

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ

ПРИНЯТО

На заседании кафедры материаловедения и
физики металлов
института авиационных технологий и материалов

Протокол от «22» 12 20 22 г. № 6

Зав. кафедрой  / Е.В. Парфенов

УТВЕРЖДЕНО

Проректор по учебно-методической
работе




А.Б. Галимханов

«28» 12 20 22 г.

**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**ПРОГРАММА
вступительного экзамена по научной специальности
2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы**

Разработчик (разработчики):


(подпись)

/ к.т.н., доцент, доцент кафедры МиФМ О.Б. Кулясова
(ученая степень, ученое звание, должность, фамилия и.о.)

ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине
при приеме на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научных и научно-педагогических
кадров в аспирантуре по научной специальности

2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

Кристаллография и дефекты кристаллического строения

Основные типы кристаллических решеток. Элементарные ячейки. Кристаллографические плоскости и направления. Индексы Миллера. Решетка Бравэ. Кристаллические системы (сингонии). Междоузельные атомы и вакансии. Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Плотность дислокаций. Источники Франка-Рида. Границы зерен. Методы определения разориентировок. Теория металлической связи. Образование межатомных связей в металлах с различным типом решеток.

Методы получения объемных наноматериалов

Определение терминов «наноматериалы», «нанотехнологии», «ультрамелкозернистые материалы». Классификация наноматериалов. Наноматериалы на основе углерода. Основные методы получения объемных наноматериалов. Схемы деформации при равноканальном угловом прессовании (РКУП), интенсивной пластической деформации кручением (ИПДК), винтовой экструзии, множественной прокатке. Эквивалентная деформация в методе РКУП. Влияние угла пересечения каналов, маршрута прессования и количества проходов на формирование УМЗ структуры в методе РКУП. Логарифмическая степень деформации, сдвиговая деформации и эквивалентная деформация в методе ИПДК. Расчетная зависимость эквивалентной деформации от количества оборотов и расстояния до центра ИПДК диска.

Методы изучения структуры наноматериалов

Природа рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэгга. Спектр рентгеновского излучения. Закон Мозли. Получение рентгеновского излучения (рентгеновские трубки). Метод Лауэ. Метод вращающегося кристалла. Метод Дебая-Шерера. Основные различия в рентгенограммах нанокристаллического и крупнозернистого образцов. Определение размера областей когерентного рассеяния и величины среднеквадратичных микроискажений кристаллической решетки по уравнению Шерера-Вильсона. Понятия кристаллографической текстуры, сферической проекции, стереографической проекции и полюсной фигуры. Взаимодействие электронов с веществом. Устройство электромагнитной линзы. Схема работы электронной пушки. Типы катодов электронного микроскопа. Сферическая абберация. Хроматическая абберация. Астигматизм. Разрешение электронного микроскопа. Функции линз в электронном микроскопе. Толщинные контура экстинкции. Определение толщины фольги. Изгибные контура экстинкции. Муаровы узоры. Кикучи-линии. Контраст на изображении дислокаций.

Особенности структуры наноматериалов

Особенности структуры чистых металлов, подвергнутых ИПДК (средний размер зерен, среднеквадратичные микроискажения, спектр разориентировок, плотность дислокаций). Влияние исходного среднего размера зерна на изменение в структуре чистых металлов под воздействием ИПДК. Сравнение структуры в металлах после обработки различными методами интенсивной пластической деформации (всесторонняя ковка, винтовая экструзия, множественная прокатка, РКУП). Диаграмма состояния железо-углерод и классификация сталей. Структура ферритной, аустенитной и феррит-перлитной сталей подвергнутых РКУП. Влияние интенсивной пластической деформации (ИПД) на структуру интерметаллидов Ni_3Al и $TiNi$. Модельные представления о структуре наноматериалов, полученных методами ИПД.

Рост зерен в наноматериалах

Рост зерен в чистых металлах в зависимости от температуры и времени отжига. Особенности роста зерен в наноструктурной меди полученной методом ИПДК. Схема эволюции структуры при нагреве нанокристаллических металлов. Механизмы роста зерен в процессе интенсивной пластической деформации в наноматериалах с размером зерен менее 50 нм и более 100 нм. Пути стабилизации УМЗ структуры в металлических материалах. Влияние нагрева на структуру нанокристаллических интерметаллидов Ni₃Al и TiNi.

Пластическая деформация наноматериалов

Стадии деформации на диаграмме механических испытаний на растяжение. Пути повышения пластичности наноматериалов. Механизмы деформационного упрочнения. Силы Пайерлса - Набарро. Атмосферы Коттрелла. Дислокационное упрочнение в наноматериалах. Вклады большеугловых и малоугловых границ зерен в упрочнение металлов. Экспериментальная зависимость предела текучести от среднего размера зерна в наноматериалах. Скоростная чувствительность напряжения течения, ее зависимость от скорости растяжения. Влияние двойников на прочность и пластичность. Определение и основные признаки сверхпластичности. Уравнение состояния сверхпластического течения. Механизмы деформации, обеспечивающие сверхпластическое течение. Твердорастворное и дисперсионное упрочнение в алюминиевых сплавах. Зоны Гинье-Престона. Сегрегации и методы их изучения. Влияние фазового перехода $\alpha \rightarrow \omega$ в наноструктурном титане на прочность и пластичность. Механические свойства наноструктурных образцов интерметаллидов Ni₃Al и TiNi.

Усталость и разрушение

Методы испытаний на усталость и ударную вязкость. Основные характеристики усталости. Полная диаграмма усталости. Зависимость предела выносливости от среднего размера зерна и чистоты металла. Изменения в структуре УМЗ образцов после усталостных испытаний. Виды разрушений. Хрупко-вязкий переход. Механизмы зарождения и развития трещин. Рельеф на поверхности излома после различных видов разрушения. Характер разрушения в УМЗ сталях при различных температурах.

Основная литература

1. Наноматериалы и нанотехнологии : [учебник для вузов] / В. А. Богуслаев [и др.] ; под ред. В. А. Богуслаева .— Запорожье : АО "Мотор Сич", 2014 .— 207с.
2. Наноструктурные покрытия и наноматериалы: Основы получения. Свойства. Области применения. Особенности современного наноструктурного направления в нанотехнологии / Н. А. Азаренков [и др.] ; Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина, Сумской государственный университет .— Изд. стереотип. — Москва :Либроком, 2013 .— 368 с. : ил.
3. Волков, Г. М. Объемные наноматериалы : [учебное пособие] / Г. М. Волков .— Москва : Кнорус, 2013 .— 168 с. : ил. ; 21 см .
4. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури .— 2-е изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 .— 366 с.
5. Исламгалиев, Р. К. Методы исследования структуры и свойств наноматериалов [Электронный ресурс] : [учебное пособие] / Р. К. Исламгалиев ; ФГБОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет .— Электронные текстовые данные (1 файл: 38,8 МБ) .— Уфа : УГАТУ, 2013 .

Дополнительная литература

1. Валиев, Р. З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р. З. Валиев, И. В. Александров .— Москва : Логос, 2000 .— 272 с.

2. Исламгалиев Р.К. Кристаллография, рентгеноструктурный анализ и электронная микроскопия. Учебное пособие. Уфа: УГАТУ, 2008. – 110с.
3. Исламгалиев Р.К. Физика прочности и пластичности объемных наноматериалов. Учебное пособие. Уфа: УГАТУ, 2009. – 147с.
4. Золоторевский, Вадим Семенович. Механические свойства металлов : / В. С. Золоторевский .— Москва : МИСИС, 2013 .— 400 с. 5.
5. Кайбышев О.А. Сверхпластичность промышленных сплавов. М.: Металлургия. 1984. – 264с.

Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.