

Программа

краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников
высшей школы по направлению

“ Объемные конструкционные и функциональные наноструктурированные материалы
(металлы и сплавы, керамика, цементы, композиты и гибриды), технологии их получения”

на базе учебного курса

Кристаллизация аморфных сплавов

(наименование учебного курса)

Цель Выявление основных закономерностей кристаллизации аморфных сплавов, полученных методом сверхбыстрой закалки

Категория слушателей преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения 12 часов

Форма обучения очно-заочная

Режим занятий 8 часов в день

Целью данного курса является *ознакомление с физическими процессами, протекающими при кристаллизации аморфных ленточных материалов, полученных методом сверхбыстрой закалки на вращающийся диск-холодильник. На установке дифференциального калориметрического анализа STA 409 CD фирмы «Netzsch» (Германия), на примере аморфных лент из сплавов на основе Ti и Ni проводятся лабораторные работы по закреплению навыков, полученных в ходе изучения теоретического материала.*

Требования к уровню освоения учебного курса.

Преподаватели должны:

- **Знать:**
 - структурные особенности аморфных металлических сплавов;
 - физико-химические процессы, протекающие в аморфных металлических сплавах при нагревании;
 - устройство установки для термического анализа STA 409 CD фирмы «Netzsch» (Германия)
 - модели структуры аморфных металлических сплавов;
- **Иметь навыки:**
 - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области знаний, связанной с кристаллизацией аморфных металлических сплавов;
 - включать приобретенные знания о процессах кристаллизации аморфных металлических сплавов в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных научных и методических разработках;
 - переносить полученных знания о процессах кристаллизации аморфных металлических сплавов на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных научных и методических разработок.
- **Иметь представление:**
 - о технологиях получения аморфных металлических сплавов;
 - о физико-химических особенностях аморфных металлических сплавов;
 - о применении аморфных и закристаллизовавшихся металлических сплавов.

Научные работники должны:

- **1.Знать:**
 - структурные особенности аморфных металлических сплавов;

- физико-химические процессы, протекающие в аморфных металлических сплавах при нагревании;
- основы принципа работы высокотемпературного дифференциального термического анализатора;
- устройство установки для термического анализа STA 409 CD фирмы «Netzsch» (Германия)
- **2.Иметь навыки:**
 - сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области знаний, связанной с кристаллизацией аморфных металлических сплавов;
 - включать приобретенные знания о процессах кристаллизации аморфных металлических сплавах в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных научных и методических разработках;
 - переносить полученные знания о процессах кристаллизации аморфных металлических сплавах на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных научных и методических разработок.
 - генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи с применением знаний о процессе кристаллизации аморфных металлических сплавов
- **3.Иметь представление:**
 - о технологиях получения аморфных металлических сплавов;
 - о физико-химических особенностях аморфных металлических сплавах;
 - о применении аморфных и закристаллизовавшихся металлических сплавах.

Учебный курс «Кристаллизация аморфных сплавов» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного образовательного курса обеспечивает слушателя необходимым объёмом знаний по выбранной тематике, включая подготовку слушателя к проведению лабораторного практикума. Задача дистанционной составляющей учебного курса – подготовить слушателя к очному посещению лаборатории в Национальном Исследовательском Ядерном Университете «МИФИ».

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены физические основы процесса кристаллизации аморфных металлических сплавов, которые обладают уникальными свойствами по сравнению со своими кристаллическими аналогами, полученными традиционными путями. Для слушателей курса предоставлена информация по применению подобных материалов. Теоретическая часть учебного курса состоит из четырех лекций:

Лекция 1. Структура аморфных металлических сплавов (АМС)

Порядок в расположении атомов в АМС. Ближний порядок: химический ближний порядок, геометрический ближний порядок, ближний порядок искажений. Структурные особенности АМС и методы ее исследования. Функция радиального распределения. Модели структуры АМС: определенная локальная координация, дислокационная модель, кластерная модель, случайная плотная упаковка твердых сфер. Структурные дефекты в АМС: дефект n-типа, дефект p-типа, дефект τ -типа.

Лекция 2. Влияние внешних факторов на АМС

Термическая стабильность АМС. Структурная релаксация в АМС: низкотемпературная релаксация, высокотемпературная релаксация, локальная структурная релаксация на малых расстояниях (ЛСРМР) и кооперативная структурная релаксация на средних расстояниях (КСРСР). Степень аморфности.

Лекция 3. Кристаллизация АМС

Кристаллизация АМС. Механизмы кристаллизации различных сплавов: Полиморфной, Эвтектическая кристаллизация, Последовательная кристаллизация, Стабилизация аморфного состояния.

Лекция 4. Применение аморфных и полученных из них нанокристаллических сплавов

Высокопрочные АМС. Коррозионно-стойкие АМС. Магнитно-мягкие АМС. Аморфные припои.

Очная (экспериментальная) часть учебного курса заключается в изучении процессов кристаллизации аморфных металлических сплавов на установке для термического анализа STA 409 CD фирмы «Netzsch» (Германия). Основные задания на лабораторный практикум:

- Подготовить образцы из аморфных ленточных сплавов на основе Ni и Ti термического анализа;
- На установке STA 409 CD фирмы «Netzsch» (Германия) провести эксперимент по определению температур кристаллизации аморфных сплавов при нагревании со скоростью 20 °С/мин.
- по результатам эксперимента сделать итоговые выводы по каждому из сплавов.

Методические рекомендации по реализации учебной программы

На дистанционную и очную части учебного курса отводится по 8 и 4 часа соответственно. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте www.nanoobr.ru. Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

Тестовые вопросы к курсу

«Кристаллизация аморфных сплавов»

Лекция 1: Структура аморфных металлических сплавов (АМС)

1. Свободный объем с уменьшением скорости закалки?

- А) возрастает
- Б) уменьшается
- В) не изменяется
- Г) достигает предельного значения

Ответ:

2. Согласно кластерной модели структура аморфных сплавов состоит из?

- А) кристаллических зерен с высокой концентрацией дислокаций
- Б) 5 видов полиэдров
- В) нанокристаллов
- Г) множества неодинаковых атомных сегрегаций с различным ближним порядком, границы между которыми представляют собой двухмерные монослои с локальным несовершенным расположением атомов

Ответ:

3. К структурным дефектам АМС относятся?

- А) дефекты τ , n , p - типа
- Б) дефекты τ , n , p - типа и дислокации
- В) в АМС нет дефектов
- Г) вакансии, междоузельные атомы и дислокации

Ответ:

В) $x(t) = 1 + e^{Kt^n}$

Г) $x(\tau) = 1 - e^{-K\tau^n}$

Ответ:

3. Энергия активации диффузии металлов в АМС?

А) такая же как и в кристаллах

Б) меньше чем в кристаллах

В) такая же как и в расплаве

Г) больше чем в кристаллах

Ответ:

4. стадия MS-I – это?

А) образование первичной кристаллической метастабильной фазы в аморфной фазе путем гомогенного зарождения и роста, сопровождаемое выделением тепла, при этом сохраняется некоторое количество аморфной фазы. Фаза

Б) образование первичной кристаллической метастабильной фазы в аморфной фазе путем гетерогенного зарождения и роста, сопровождаемое выделением тепла, при этом сохраняется некоторое количество аморфной фазы.

В) образование первичной кристаллической метастабильной фазы в аморфной фазе путем гомогенного зарождения и роста, сопровождаемое поглощением тепла, при этом сохраняется некоторое количество аморфной фазы.

Г) образование кристаллической метастабильной фазы путем гомогенного зарождения и роста, сопровождаемое выделением тепла, при этом аморфная фаза не сохраняется.

Ответ:

5. Полиморфной называется?

А) кристаллизацией, при которой одразуется несколько фаз, которые растут во взаимодействии.

Б) кристаллизация без изменения состава, когда аморфная фаза переходит в одну кристаллическую

В) кристаллизация, которая сопровождается выделением первой кристаллической фазы, состав которой существенно отличается от состава матрицы, перестроение матрицы и её превращение в кристаллическую

Г) кристаллизация, при которой изменяется состав, и аморфная фаза переходит в одну кристаллическую

Ответ:

Лекция 4. Применение аморфных и полученных из них нанокристаллических сплавов

1. АМС Fe₈₀B₂₀ является:?

А) высокопрочным материалам

Б) материалом с низкими прочностными характеристиками

В) припоем для пайки изделий из сплавов на основе титана

Г) идеальным сверхпроводником

Ответ:

2. Среди магнитно-мягких материалов широкое применение в трансформаторах и преобразователях нашли АМС системы типа:?

А) Zr-Ti-Ni-Cu

Б) Zr-Ti-Be-Mn

В) (Fe,Co,Ni)-Si-B

Г) Fe-Ni-Cr

Ответ:

3. АМС нашли применение как:?

А) припои, магнитно-мягкие материалы, коррозионно-стойкие материалы, материалы со сверхпроводящими свойствами

Б) высокопрочные материалы, магнитно-мягкие материалы, припои, коррозионно-стойкие материалы

В) материалы с низкими прочностными

Г) высокопрочные материалы со

характеристиками

сверхпроводящими свойствами

Ответ:

4. Внешние факторы, контролирующие свойства АМС:?

А) температура, давление, скорость охлаждения, деформация, атмосфера
В) температура, диффузия, скорость охлаждения, деформация, коррозионная стойкость

Б) температура, диффузия, скорость охлаждения, деформация, атмосфера
Г) атомные конфигурации, электронные состояния, химический состав, структура, диффузия, превращения

Ответ:

5. легирование металлических сплавов элементами с малым атомным радиусом (В, Р, С, Si):?

А) увеличивает скорость закалки для аморфизации, т.е. снижает стабильность аморфного состояния.

Б) увеличивает скорость закалки для аморфизации, т.е. повышает стабильность аморфного состояния.

В) снижает склонность сплава к аморфизации

Г) снижает скорость закалки для аморфизации, т.е. повышает стабильность аморфного состояния.

Ответ:

Контрольные вопросы для проверки материала в количестве 12 вопросов

1. Охарактеризуйте порядок в расположении атомов в АМС?
2. Опишите физический смысл радиальной (парной) функции распределения атомов для АМС?
3. Опишите модель структуры АМС: случайная плотная упаковка твердых сфер?
4. Опишите модель структуры АМС: определенная локальная координация?
5. Опишите модель структуры АМС: дислокационная модель?
6. Опишите модель структуры АМС: кластерная модель?
7. Какие бывают типы дефектов в АМС?
8. Дайте подробные пояснения к кривой зависимости теплового эффекта от температуры АМС?
9. Какие процессы протекают в АМС при нагревании до температуры стеклования?
10. Опишите процесс кристаллизации АМС при нагревании?
11. Какими методами можно увеличить температуру кристаллизации АМС?
12. Какие области применения АМС вы знаете?

В конце очной части учебного курса слушатели готовят отчеты по **темам контрольных рефератов**, которые используются для контроля степени усвоения всего учебного курса на базе экспериментальных результатов и их обработки с применением знаний из дистанционной части курса.

Темы контрольных рефератов по курсу «Кристаллизация аморфных сплавов»

1. Применение аморфных металлических сплавов в качестве припоев
2. Применение аморфных металлических сплавов в качестве магнитно-мягких материалов
3. Применение аморфных металлических сплавов в качестве высокопрочных армирующих материалов
4. Методы изучения структуры аморфных металлических сплавов
5. Высокотемпературный дифференциальный термический анализ аморфных металлических сплавов

Учебно-тематический план

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-ответы через email, форум, чат и др.)	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	
	«Кристаллизация аморфных сплавов»	12 ч.	6 ч.	2 ч.	4 ч.	Контрольные вопросы (электронная зачётка) Реферат
1.	Лекция 1: Структура аморфных металлических сплавов (АМС)		1,5 ч.	0,5 ч.		
2.	Лекция 2: Влияние внешних факторов на АМС		1,5 ч.	0,5 ч.		
3.	Лекция 3: Кристаллизация АМС		1,5 ч.	0,5 ч.		
4.	Лекция 4: Применение аморфных и полученных из них нанокристаллических сплавов		1,5 ч.	0,5 ч.		
Итоговый контроль				Контрольные вопросы (электронная зачётка)	Реферат	

Список литературы (основной и дополнительной), а также других видов учебно-методологических материалов и пособий, необходимых для изучения (конспектов лекций, видеолекций, лазерных дисков и др.).

Список литературы и др. дополнительных источников информации в кол-ве – 8.

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./ Под общей ред. Б.А. Калина. Том 5. Материалы с заданными свойствами/ М.А. Алымов, Г.Н. Елманов, Б.А. Калинин, А.Н. Калашников, В.В. Нечаев, А.А.Полянский, И.И.Чернов, Я.И.Штромбах, А.В.Шульга – М.:МИФИ, 2008.-672 с.

2. Калинин Б.А., Солонин М.И., Осипов В.В. Физическое материаловедение. Модуль 1. Физико-химические основы выбора и разработки материалов. Учебное пособие. М.: МИФИ, 2002.-108с.

3. Калинин Б.А., Солонин М.И. Физическое материаловедение. Модуль 2. Структура материалов. Закономерности формирования структуры из расплава: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2004. 120 с.

4. Физическое металловедение: В 3-х т., 3-е изд., перераб. и доп./Под ред. Кана Р.У., Хаазена П. Т.2: Фазовые превращения в металлах и сплавах и сплавы с особыми физическими свойствами: Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1987. 624с.

5.Фельц А. Аморфные и стеклообразные неорганические твердые тела: Пер. с нем. – М.: Мир, 1986.-558 с.

6.Аморфные металлические сплавы /Немошкаленко В.В., Романова А.В., Ильинский А.Г. и др.-Киев: Наук. Думка, 1987.-248 с.

7.Аморфные металлы. Сузуки К., Фудизимори Х., Хасимото К. /Под ред. Масумото Ц. Пер. с япон. – М.: Metallurgia, 1987. 328 с.

8.Аморфные металлические сплавы /Под ред. Люборского Ф.Е.: Пер. с англ. – М.: Metallurgia, 1987. 584 с.

9.Структура и механические свойства металлов. Бернштейн М.Л., Займовский В.А. М.: Metallurgia, 1970, 472 с.

10.Преображенский А.А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы: Учебник для студентов вузов по спец. «Полупроводники и диэлектрики».-3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. Шк., 1986.- 352с.

11.Металлические стекла /Под ред. Гилмана Дж.Дж. и Лими Х.Дж., США, 1978: Пер. с англ. М.: Metallurgia, 1984. 264 с.

12.Бакай А.С. Поликластерные аморфные тела.- М.: Энергоатомиздат, 1987.-192 с.

13.Ковнеристый Ю.К., Осипов Э.К., Трофимова Е.А. Физико-химические основы создания аморфных металлических сплавов. М.: Наука, 1983.- 145с.

Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса на сайте www.nanoobr.ru