охлаждении. Диаграммы иэотермического превращения и термокинетические диаграммы.

Перлитное превращение. Отжиги – перекристаллизационный, нормализация, изотермический, патентирование, сфероидизирующий, графитизирующий.

Закалка без полиморфного превращения. Изменение структуры и свойств при закалке.

Закалка с полиморфным превращением. Микроструктура и субструктура мартенсита. Упрочнение и изменение пластичности при закалке на мартенсит. Критическая скорость охлаждения при закалке. Закаливаемость и прокаливаемость.

Бейнитное превращение. Строение бейнита. Изотермическая закалка.

Старение. Природа упрочнения при старении. Влияние температуры и продолжительности старения на механические и физические свойства сплавов. Перестаривание, ступенчатое старение. Влияние температуры нагрева под закалку и скорости охлаждения на формирование структуры и свойств сплавов при старении.

Отпуск. Изменение микроструктуры, субструктуры и фазового состава при отпуске. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость.

**6. Термомеханическая обработка. Химико-термическая обработка**

Термомеханическая обработка. Структурные изменения при пластической деформации. Динамическая полигонизация и динамическая рекристаллизация. Возврат и рекристаллизация после горячей деформации.

Высокотемпературная и низкотемпературная термомеханическая обработка. Термомеханическая обработка дисперсионно-твердеющих сплавов.

Химико-термическая обработка. Элементарные процессы при химико-термической обработке. Структура диффузионных слоев и ее связь с диаграммой состояния.

Азотирование, цементация, нитроцементация, алитирование, хромирование, борирование, сульфидирование, силицирование. Термоводородная обработка.

**7. Технология термической обработки**

Современное оборудование для закалки, отжига, отпуска, химико-термической и других видов термической обработки сталей и сплавов.

Агрегаты непрерывного отжига и закалки. Автоматизация полного цикла термической обработки.

Способы достижения высоких скоростей нагрева и охлаждения изделий при термической обработке. Внутренние напряжения и деформация изделий при термической обработке. Нагрев при термической обработке изделий в защитных средах и вакууме.

Дефекты термической обработки. Газонасыщение и его влияние на структуру и свойства сплавов. Методы борьбы с поводками и короблением.

**8. Упругая и пластическая деформация. Разрушение**

Диаграммы деформирования моно- и поликристаллов, многофазных сплавов. Механизмы упругой и пластической деформации. Деформационное упрочнение, влияние на него температуры и скорости деформации. Теория предела текучести. Эффект Баушингера. Упрочнение при образовании твердых растворов и при выделении избыточных фаз (когерентных и некогерентных).

Влияние размера зерна на механические свойства. Сверхпластичность. Неупругость.

Хрупкое и вязкое разрушение. Схемы зарождения трещин. Распространение трещин при хрупком и вязком разрушении. Природа хладноломкости. Порог хладноломкости. Строение изломов.

Ползучесть. Механизмы и стадии ползучести. Релаксация напряжений. Кратковременная и длительная прочность. Влияние состава и структуры сплавов на ползучесть.

Усталостная прочность. Диаграммы усталости. Механизм усталости. Факторы, влияющие на усталостную прочность. Контактная усталость. Износ.

**9. Методы исследования и контроля структуры и свойств металлов**

Методы изучения микроструктуры. Световая микроскопия. Методы количественной металлографии. Электронная микроскопия (метод реплик, дифракционная микроскопия фольг, сканирующая микроскопия, микродифракция). Рентгеноструктурный и электронографической анализ. Микрорентгеноспектральный анализ. Локальный анализ состава по электронным спектрам.

Методы измерения физических свойств (термический анализ, калориметрия, дилатометрия, измерение плотности, резистометрия, магнитный анализ и др.). Методы определения коррозионных свойств.

Механические свойства металлов и сплавов. Методы их измерения. Статические и динамические испытания. Испытания на ползучесть, длительную прочность и релаксацию напряжений. Усталостные испытания.

**10. Промышленные сплавы (основы легирования и термической обработки, свойства, области применения)**

Стали. Классификация стали по структуре, составу, назначению. Чугуны и их классификация. Модифицирование чугунов.

Алюминий и его сплавы. Титан и его сплавы. Медь и ее сплавы. Никель и его сплавы. Магний и его сплавы. Сплавы на основе тугоплавких металлов.

Сплавы с особыми физическими свойствами: высоким и низким электросопротивлением, магнитно-твердые и магнитно-мягкие стали и сплавы, сплавы с особыми упругими и тепловыми свойствами. Сверхпроводящие сплавы. Сплавы с эффектом запоминания формы и сверхупругости.

## Рекомендуемая основная литература

1. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник. // М.: Металлургия, 1986. - 541 с.
2. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. Учебник // М.: Металлургия, 1990. - 335 с.
3. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. Учебник // М.: Металлургия, 1992. - 271 с.
4. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов // М.: МИСиС, 1998. - 400 с.

**Дополнительная литература**

1. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термическая обработка и рентгенография // М.: МИСиС, 1994. - 479 с.
2. Колачев Б.А. и др. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов: Учебник. // М.: Металлургия, 1992. - 271 с.
3. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. – М.: Наука, 1994. – 303 с.
4. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М., Металлургия, 1980. – 320 с.
5. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г. и др. Материаловедение: Учебник для вузов. Под общей редакцией Арзамасова Б.Н., Мухина Г.Г. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.- 648 с.
6. В.П.Горбатенко, В.В.Горбатенко. Кольорові метали та сплави: Підручник // Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2012.- 300 с.
7. Алімов В.І., Дурягіна З.А. Корозія та захист від корозії: Навчальний посібник // Донецьк-Львів, ТОВ «Східний видавничий дім», 2012.-328 с.
8. Соколов К.Н. Оборудование термических цехов: Учебное пособие // Киев-Донецк, «Вища школа», 1984. – 328 с.

**СОГЛАСОВАНО:**

**Заведующий сектором аттестации педагогических,**

**научно-педагогических и научных кадров**

**Министерства образования и науки И.П. Масюченко**

**Проректор по научной работе К.Н. Маренич**

**Начальник юридического отдела Л.Е. Извекова**