

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ МЕТАЛЛОВ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИПСМ РАН, д.ф.-м.н.

Р.Р. Мулюков

2014 г.

ПРОГРАММА

вступительных экзаменов в аспирантуру ИПСМ РАН

по направлению 22.06.01 «Технологии материалов»

Профиль

«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

Уфа 2014

1. ОБЩЕЕ СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ (1-5)

Понятие «металл». Особенности электронного строения атомов простых и переходных металлов. Классификация металлов. Природа и энергия межатомных связей: ионной, ковалентной, металлической; Ван-дер-Ваальсовой силы. Потенциальная энергия взаимодействия атомов. Связь свойств металлов с природой металлической связи.

Строение жидких металлов. Ближний и дальний порядок. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. Типы сингоний. Решетки Браве. Обозначение узлов, направлений и плоскостей в кристаллической решетке (индексы Миллера-Браве). Типичные кристаллические решетки металлов. Плотность упаковки, координационное число, период решетки. Влияние типа решетки на свойства металлов. Моно- и поликристаллы. Методы получения монокристаллов. Структурно чувствительные и нечувствительные свойства металлов.

Классификация дефектов кристаллического строения металлов: точечные, линейные и поверхностные дефекты. Вакансии и дислоцированные атомы. Образование и миграция точечных дефектов. Термодинамика точечных дефектов. Источники и стоки точечных дефектов. Комплексы вакансий. Примесные атомы внедрения, замещения. Взаимодействие примесных атомов в кристаллической решетке. Феноменология краевой и винтовой дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Энергия неподвижной дислокации. Консервативное и неконсервативное движение дислокаций. Полные и частичные дислокации. Типичные дислокации в металлах с ОЦК, ГЦК и ГПУ решеткой. Упругое взаимодействие дислокаций. Дислокационное строение металла, плотность дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Дефекты упаковки, антифазные границы. Растянутые дислокации. Границы двойников роста. Малоугловые и высокоугловые границы зерен. Специальные и произвольные границы зерен. Зернограничные дислокации. Взаимодействие поверхностных и точечных дефектов (атмосферы Сузуки).

2. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ (1-3,6,7)

Феноменология кристаллизации. Термодинамическое рассмотрение кристаллизации. Представление о критическом зародыше. Кинетика кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное образование зародышей. Величина зерна при кристаллизации. Направленная кристаллизация. Модифицирование. Дендритное строение металлического слитка (по Бочвару). Равновесная и неравновесная кристаллизация. Дендритная и зональная ликвация. Физические причины дендритного строения и формирования ликваций. Зонная плавка.

3. ДИФФУЗИЯ В МЕТАЛЛАХ (1,2,8)

Атомные механизмы диффузии. Опыт Киркендалла. Термодинамическое рассмотрение диффузии. Основные законы диффузии (1 и 2 законы Фика). Восходящая диффузия. Роль диффузии в структурных и фазовых превращениях в металлах и сплавах.

4. ФАЗОВЫЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ И СТРУКТУРА СПЛАВОВ. ДВОЙНЫЕ И ТРОЙНЫЕ СИСТЕМЫ (1,2,9)

Понятия сплав, фаза, компонент. Термодинамика фазовых превращений. Правило фаз Гиббса. Классификация фаз. Строение и свойства неупорядоченных и упорядоченных твердых растворов, промежуточных фаз. Точка Курнакова. Термодинамические потенциалы системы как функции ее состояния. Термодинамические условия равновесия системы. Стабильная и метастабильная фаза. Диаграмма состояния однокомпонентной системы в координатах температура-давление. Двойные фазовые диаграммы и методы их построения. Основные диаграммы фазового равновесия двойных сплавов. Полная растворимость, нерастворимость, ограниченная растворимость. Эвтектическое, перитектическое, монотектическое, метатектическое, синтектическое превращения. Влияние фазовых превращений на строение и свойства двойных сплавов. Определение фазового состава сплава по диаграмме. Основы графического метода термодинамики на примере типичных бинарных диаграмм.

Построение диаграмм сплавов тройных систем. Анализ тройных диаграмм: фазовые превращения, изотермические и политермические разрезы. Диаграммы состояний с двойными и тройными конгруэнтно плавящимися соединениями. Сингулярная триангуляция (по Курнакову).

5. СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В ТВЕРДЫХ МЕТАЛЛАХ/СПЛАВАХ (1-6,10,11)

Жесткий сдвиг, теоретическая прочность металлов. Дислокационный механизм пластической деформации. Системы скольжения и двойникования. Закон Шмида. Влияние типа решетки, температуры и скорости деформации на действующие системы скольжения и двойникования. Изменение внутреннего строения металла/сплава при пластической деформации. Изменение внутреннего строения зерен. Наклеп. Металлографическая и кристаллографическая текстура. Изменение свойств металла/сплава при пластической деформации. Способы упрочнения металлов и сплавов (по Одингу). Размер зерен и прочность металла/сплава.

Отжиг 1 и 2 рода. Разновидности отжигов 1 рода. Физические процессы,

происходящие при гомогенизационном, дорекристаллизационном и рекристаллизационном отжиге. Первичная, собирательная и вторичная рекристаллизация. Движущие силы, механизмы, кинетика рекристаллизации. Изменение свойств при дорекристаллизационном и рекристаллизационном отжиге. Горячая деформация. Динамический возврат и динамическая рекристаллизация. Механизмы деформации и рекристаллизации при горячей деформации. Методы измельчения структуры, основанные на горячей деформации. Влияние горячей деформации на структуру и свойства металлов/сплавов. Сверхпластичность. Феноменология, природа и механизмы, применение сверхпластичности.

Аллотропические превращения (полиморфизм) в металлах. Магнитное превращение. Диффузионный и мартенситный (бездиффузионный) механизмы твердофазного превращения. Строение поверхностей раздела фаз (когерентная, частично когерентная и некогерентная граница). Гомогенное и гетерогенное зарождение новой фазы. Термодинамика, механизм и кинетика диффузионного фазового превращения. Диаграммы изотермического диффузионного превращения. Принцип ориентационного и размерного соответствия (принцип Данкова-Конобеевского). Движущие силы, механизм и кинетика мартенситного превращения.

6. ДИАГРАММА ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД. ЖЕЛЕЗО И ЕГО СПЛАВЫ (1,2,9,10)

Чистое железо. Аллотропические превращения в чистом железе. Диаграмма железо-углерод (метастабильная, стабильная). Стали и чугуны. Основные фазовые превращения. Строение фаз на диаграмме железо-углерод. Формирование структуры до- и заэвтектоидных сталей. Аустенитизация. Скорость аустенитизации, формирование структуры при аустенитизации. Перлитное превращение. Перлит, сорбит, троостит, бейнит. Размер колоний, межпластинчатое расстояние, их влияние на механические свойства. Разновидности отжига 2 рода для сталей: полный, изотермический, нормализационный, патентирование, сфероидизирующий отжиг. Их влияние на структуру и механические свойства. Фазовая перекристаллизация в сталях. Бейнитное превращение. Закалка сталей. Механизм и кинетика мартенситного превращения. Структура и свойства мартенсита. Прокаливаемость. Отпуск сталей. Разновидности отпуска. Процессы, происходящие при отпуске сталей. Изменение свойств сталей при отпуске. Термомеханическая обработка (ТМО) сталей. ВТМО и НТМО. Влияние термомеханической обработки на структуру и свойства сталей. Формирование структуры чугунов. Белый и серый чугун. Отжиг чугунов. Его влияние на структуру и свойства чугунов. Высокопрочный и ковкий чугун, методы получения, строение, свойства.

7. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ (9,10,12-14)

Легирование сталей. Классификация сталей. Общие принципы термической обработки сталей различного назначения. Термическая обработка легированных конструкционных сталей, легированных и высоколегированных инструментальных сталей. Термическая обработка сталей для штампов холодной и горячей штамповки. Термическая обработка нержавеющей сталей. Термическая обработка аустенитно-мартенситных, мартенситно-старееющих, высокопрочных аустенитных трип-сталей.

Физико-механические свойства и классификация алюминиевых сплавов. Термически упрочняемые и неупрочняемые алюминиевые сплавы. Состав и свойства литейных и деформируемых алюминиевых сплавов. Закономерности распада пересыщенного твердого раствора в термически упрочняемых алюминиевых сплавах. Практика упрочняющей термической обработки алюминиевых сплавов: условия нагрева, охлаждения, критическая скорость закалки, прокаливаемость, дисперсионное упрочнение при старении. Применение алюминиевых сплавов.

Физико-механические свойства и классификация жаропрочных никелевых сплавов. Состав и свойства литейных и деформируемых никелевых сплавов. Никелевые сплавы, получаемые литьем и порошковой металлургией. Деформационная и термическая обработка никелевых сплавов. Применение никелевых сплавов.

Физико-механические свойства титана и его сплавов. Взаимодействие титана с легирующими элементами и примесями. Классификация титановых сплавов. Фазовые превращения в титановых сплавах. Деформационная и термическая обработка α -, ($\alpha+\beta$)-, β -титановых сплавов. Применение титановых сплавов.

Химико-термическая обработка (ХТО) поверхности сталей и сплавов. Основные физико-химические процессы при ХТО. Виды ХТО: цементация, азотирование, диффузионная металлизация и др. ХТО обработки сталей. Область применения сталей и сплавов, подвергнутых ХТО.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Лифшиц Б.Г. Металлография. - М.: Металлургия, 2001.
2. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. - М.: Атомиздат, 1978.
3. Золотаревский В.С. Механические свойства металлов.- М.: МИСИС, 1998.
4. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки:

- Учебник для вузов. - М.: Металлургия, 1990. - 336 с.
5. Новиков И.И., Золоторевский В.С., Портной К.К. и др. Металловедение. Т. II. - М.: Изд. дом МИСиС, 2009. - 528 с.
 6. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. - М.: Металлургия, 1984.
 7. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. - М.: Изд. дом «Альянс», 2009. - 528 с.
 8. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах. - М.: Металлургия, 1978. - 248 с.
 9. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Учеб. пособие для вузов. - М.: Металлургии, 1990. - 240 с.
 10. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов: Учебник для вузов, 4-е издание. - М.: Металлургия, 1986. - 480 с.
 11. Сверхпластичность ультрамелкозернистых сплавов: эксперимент, теория, технологии. Под редакцией Мулюкова Р.Р., Имаева Р.М., Назарова А.А., Имаева В.М., Имаева М.Ф. - М.: Наука, 2014. - 284 с.
 12. Колачев Б.А., Елагин В.И., Ливанов В.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов. – М.: МИСИС, 2005. – 432 с.
 13. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие для студентов вузов. Под ред. В.С. Чередниченко. - М.: Омега-Л, 2007. - 752 с.
 14. Смирнов М.А., Счастливец В.М., Журавлев Л.Г. Основы термической обработки стали: учебное пособие. - Екатеринбург: УрО РАН, 1999.- 495 с.

Дополнительная литература

1. Кан Р.У. Физическое металловедение. Вып. 3. В 3-х томах. - М.: Металлургия, 1987.
2. Бернштейн М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. В 2-х томах.- М.: Металлургия, 1968.
3. Баррет Ч.С., Масальский Т.Б. Структура металлов. В 2-х томах. - М.: Металлургия, 1984.
4. Мартин Дж. Микромеханизмы дисперсионного твердения сплавов. - М.: Металлургия, 1983. - 167 с.
5. Строганов Г.Б., Кайбышев О.А., Фаткуллин О.Х. Сверхпластичность при обработке материалов давлением. - М.: ОНТИ МАТИ, 2001. - 94 с.
6. Кайбышев О.А., Утяшев Ф.З. Сверхпластичность, измельчение структуры и обработка труднодеформируемых сплавов. - М.: Наука, 2002. - 450 с.

7. Носкова Н.И., Мулюков Р.Р. Субмикроструктурные и нанокристаллические металлы и сплавы. - Екатеринбург: УрО РАН, 2003. - 279 с.
8. Теплухин Г.Н., Пейсахов А.М. Фазовые превращения в сталях перлитного класса. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. - 219 с.
9. Чумаченко Е.Н., Смирнов О.М., Цепин М.А. Сверхпластичность: материалы, теория, технологии. - М.: Книжный дом «Либроком», 2009. - 320 с.
10. Перспективные материалы. Т II: Конструкционные материалы и методы управления их качеством. Под ред. Д.Л. Мерсона. - ТГУ, МИСиС, 2007. - 468 с.
11. Ливанов Д.В. Физика металлов: Учебник для вузов. - М.: МИСиС, 2006. - 280 с.
12. Штремель М.А. Прочность сплавов: Учебник для вузов. В 2-х томах. - М.: МИСИС, 1997,1999.
13. Рекристаллизация металлических материалов. Под ред. Ф. Хесснера. - М.: Metallurgia, 1982.
14. Задиранов А.Н., Кац А.М. Теоретические основы кристаллизации металлов и сплавов: учебное пособие для вузов. - М. РУДН, 2008. - 225 с.
15. Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. - М.: Мир, 1972.