

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ
Зам. декана ФНМ по учебной
работе
_____/А.В. Кнотько /
«__» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Прочность и пластичность неорганических материалов

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки:
04.04.02 Химия, физика и механика материалов

Направленность (профиль)/специализация ОПОП:
Фундаментальное материаловедение

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Методической комиссией факультета наук о материалах
(протокол №_____, дата)

Москва 2016

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Химия, физика и механика материалов» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки) в редакции приказа МГУ от _____20__ г.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО: Вариативная часть, профессиональная подготовка, дисциплина магистерской программы по выбору студентов, курс предназначен для студентов магистратуры факультета наук о материалах **2-го года обучения (3-й семестр)**, курс является обязательным

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия (если есть):

Дисциплины и модули профессиональной подготовки бакалавриата
Современные проблемы материаловедения
Перспективные неорганические материалы со специальными функциями

3. Результаты обучения по дисциплине:

Знать: теоретические основы формирования прочности и пластичности неорганических материалов, включая наноструктурные материалы, основные понятия физической и конструктивной прочности, основные структурными механизмами упрочнения и разрушения, основные принципами повышения пластичности неорганических материалов

Уметь: целенаправленно применять конструкционные и функциональные материалы с заданным комплексом механических свойств в процессе научно-исследовательских и технологических исследований

Владеть: навыками систематического подхода к решению структурно-механических задач фундаментального и прикладного характера

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е. (72 ак.ч.)

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Вид работы	Семестр				Всего
	3				
Общая трудоёмкость, акад. Часов	72				72
Аудиторная работа:	24				24
Лекции, акад. Часов	24				24
Семинары, акад. Часов					
Лабораторные работы, акад. часов					
Самостоятельная работа, акад. Часов	48				48
Вид итогового контроля (зачёт, экзамен)	Экз.				

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Раздел 1. Основные понятия физической и конструктивной прочности твердых тел.

Тема 1. Основные понятия физической прочности твердых тел.

Содержание темы: Теоретическая прочность твердого тела. Модель Френкеля-Конторовой. Упругая и пластическая деформация. Закон Гука. Модули нормальной упругости, сдвига и всестороннего сжатия. Кривая пластического течения. Пределы пропорциональности, упругости текучести и прочности. Площадка и зуб текучести, деформационное упрочнение. На-пряжение разрушения. Относительное удлинение и относительное сужение. Виды механических испытаний.

Тема 2. Основные понятия конструктивной прочности твердых тел.

Содержание темы: Понятие конструктивной прочности. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Жесткость, прочность, надежность и долговечность материалов. Усталость. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Периодичность и стадийность процессов циклической деформации. Фреттинг, фреттинг-коррозия и фреттинг-усталость деталей машин и конструкций Пути повышения конструктивной прочности неорганических материалов..

Раздел 2. Дислокационная теория прочности и пластичности.

Тема 1. Понятие о дислокациях.

Содержание темы: Общая классификация дефектов структуры. Точечные, линейные, плоские и объемные дефекты. Вакансии, примеси и границы зерен. Дислокации. Контур Бюргера. Краевая, винтовая и смешанная дислокация. Поле напряжений дислокации. Упругое взаимодействие дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Поперечное скольжение. Источники дислокаций. Энергия дислокации. Системы скольжения. Подвижность дислокаций..

Тема 2. Взаимодействие дислокаций. Дисклинации.

Содержание темы: Расщепленные дислокации. Дефекты упаковки. Энергия дефекта упаковки. Дислокации в реальных кристаллах. Тетраэдр Томсона. Скалярная и тензорная плотность дислокаций. Системы скольжения. Скользящие и сидячие дислокации. Дислокационные модели границ зерен. Дисклинации. Вектор Франка. Полные и частичные дисклинации. Поле напряжений дисклинации. Дисклинации в реальных кристаллах. Экспериментальные методы наблюдения дислокаций, дисклинаций и дефектов упаковки.

Раздел 3. Основные принципы структурного упрочнения материалов.

Тема 1. Субструктурное, дисперсионное и зернограничное упрочнение.

Содержание темы: Механизмы пластической деформации: дислокационное течение, двойникование, мартенситные превращения. Прочность монокристаллов. Закон Боаса-Шмида. Барьер Пайерлса. Атмосферы на дислокациях. Равновесное содержание примесей и упрочнение атмосферами. Деформационное старение и зуб текучести. Субструктурное упрочнение. Влияние границ зерен. Соотношение Холла-Петча. Твердорастворное упрочнение. Упорядоченные сплавы и антифазные границы. Сверхдислокации. Когерентные и некогерентные выделения. Упрочнение частицами второй фазы.

Тема 2. Влияние температуры и скорости деформации. Сверхпластичность

Содержание темы: Влияние температуры и скорости деформации. Статическая и динамическая деформация. Квантовые эффекты при гелиевых температурах. Большие (мегапластические) деформации. Методы получения больших деформаций. Деформационная фрагментация и низкотемпературная динамическая рекристаллизация. Сверхпластичность. Зернограничное проскальзывание. Ползучесть.

Раздел 4. Физика и механика пластичности и разрушения неорганических материалов.

Тема 1. Пластичность.

Содержание темы: Неупругость и микропластичность. Сверхупругость и память формы. Неустойчивость и локализация пластического течения. Совместность и прерывистость пластического течения. Деформация и внутренние напряжения. Влияние на пластичность температуры, облучения и фазовых превращений. Термически активируемая деформация. Скоростные аномалии пластического течения.

Тема 2. Разрушение.

Содержание темы: Виды разрушения. Хрупкое и вязкое разрушение. Вязко-хрупкий переход. Схема Иоффе. Фрактография. Механика разрушения. Трещина Гриффитса. Эффективная энергия трещины. Трещиностойкость. Влияние структуры и внешних факторов. Водородное охрупчивание. Особенности разрушения керамики и интерметаллидов. Замедленное и усталостное разрушение. Методы торможения растущих трещин. Композиты и пористые структуры. Основные методы повышения пластичности материалов. Размол и диспергирование. Механоактивация.

Раздел 5. Прочность и пластичность нанокристаллических материалов.

Тема 1. Прочность и пластичность нанокристаллов.

Содержание темы: Структура наноматериалов. Структурные механизмы пластической деформации и разрушения. Механические свойства. Нанопорошки и нанотрубки. Слоистые наноматериалы и покрытия. Объемные наноматериалы. Композиционные наноматериалы с металлической и керамической матрицей. Наноматериалы с полимерной матрицей. Полимерные нанокомпозиты со слоистыми силикатами. Перспективные области применения конструкционных наноматериалов и нанокомпозитов с металлической, керамической и полимерной матрицей.

Тема 2. Прочность и пластичность аморфных и аморфно-нанокристаллических сплавов.

Содержание темы: Аморфные материалы. Методы получения массивных и тонкопленочных аморфных материалов. Структурные модели. Аморфные металлические сплавы и аморфные керамики. Особенности механических свойств. Структурные механизмы пластической деформации и разрушения. Аморфно-нанокристаллические сплавы, полученные с помощью тепловых, деформационных воздействий, а также методами напыления и осаждения. Проблема термической и временной стабильности.

Раздел 6. Основные направления разработки перспективных конструкционных материалов.

Содержание темы: Современные требования к прочности и пластичности неорганических материалов. Материалы с высокой удельной прочностью. Биосовместимые объемные материалы и покрытия. Радиационноустойчивые материалы. Вязкие керамики. «Умные» материалы. Многофункциональные материалы. Градиентные, гибридные и метаматериалы. Новые принципы создания перспективных материалов. СВС-синтез. Порошковая металлургия. Закалка из расплава. Большие пластические деформации. Имплантация и плазменное напыление. Принцип комплексных экстремальных воздействий. Принцип инженерии границ зерен. Нанотехнологии.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Вопросы для тестирования:

1. Понятие конструктивной прочности.
2. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Жесткость, прочность, надежность и долговечность материалов.
3. Усталость. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Периодичность и стадийность процессов циклической деформации.
4. Фреттинг, фреттинг-коррозия и фреттинг-усталость деталей машин и конструкций
5. Пути повышения конструктивной прочности неорганических материалов.
6. Источники дислокаций.
7. Энергия дислокации.
8. Системы скольжения.
9. Подвижность дислокаций.
10. Расщепленные дислокации.
11. Дефекты упаковки.
12. Энергия дефекта упаковки.
13. Дислокации в реальных кристаллах. Тетраэдр Томсона.
14. Скалярная и тензорная плотность дислокаций.
15. Скользящие и сидячие дислокации.
16. Дислокационные модели границ зерен.
17. Экспериментальные методы наблюдения дислокаций и дефектов упаковки.

18. Виды разрушения. Хрупкое и вязкое разрушение.
19. Вязко-хрупкий переход. Схема Иоффе.
20. Фрактография.
21. Механика разрушения. Трещина Гриффитса.
22. Эффективная энергия трещины. Трещиностойкость.
23. Влияние структуры и внешних факторов.
24. Водородное охрупчивание.
25. Особенности разрушения керамик и интерметаллидов.
26. Замедленное и усталостное разрушение.
27. Метода торможения растущих трещин.
28. Композиты и пористые структуры.
29. Особенности разрушения нанокристаллов.
30. Эффект подавления дислокационного течения.
31. Основные методы повышения пластичности наноматериалов

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

1. Теоретическая прочность твердого тела. Модель Френкеля-Конторовой. Упругая и пластическая деформация. Закон Гука. Модули нормальной упругости, сдвига и всестороннего сжатия.
2. Кривая пластического течения. Пределы пропорциональности, упругости текучести и прочности. Площадка и зуб текучести, деформационное упрочнение. Напряжение разрушения. Относительное удлинение и относительное сужение. Виды механических испытаний.
3. Понятие конструктивной прочности. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам. Жесткость, прочность, надежность и долговечность материалов. Усталость. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Периодичность и стадийность процессов циклической деформации. Фреттинг, фреттинг-коррозия и фреттинг-усталость деталей машин и конструкций. Пути повышения конструктивной прочности неорганических материалов.
4. Общая классификация дефектов структуры. Точечные, линейные, плоские и объемные дефекты. Вакансии, примеси и границы зерен. Дислокации. Контур Бюргерса. Краевая, винтовая и смешанная дислокация. Поле напряжений дислокации. Упругое взаимодействие дислокаций. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Поперечное скольжение. Источники дислокаций. Энергия дислокации. Системы скольжения. Подвижность дислокаций.
5. Расщепленные дислокации. Дефекты упаковки. Энергия дефекта упаковки. Дислокации в реальных кристаллах. Тетраэдр Томсона. Скалярная и тензорная плотность дислокаций. Системы скольжения. Скользящие и сидячие дислокации. Дислокационные модели границ зерен.
6. Дисклинации. Вектор Франка. Полные и частичные дисклинации. Поле напряжений дисклинации. Дисклинации в реальных кристаллах. Экспериментальные методы наблюдения дислокаций, дисклинаций и дефектов упаковки.
7. Механизмы пластической деформации: дислокационное течение, двойникование, мартенситные превращения. Прочность монокристаллов. Закон Боаса-Шмида. Барьер Пайерлса. Атмосферы на дислокациях. Равновесное содержание примесей и упрочнение атмосферами. Деформационное старение и зуб текучести. Субструктурное упрочнение. Влияние границ зерен. Соотношение Холла-Петча. Твердорастворное упрочнение. Упорядоченные сплавы и антифазные границы. Сверхдислокации. Когерентные и некогерентные выделения. Упрочнение частицами второй фазы.
8. Влияние температуры и скорости деформации. Статическая и динамическая деформация. Квантовые эффекты при гелиевых температурах. Большие (мегапластические) деформации. Методы получения больших деформаций. Деформационная фрагментация и низкотемпературная динамическая рекристаллизация. Сверхпластичность. Зернограничное проскальзывание. Ползучесть.
9. Неупругость и микропластичность. Полосы Чернова-Людерса. Сверхупругость и память формы. Неустойчивость и локализация пластического течения. Совместность и прерывистость

пластического течения. Деформация и внутренние напряжения. Влияние на пластичность температуры, облучения и фазовых превращений. Термически активируемая деформация. Скоростные аномалии пластического течения.

10. Виды разрушения. Хрупкое и вязкое разрушение. Вязко-хрупкий переход. Схема Иоффе. Фрактография. Механика разрушения. Трещина Гриффитса. Эффективная энергия трещины. Трещиностойкость. J - интеграл. Влияние структуры и внешних факторов. Водородное охрупчивание. Особенности разрушения керамик и интерметаллидов. Замедленное и усталостное разрушение. Метода торможения растущих трещин. Композиты и пористые структуры. Основные методы повышения пластичности материалов. Размол и диспергирование. Механоактивация.

11. Структура наноматериалов. Структурные механизмы пластической деформации и разрушения. Аномалия соотношения Холла-Петча. Низкотемпературное зернограничное проскальзывание. Механические свойства. Нанопорошки и нанотрубки. Слоистые наноматериалы и покрытия. Объемные наноматериалы. Композиционные наноматериалы с металлической и керамической матрицей. Наноматериалы с полимерной матрицей. Полимерные нанокомпозиты со слоистыми силикатами. Перспективные области применения конструкционных наноматериалов и нанокомпозитов с металлической, керамической и полимерной матрицей.

12. Аморфные материалы. Методы получения массивных и тонкопленочных аморфных материалов. Структурные модели. Аморфные металлические сплавы и аморфные керамики. Особенности механических свойств. Структурные механизмы пластической деформации и разрушения. Аморфно-нанокристаллические сплавы, полученные с помощью тепловых, деформационных воздействий, а также методами напыления и осаждения. Проблема термической и временной стабильности.

13. Ковалентные и ионные кристаллы. Квазикристаллы и низкоразмерные структуры. Механизмы деформации и разрушения. Анизотропия механических свойств и размерные эффекты.

14. Современные требования к прочности и пластичности неорганических материалов. Материалы с высокой удельной прочностью. Биосовместимые объемные материалы и покрытия. Радиационностойкие материалы. Вязкие керамики. «Умные» материалы. Многофункциональные материалы.

15. Градиентные, гибридные и метаматериалы. Новые принципы создания перспективных материалов. СВС-синтез. Порошковая металлургия. Закалка из расплава. Большие пластические деформации. Имплантация, лазерное и плазменное напыление. Принцип комплексных экстремальных воздействий. Принцип инженерии границ зерен. Нанотехнологии.

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

1. Г. Готтштайн. Физико-химические основы материаловедения. Москва. БИНОМ. 2012
2. М.А. Штремель. Прочность сплавов. Том I и II. Москва. МИСиС. 1999
3. Л.Р. Ботвина. Разрушение. Москва. Наука. 2008
4. А.М.Глезер, Е.А. Левашов, М.Ю. Королева. Конструкционные наноматериалы. Москва. МИСиС. 2011

6.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)

Не требуется

6.3. Описание материально-технического обеспечения.

аудитория с доской, компьютерный проектор

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.

7. Разработчик (разработчики) программы.

д.ф.-м.н. А.М. Глезер