

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева
Уральского отделения Российской академии наук

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в аспирантуру

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

**2.6. ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ,
МЕТАЛЛУРГИЯ**

Екатеринбург 2022

ПРОГРАММА ПО КУРСУ «МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ» ДЛЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ЭКЗАМЕНОВ В АСПИРАНТУРУ

ВВЕДЕНИЕ

1. Разработка П.П. Аносовым основ учения о макро- и микроструктуре стали. Учение Д.К. Чернова о фазовых превращениях в железе и стали. Термодинамический и молекулярно-кинетический методы анализа в металлографии.

ОДНОКОМПОНЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

2. Затвердевание металлов. Строение жидкого металла. Основные параметры кристаллизации. Скорость образования центров новой фазы и линейная скорость роста кристаллов. Механизм образования зародышей новой фазы, изменение свободной энергии при образовании зародыша критического размера, связь скорости образования зародышей со степенью переохлаждения, роль включений и стенок формы при зарождении кристаллов. Механизм роста кристаллов, связь линейной скорости роста со степенью переохлаждения. Реальные формы роста металлических кристаллов. Влияние переохлаждения, растворимых и нерастворимых примесей на форму растущего кристалла. Дендритные кристаллы и механизмы их роста. Работы Д.К. Чернова по затвердеванию слитка. Направленная кристаллизация, зонная плавка, выращивание монокристаллов.

3. Структурные изменения в твердых металлах. Роль диффузии в структурных изменениях. Грануляция и рост зерен. Перекристаллизация, обусловленная полиморфизмом металлов. Роль внутренних напряжений и поверхностной (зернограничной) энергии. Взаимная кристаллографическая ориентировка материнской и новой фазы, видманштеттова структура. Кинетика полиморфных превращений (диффузионная и мартенситная), магнитные превращения. Массивное полиморфное превращение.

4. Структурные изменения в металлах при деформации и последующем отжиге. Поведение металлов при упругой и пластической деформации. Скольжение и двойникование. Дислокационный механизм скольжения и двойникования. Особенности деформации поликристаллов. Образование текстуры. Разупрочнение деформированных металлов при нагреве путем отжига и рекристаллизации. Кинетика первичной, собирательной и вторичной рекристаллизации. Текстура рекристаллизации. Величина зерна в зависимости от степени деформации и температуры отжига. Структурные изменения при горячей деформации металлов. Изменение свойств при пластической деформации и рекристаллизации.

ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

5. Атомное строение фаз, образующихся в металлических системах. Жидкие растворы. Твердые растворы (типы твердых растворов, факторы, влияющие на растворимость в твердом состоянии). Промежуточные фазы (соединения валентного типа, сверхструктуры, электронные соединения, фазы внедрения, сигма-фазы, фазы Лавеса). Соединения постоянного и переменного состава. Энергия образования, температура плавления фаз. Смеси фаз.

6. Основные типы диаграмм фазового равновесия с помощью диаграммы состояния. Методы построения диаграмм фазового равновесия, основы физико-химического анализа по Курнакову. Применение правила фаз к изучению двойных систем. Системы двух компонентов, полностью растворившихся в жидком и твердом состоянии,

кристаллизация твердых растворов в таких системах. Внутрикристаллитная ликвация. Системы двух компонентов, полностью растворяющихся в жидком и ограниченно в твердом состоянии. Диаграммы фазового равновесия таких систем. Системы эвтектические и перитектические. Нерастворимость в твердом состоянии, как предельный случай ограниченной растворимости. Затвердевание сплавов этого типа. Кинетика и механизм эвтектической кристаллизации. Структура эвтектик. Монотектические и синтектические превращения.

7. Диаграммы состояния систем с полиморфными превращениями. Эвтектоидное, перетектоидное и монотектоидное превращения. Системы двух компонентов, образующих промежуточные фазы; диаграмма фазового равновесия в таких системах.

8. Конгруэнтно и неконгруэнтно плавящиеся соединения.

ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ

9. Методы изображения диаграмм фазового равновесия в тройных системах. Основные виды диаграмм фазового равновесия в трехкомпонентных системах. Системы трех компонентов, обладающих полной растворимостью в жидком и твердом состоянии. Системы трех компонентов, обладающих полной растворимостью в жидком и ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Системы с трехфазными и четырехфазными эвтектическими превращениями. Нерастворимость в твердом состоянии, как предельный случай ограниченной растворимости. Системы с трехфазными и четырехфазными перитектическими превращениями. Трехкомпонентные системы с промежуточными фазами. Связь свойств тройных сплавов с их фазовым составом.

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТВЕРДОМ СОСТОЯНИИ

10. Упорядочение твердых растворов. Полиморфные и магнитные превращения в двойных сплавах. Сдвиговый и нормальный механизм и кинетика полиморфного превращения твердых растворов. Распад пересыщенных твердых растворов. Явление коалесценции и сфероидизации кристаллов выделяющейся фазы. Диаграммы изотермических превращений. Свойства сплавов в связи со структурой.

СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

11. Железо и его сплавы. Диаграмма фазового состояния железо-углерод. Технически чистое железо. Его аллотропия. Строение и свойства графита и цементита. Перлит. Ледебурит.

12. Структура стали в литом и деформированном состояниях. Микроструктура стального слитка при затвердевании в различных условиях и влияние на нее условий охлаждения и обычных примесей – спутников железа. Влияние химической неоднородности на макро- и микроструктуру литой стали. Макро- и микроструктура при холодной деформации стали. Текстура. Волокнистость. Полосчатость и анизотропия в зависимости от условий обработки и состава. Связь рекристаллизации и накладываются на нее фазовой перекристаллизации при прохождении критического интервала температур при нагреве под термическую обработку и в процессе горячей обработки давлением.

13. Структура чугуна. Условия образования структуры и свойств белого, серого и ковкого чугунов. Влияние состава, перегрева в жидком состоянии, сечения отливок и условий затвердевания на структуру чугуна. Отжиг белого чугуна при производстве ковкого чугуна.

14. Метастабильные структуры стали, получающиеся в результате термообработки. Получение неустойчивых состояний железо-углеродистых сплавов с целью придания этим сплавам технически важных свойств. Условия получения таких состояний. Структуры, получающиеся при отжиге. Разновидности феррита, цементита и перлита (сорбит, троостит). Образование квазиэвтектоидных структур.
15. Структура закаленной стали. Роль работ Г.В. Курдюмова в изучении структуры закаленной стали. Мартенсит и бейнит.
16. Кинетика распада переохлажденного аустенита при постоянных температурах и получающиеся при этом структуры в перлитной области и области бейнита. Кинетика мартенситного превращения. Физические и механические свойства закаленной стали.
17. Неустойчивость переохлажденной структуры. Изменение структуры при отпуске. Свойства отпущенной стали.
18. Закалочное и деформационное старение технического железа.
19. Графитизированные стали и возможности замены ими подшипниковых сплавов.
20. Структура легированных сталей. Влияние одного и двух легирующих элементов на аллотропию железа. Карбидообразование и промежуточные фазы. Важнейшие диаграммы состояния железо–легирующий элемент и железо–углерод–легирующий элемент. Структура легированных сталей. Классификация легированных сталей по стабильному состоянию (аустенитный, ферритный, полуферритный, перлитный и ледебуритный классы).

НЕЖЕЛЕЗНЫЕ СПЛАВЫ

21. Меди и ее сплавы. Строение и свойства меди. Диаграммы фазового равновесия в системах меди с кислородом, серой и свинцом. Изменение строения и свойств меди под влиянием пластической деформации и термической обработки. Сплавы медь-цинк. Структура, свойства и применение латуней.
22. Бронзы. Диаграммы фазового равновесия в системах меди с оловом, алюминием и кремнием. Строение и свойства оловянных бронз. Влияние примесей на оловянные бронзы. Бронзы, не содержащие олова. Применение различных бронз.
23. Никель и его сплавы. Строение и свойства никеля. Влияние примесей на структуру и свойства никеля. Диаграммы фазового равновесия никеля с медью, железом и хромом. Свойства и применение сплавов на никелевой основе (жаропрочные и прецизионные).
24. Легкие сплавы. Алюминий, магний, титан и их сплавы. Алюминий и его свойства. Диаграмма фазового равновесия в двойных и тройных системах на основе алюминия. Термически неупрочняемые алюминиевые сплавы. Литейные сплавы на алюминиевой основе. Модифицирование силумина. Магний и его свойства. Магниевого сплавы. Диаграммы фазового равновесия в системах магния с различными элементами. Титан и его сплавы. Аллотропия титана. Альфа- и бета-стабилизирующие элементы. Диаграммы фазового равновесия. Мартенситное превращение в титане и его сплавах.
25. Свинец, олово и их сплавы. Чистые олово и свинец, их строение, свойства, примеси в них. Подшипниковые сплавы с оловянной, свинцовой и оловянно–свинцовой основами. Диаграммы фазового равновесия в системах свинец-олово, олово-сурьма, свинец-олово-сурьма. Ликвация в подшипниковых сплавах и методы ее устранения. Влияние условий охлаждения на строение и свойства подшипниковых сплавов.
26. Свинцово – кальциевые подшипниковые сплавы, их свойства и строение. Диаграммы фазового равновесия систем свинца с натрием и кальцием. Медно-свинцовые подшипниковые сплавы и возможности их замены сталями. Припой, свойства и применение припоев.

27. Сплавы благородных металлов.
28. Вольфрам, молибден, ниобий и их сплавы. Твердые сплавы.
29. Композиционные материалы. Особенности строения сплавов, полученных спеканием.

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, 400с.
5. Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термическая обработка и рентгенография // М.: МИСиС. 1994, 479с.
6. Колачев Б.А. и др. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов: Учебник. // М.: Металлургия, 1992, 271 с.
7. Ильин А.А. Механизм и кинетика фазовых и структурных превращений в титановых сплавах. – М.: Наука, 1994. – 303 с.
8. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М., Металлургия, 1980.
9. 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.