

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИФПМ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ



Директор ИФПМ СО РАН

чл.-к. РАН

С.Г. Псахье

« 31 »

20 14 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 05.16.01
МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ 22.06.01 ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Отрасль науки: 05.00.00 Технические

Форма обучения: очная/заочная

Томск 2014

Программа вступительного экзамена по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

1. Силы связи в твердых телах

Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.

Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO₃.

Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

2. Строение металлов и сплавов

Электронное строение и физические свойства металлов. Поверхность Ферми и зоны Бриллюэна.

Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Упорядоченные твердые растворы. Электронные соединения, фазы Лавеса, s-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.

3. Кристаллическое строение и его дефекты

Основные типы кристаллических решеток. Элементарные ячейки. Индексы направлений и плоскостей в кристаллической решетке. Анизотропия свойств кристаллов. Типичные кристаллические решетки металлов. Кристаллографические плоскости и направления с наибольшей плотностью упаковки атомов в кубической и гексагональных решетках.

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. Дислокационные сетки и малоугловые границы. Высокоугловые границы. Двойники. Кристаллография и механизм деформационного двойникования.

4. 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. Возврат и рекристаллизация. Первичная собирательная и вторичная рекристаллизация. Динамическая рекристаллизация. Текстуры рекристаллизации.

Кристаллизация расплава, гомогенное гетерогенное зарождение кристаллов.

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. Непрерывный и прерывистый распад.

5. Термическая обработка

Классификация видов термической обработки.

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

Дорекристаллизационный и рекристаллизационный отжиг. Отдых. Полигонизация. Первичная, собирательная и вторичная рекристаллизация. Механизм и кинетика отдыха, виды полигонизации и рекристаллизации, влияние на них предшествующей пластической деформации, примесей, температуры и продолжительности отжига. 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.

Фазовые превращения при нагреве. Структурная наследственность.

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, прокаливаемость.

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. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Классификация физических свойств по их структурной чувствительности.

Плотность металлов, металлических фаз, гетерогенных сплавов. Методы определения плотности. Изменение плотности металлов при деформации, аллотропических превращениях и плавлении и др. взаимодействиях. Сжимаемость металлов.

Термическое расширение металлов и сплавов. Методы определения термического расширения и объемного эффекта превращения (дилатометрия). Дилатометрические исследования превращений в сплавах. Сплавы с заданным коэффициентом расширения (инвар, ковар, платинит и др.).

Удельная теплоемкость. Атомная теплоемкость, ее температурная зависимость. Теплоемкость простых и переходных металлов. Теплоемкость электронного газа. Характеристическая температура. Правило Неймана и Коппа для металлических фаз и гетерогенных сплавов. Применение методов калориметрического и термического анализа в металловедении.

Тепловые свойства. Термический анализ и его применение. Термическое расширение. Дилатометрическое исследование фазовых превращений.

Упругие свойства. Неупругость. Механизмы внутреннего трения. Применение метода внутреннего трения.

Основные методы измерения электрических свойств. Физическая сущность электрической проводимости металлов. Зависимость электрического сопротивления чистых металлов от температуры и давления. Влияние дефектов на электрическое сопротивление металлов. Электрическое сопротивление неупорядоченных и упорядоченных твердых растворов. Концентрационная зависимость электрического сопротивления твердых растворов (правило Маттиссена-Флеминга). Неоднородные твердые растворы (К-состояние). 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. Технические материалы с особыми электрическими свойствами.

Основные виды магнетизма и их признаки. 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. Магнитные свойства ферромагнетиков. Кривая намагничивания и цикл магнитного гистерезиса. Понятие о размагничивающем факторе. Основные методы измерения ферромагнитных свойств. Спонтанная намагниченность. Природа обменного взаимодействия. Условие появления ферро- и антиферромагнетизма.

Магнитные свойства твердых растворов, металлических фаз и гетерогенных сплавов. Применение магнитного анализа для изучения диаграмм фазового равновесия, структурных превращений при закалке и отпуске сталей, для изучения процессов упорядочения и др. Требования к фазовому состоянию и микроструктуре магнитно-мягких и магнитно-жестких сплавов.

Применение магнитных и электрических методов для изучения фазовых равновесий, изменений микроструктуры и превращений в сплавах.

7. Упругая и пластическая деформация. Разрушение

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

Механизмы пластической деформации. Теории упрочнения при деформации. Упрочнение в твердых растворах. Упрочнение второй фазы. Влияние границ зерен и субзерен на упрочнение в поликристалле. Зависимость механических свойств от состава в двойных системах.

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.

Разрушение. Механизмы хрупкого и вязкого разрушения и строение изломов. Переход от вязкого разрушения к хрупкому. Хладноломкость. Стандартные методы механических испытаний. Испытание на растяжение и сжатие. Истинные диаграммы деформации. Испытание на изгиб и кручение – области применения. Характеристики твердости.

Ударная вязкость. Характеристики пластичности и вязкости разрушения. Конструктивная прочность.

8. Методы исследования и контроля структуры и свойств металлов

Методы изучения микроструктуры. Световая микроскопия. Методы количественной металлографии.

Рассеяние рентгеновских лучей электроном, атомом, кристаллом. Структурная амплитуда. Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей. Обратная решетка и сфер Эвальда. Основные методы рентгеноструктурного анализа: метод Лауэ, вращения, метод порошка, их применение и информационные возможности. Выражение для интегральной интенсивности рентгеновских отражений в этих методах (кинематическая теория).

Анализ диаграмм состояния с помощью рентгеноструктурного метода. Анализ упорядочения структурными методами. Изучение процессов распада пересыщенных твердых растворов. Анализ дефектов кристаллического строения по изменениям распределения интенсивности (ширины) рентгеновских отражений.

Оптическая схема просвечивающего электронного микроскопа, формирование изображения. Методы исследования в просвечивающем электронном микроскопе. Кинематическая теория дифракционного контраста. Контраст в изображении дефектов кристаллического строения: дислокаций, дефектов упаковки, границ зерен, включений. Эффекты динамического рассеяния.

Растровая микроскопия. Микрорентгеноспектральный анализ.

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.

Основная литература

1. Гуляев А.П. *Металловедение: Учебник для вузов.* М.: *Металлургия*, 1986.
2. Новиков И.И., Розин К.М. *Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов.* М.: *Металлургия*, 1990.
3. Новиков И.И. *Теория термической обработки металлов. Учебник для вузов.* М.: *Металлургия*, 1992.
4. Золотаревский В.С. *Механические свойства металлов.* М.: *Изд-во МИСиС*. 1998.

Дополнительная литература

1. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. *Металловедение, термическая обработка и рентгенография.* М.: *Изд-во МИСиС*, 1994.
2. *Технология термической обработки цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов* /Б.А. Колачев и др. М.: *Металлургия*, 1992.
3. Ильин А.А. *Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах.* М.: *Наука*, 1994.
4. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. *Физические свойства металлов и сплавов.* М.: *Металлургия*, 1980.
5. Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков. *Физика металлов.* М., *Металлургия*, 1978.
6. А.М. Захаров. *Диаграммы состояния двойных и тройных систем.* М., *Металлургия*, 1978.
7. Шаскольская М.П. *Кристаллография.* М., *Высшая школа*, 1983.
8. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. *Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия.* М., *Металлургия*, 1982.
9. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. *Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов.* М., *Атомиздат*, 1987.
10. Мирошниченко И.С. *Закалка из жидкого состояния.* М., *Металлургия*. 1980.
11. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. *Физические свойства металлов и сплавов.* М., *Металлургия*, 1981.
12. Шульце Г. *Металлофизика.* М., *Мир*, 1971, 503 с илл.
13. М.Л. Бернштейн. *Структура деформированных металлов.* М., *Металлургия*, 1977.