

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ



Заместитель председателя приемной  
комиссии ТГУ

Э.С. Бабошина  
2016 г.

**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания**  
**при приеме на обучение в магистратуру**

22.04.01. «Материаловедение и технологии материалов»

(код и наименование направления подготовки)

Инжиниринг перспективных материалов и диагностика поведения

материалов в изделиях

(наименование магистерской программы)

Руководитель магистерской программы –

Клевцов Геннадий Всеволодович, д.т.н, профессор каф.НМиМ

(Фамилия Имя Отчество, ученая степень, звание)

**Материаловедение. Перспективные материалы**

Тольятти 2016

## **1. Пояснительная записка**

1.1. Цель магистерской программы «Инжиниринг перспективных материалов и диагностика поведения материалов в изделиях» - повышение профессионального уровня специалистов в соответствующей области за счет углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки, а также формирование компетенций в области научно-исследовательской деятельности и развитие навыков профессиональной коммуникации.

1.2. Программа вступительного испытания по «Материаловедению. Перспективным материалам» сформирована на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по программе бакалавриата 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов».

1.3. Абитуриент, поступающий для обучения по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», магистерская программа «Инжиниринг перспективных материалов и диагностика поведения материалов в изделиях», должен знать:

- основы строения и свойства материалов;
- пластическую деформацию, механические и физические свойства;
- термическую и химико-термическую обработку сталей;
- существующие различные материалы.

## **2. Порядок проведения вступительного испытания**

2.1. Вступительное испытание (экзамен) проводится в форме автоматизированного тестирования.

2.2. Тест включает в себя **50 вопросов**.

2.3. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

2.4. Время тестирования – **90 минут**.

2.5. Абитуриент обязан иметь при себе документ, удостоверяющий личность и гражданство, а также пропуск, выданный приемной комиссией.

## **3. Содержание вступительного испытания**

### **3.1. Модуль 1. Основы строения и свойств материалов**

#### **3.1.1. Строение идеального кристалла**

Пространственные решетки. Классы симметрии и координационные системы для описания кристаллов. Правило выбора элементарной ячейки.

Определение символов атомных плоскостей и направлений в кристаллических решетках.

Влияние различных факторов на кристаллическую структуру.

Кристаллографический анализ – связь типа кристаллической решетки кристаллов с механическими и физическими свойствами.

### 3.1.2. Дефекты кристаллов

Понятие дефектов кристаллического строения металлов и сплавов. Классификация дефектов.

Точечные дефекты. Виды точечных дефектов. Миграция точечных дефектов. Источники и стоки точечных дефектов. Комплексы точечных дефектов. Влияние точечных дефектов на механические и физические свойства металлов и сплавов.

Основные типы дислокаций. Краевые дислокации. Скольжение и переползание краевых дислокаций. Винтовые дислокации. Скольжение винтовых дислокаций. Дислокации Шокли и Франка. Вектор Бюргерса. Образование дислокаций. Плотность дислокаций. Упругие взаимодействия дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Атмосферы Коттрелла, Снука, Сузуки. Влияние дислокаций на механические и физические свойства металлов и сплавов.

Поверхностные дефекты. Границы зерен и субзерен в поликристаллах. Малоугловые и высокоугловые границы.

### 3.1.3. Кристаллизация металлов и сплавов

Основные закономерности кристаллизации металлов. Механизмы зарождения и роста кристаллов. Гомогенное гетерогенное зарождение кристаллов. Кинетика и морфология роста кристаллов.

Закономерности кристаллизации сплавов. Кривые Таммана. Макро- и микроструктура литого металла. Модифицирование. Ликвация. Эвтектическая кристаллизация, строение эвтектик. Перетектическая кристаллизация. Сверхбыстрое охлаждение и аморфное затвердевание металлических сплавов. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Электронные соединения, фазы Лавеса, фазы внедрения.

Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем. Правило рычага. Диаграммы состояния тройных систем, политермические и изотермические разрезы. Структуры кристаллов металлических элементов. Полиморфизм металлов.

Твердые растворы на основе металлических элементов. Ближний порядок в твердых растворах и его параметры. Теория упорядочения.

Металлические соединения, их классификация. Электронные соединения (фазы Юм-Розери). Фазы Лавеса, сигма фазы, фазы со структурой типа  $\text{Cr}_3\text{Si}$ , типа  $\text{NiAs}$ , фазы внедрения. Условия образования, электронная и атомная структура этих фаз.

Диффузия в металлах, теория диффузии и атомные механизмы диффузии. Влияние микроструктуры. Реактивная диффузия.

Фазовых превращениях в твердом состоянии. Причины и механизмы фазовых превращений в твердом состоянии. Взаимная ориентировка фаз, принцип структурного и размерного соответствия. Строение и механизм движения межфазной границы при росте кристаллов в твердом состоянии, сдвиговое и нормальное превращение. Особенности мартенситного превращения.



Фазовые переходы I и II рода. Упорядочение. Фазовые превращения при нагреве, растворение частиц второй фазы, гомогенизация. Особенности превращений при быстром нагреве.

#### 3.1.4. Микроструктура стали и чугунов.

Фазы в сплавах железо-углерод. Полиморфные превращения в чистом железе. Диаграмма железо-углерод. Сталь и чугун. Микроструктура и свойства армко железа, доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной углеродистых сталей. Фазовые превращения при нагреве и охлаждении сталей с различным содержанием углерода.

Микроструктура и свойства доэвтектического, эвтектического и заэвтектического углеродистых чугунов. Фазовые превращения при нагреве и охлаждении белого чугуна с различным содержанием углерода. Промышленные чугуны. Микроструктура, свойства и способы получения серого, высокопрочного и ковкого чугунов. Области применения.

### **3.2. Модуль 2. Пластическая деформация, механические и физические свойства**

#### 3.2.1. Теоретические аспекты пластической деформации

Упругая и пластическая деформация. Основные механизмы пластической деформации монокристаллов. Скольжение. Двойникование. Пластическая деформация поликристаллов. Текстура деформации и наклеп материала. Деформационное упрочнение. Изменение структуры и свойств в результате холодной деформации металлов и металлических сплавов. Влияние температуры на характер кривых напряжение-деформация. Сверхпластичность материалов.

#### 3.2.2. Рекристаллизация

Влияние нагрева на изменение структуры и свойств холоднодеформированных сплавов. Возврат и рекристаллизация. Изменение структуры и свойств при отжиге и полигонизации. Первичная собирательная и вторичная рекристаллизация. Изменение структуры и свойств при первичной и собирательной рекристаллизации. Холодная и горячая деформация материалов.

#### 3.2.3. Механические свойства

Упругая и пластическая деформация. Модули упругости. Способы определения упругих констант. Системы скольжения в кубических и гексагональных металлах. Диаграммы деформации моно- и поликристаллов.

Упругость металлов и металлических фаз. Внутреннее трение, основные механизмы.

Механизмы пластической деформации. Упрочнение твердых растворов. Упрочнение второй фазой. Влияние границ зерен и субзерен на упрочнение в поликристалле.

Классификация и виды механических испытаний. Испытания при однократных видах нагружения (статические и динамические). Циклическое нагружение. Условие подобия механических испытаний: геометрическое, механическое, физическое.

Понятие твердости материалов. Методы испытания материалов на твердость (методы Бринелля, Роквелла, Виккерса, Шора). Метод определения микротвердости. Механические испытания образцов на растяжение. Понятие прочности и пластичности материалов. Испытание на ползучесть и релаксацию напряжений. Длительная прочность. Испытания образцов на ударную вязкость.

Понятие конструктивной прочности материалов. Прочность материалов с трещиной. Задачи механики разрушения. Понятие коэффициента интенсивности напряжения. Трещиностойкость материала. Локальное напряженное состояние материала. Методы определения трещиностойкости (вязкости разрушения) материалов.

Прочность материалов при циклическом нагружении. Методы определения предела усталости (выносливости) материала. Кривые усталости. Мягкая и жесткая схемы нагружения образцов. Коэффициенты интенсивности напряжения при циклическом нагружении. Кинетическая диаграмма усталостного разрушения. Уравнение Пэриса. Критические и пороговые значения коэффициентов интенсивности напряжения.

#### 3.2.4. Разрушение

Механизмы вязкого и хрупкого разрушения. Макро- и микростроение вязких и хрупких изломов. Условие перехода от вязкого разрушения к хрупкому. Хладноломкость. Сосредоточенное и рассредоточенное вязко-хрупкое разрушение. Стандартные методы определения критических температур хрупкости. Квазихрупкое и смешанное разрушение. Макро- и микростроение квазихрупких и смешанных изломов. Механизмы деформации и разрушения при ползучести.

Усталостное разрушение. Стадийность усталостного разрушения. Макро- и микростроение изломов, полученных в области многоциклового и малоциклового усталости.

#### 3.2.5. Теплоемкость, теплосодержание и теплопроводность.

Теплоемкость. Удельная теплоемкость. Закон Дюлонга-Пти. Характеристическая температура Дебая. Теплоемкость металлов. Температурная зависимость теплоемкости. Влияние фазовых превращений I и II рода на теплоемкость. Тепловое расширение твердых тел. Теплопроводность твердых тел. Применение методов калориметрического и термического анализа в металловедении.

#### 3.2.6. Электрические свойства.

Электропроводность металлов. Зависимость электрического сопротивления чистых металлов от температуры и давления. Влияние



дефектов на электрическое сопротивление металлов. Электрическое сопротивление неупорядоченных и упорядоченных твердых растворов. Электрические свойства химических соединений и промежуточных фаз. Электрические свойства гетерогенных сплавов.

Применение электрического анализа для построения диаграмм фазового равновесия, для изучения закалки, отпуска стали, старения, распада переохлажденного аустенита, упорядочения. Принципы создания сплавов для проводников и элементов сопротивления.

### 3.2.7. Магнитные свойства.

Основные виды магнетизма. Диамагнетизм и парамагнетизм твердых тел. Диа- и парамагнитные металлы, их положение в таблице Менделеева. Закон Кюри-Вейса. Методы измерения пара- и диавосприимчивости. Пара- и диамагнитные свойства металлических фаз и гетерогенных сплавов. Ферромагнетизм. Температура Кюри. Кривая намагничивания и цикл магнитного гистерезиса. Антиферромагнетизм. Температура Нееля. Понятие магнитной кристаллографической анизотропии.

Магнитные свойства твердых растворов, металлических фаз и гетерогенных сплавов. Требования к фазовому состоянию и микроструктуре магнитно-мягких и магнитно-жестких сплавов.

## **3.3. Модуль 3. Термическая и химико-термическая обработка сталей**

### 3.3.1. Теоретические основы термической обработки сплавов

Нормальные (диффузионные) и бездиффузионные (мартенситные) превращения в сплавах в твердом состоянии. Превращения в углеродистой стали при нагреве. Начальное зерно, наследственное (природное) зерно, действительное аустенитное зерно. Схема роста зерна в наследственно крупнозернистой и мелкозернистой сталях.

Распад переохлажденного аустенита при постоянной температуре. Кинетические кривые и диаграмма изотермического превращения переохлажденного аустенита. Механизм и кинетика перлитного превращения, бейнитного превращения, мартенситного превращения. Распад переохлажденного аустенита при непрерывном охлаждении. Критическая скорость охлаждения. Термодинамика, структура и свойства продуктов превращения.

Мартенситное превращение: кинетика, морфология. Влияние состава стали на температурный интервал и кинетику превращений. Стабилизация аустенита. Влияние пластической деформации на мартенситное превращение. Термоупругий мартенсит. Эффект памяти формы. Термические и структурные напряжения при закалке.

Изменение структуры при отпуске. Влияние температуры отпуска на структуру и свойства стали. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость. Деформационное старение.

Распад пересыщенного раствора при старении. Типы выделений: полностью когерентные, частично когерентные и некогерентные. Естественное и искусственное старение.

### 3.3.2. Основные виды термической обработки

Классификация видов термической обработки. Собственно-термическая, термомеханическая, химико-термическая обработка. Назначение каждого вида термической обработки. Основные закономерности изменения структуры и свойств.

Собственно-термическая обработка (СТО). Отжиг 1-го рода: гомогенизационный отжиг, докристаллизационный и рекристаллизационный отжики, отжиг для уменьшения остаточных напряжений. Отжиг 2-го рода: полный, неполный, сфероидизирующий, нормализационный (нормализация), изотермический, патентирование.

Закалка без полиморфного превращения, закалка с полиморфным превращением, закалка с плавлением поверхности. Объемная и поверхностная закалка стали.

Старение: естественное, искусственное. Отпуск. Виды отпуска стали: низкий, средней и высокий.

Термомеханическая обработка (ТМО). Высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО), низкотемпературная термомеханическая обработка (НТМО), предварительная термомеханическая обработка (ПТМО).

Химико-термическая обработка (ХТО). Диффузионное насыщение неметаллами, диффузионное насыщение металлами, диффузионное удаление элементов.

### 3.3.3. Практика термической обработки

Режимы гомогенизационного, рекристаллизационного и дорекристаллизационного отжигов сталей и цветных сплавов, а также отжига, уменьшающего напряжения. Разновидности и режимы отжига 2-го рода, применяемые для доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной сталей. Разновидности и режимы отжига 2-го рода чугунов: отжиг белого чугуна на ковкий, отжиг для устранения отбела, низкотемпературный смягчающий отжиг. Разновидности отжига 2-го рода цветных металлов и сплавов: гетерогенизационный отжиг, отжиг с фазовой перекристаллизацией.

Выбор режимов при закалке сталей и сплавов без полиморфных превращений. Выбор режимов при закалке доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной сталей на мартенсит. Закаливаемость и прокаливаемость стали. Напряжения, возникающие при закалке: фазовые и термические. Разновидности объемной закалки сталей: закалка в одном охладителе, прерывистая закалка или закалка в двух средах, струйчатая закалка, закалка с самоотпуском, ступенчатая закалка, изотермическая закалка.



Выбор режимов старения на примере алюминиевого сплава. Виды и режимы отпуска стали. Обратимая и необратимая отпускная хрупкость. Возможные пути их устранения.

#### 3.3.4. Химико-термическая обработка

Процессы, происходящие при химико-термической обработке. Образование однофазной и многофазной диффузионной зоны. Технологические процессы и режимы диффузионного насыщения неметаллами (цементация, азотирование, цианирование и т.д.), диффузионного насыщения металлами (алитирование, хромирование, цинкование и т.д), а также диффузионного удаления элементов (обезводороживание, обезуглероживание, обезкислороживание и т.д.).

### **3.4. Модуль 4. Материалы**

#### 3.4.1. Металлические материалы.

Конструкционные углеродистые стали: обыкновенного качества, качественные стали, автоматные стали.

Конструкционные легированные стали и сплавы: конструкционные (машиностроительные) цементируемые стали, конструкционные (машиностроительные) улучшаемые стали, высокопрочные стали, рессорно-пружинные стали, шарикоподшипниковые стали, стали и сплавы с особыми свойствами (жаростойкие стали и сплавы, жаропрочные стали и сплавы, коррозионностойкие (нержавеющие) стали и сплавы, криогенные стали и сплавы, износостойкие стали и сплавы, тугоплавкие металлы и сплавы).

Промышленные чугуны. Серый, высокопрочный и ковкий чугуны с ферритной, перлитной и ферритно-перлитной металлической основой.

Цветные конструкционные сплавы. Сплавы на основе титана. Литейные и деформируемые алюминиевые сплавы. Сплавы на основе меди (латуни и бронзы).

Инструментальные стали и сплавы. Классификация по теплостойкости (нетеплостойкие, полутеплостойкие и теплостойкие инструментальные стали). Классификация по назначению (стали для режущего инструмента, штамповые стали, стали для измерительного инструмента). Твердые сплавы. Состав, структура и свойства.

Стали и сплавы с особыми физическими свойствами. Магнитные стали и сплавы, стали и сплавы с высоким электросопротивлением, сплавы с заданным значением коэффициента теплового расширения, сплавы с постоянным модулем упругости.

#### 3.4.2. Неметаллические материалы

Пластмассы. Композиты на основе полимерной матрицы. Керамические материалы и стекло. Керамические композиты. Резиновые материалы. Древесина. Клеи. Лакокрасочные материалы. Состав, классификация, свойства и область применения.



### 3.4.3. Маркировка сталей и сплавов

Принцип маркировки углеродистых и легированных конструкционных и инструментальных сталей. Обозначение легирующих элементов в сталях. Маркировка твердых сплавов. Маркировка промышленных чугунов. Маркировка цветных сплавов. Маркировка сталей и сплавов с особыми физическими свойствами.

## **3.5. Модуль 5. Перспективные материалы**

### 3.5.1. Наноматериалы

Нанотехнологии. Влияние дисперсности на свойства вещества. Критический диаметр наночастиц. Технические приложения нанотехнологии. Конструкционные наноматериалы. Функциональные наноматериалы. Наноматериалы семейства фуллеренов. Наноматериалы в микроэлектронике.

### 3.5.2. Композиционные материалы

Дисперсно-упрочненные композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы. Порошковые композиционные материалы. Антифрикционные самосмазывающиеся композиционные материалы. Микромеханика композиционных материалов. Компоненты композиционных материалов. Свойства и применение композиционных материалов.

### 3.5.3. Наноквазикристаллы. Нанополикристаллы

Особенности механического поведения наноквазикристаллов. Практическое применение наноквазикристаллов. Структура индивидуальных нанозерен. Основные особенности структуры нанополикристаллического агрегата. Модели Холла-Петча.

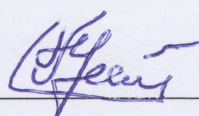
## **4. Критерии и нормы оценки**

4.1. Вступительное испытание оценивается по **100-балльной шкале**.

4.2. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительных испытаний при приеме – **40**.

Разработчики программы:

Профессор каф. «НМиМ», д.т.н.



Г.В. Клевцов

## 5. Рекомендуемая литература

1. Турилина В. Ю. Материаловедение [Электронный ресурс]: Механические свойства металлов. Термическая обработка металлов. Специальные стали и сплавы : учеб. пособие / В. Ю. Турилина ; под ред. С. А. Никулина. - Москва : МИСиС, 2013. - 154 с. - ISBN 978-5-87623-680-7.
2. Солнцев Ю. П. Материаловедение [Электронный ресурс] : учебник / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин ; под ред. Ю. П. Солнцева . - Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2014. - 782 с. - (Учебник для вузов). - ISBN 978-5-93808-236-9.