

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников выс-
шей школы
по направлению
«Конструкционные наноматериалы»
на базе учебного курса
«Аморфные и нанокристаллические материалы, полученные закалкой из расплавов»

Цель: повышение квалификации и переподготовки профессорско-преподавательского состава кафедр, обеспечивающих учебный процесс подготовки бакалавров и магистров.

Категория слушателей: преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения: 16 часов

Форма обучения: с частичным отрывом от работы, дистанционно-очная

Режим занятий: 8 часов в день.

Целью и задачами данного курса является дать слушателям современные представления о структуре, физико-химических особенностях и промышленных способах получения аморфных и нанокристаллических материалов.

Преподаватели должны:

- Знать: современные представления об атомной структуре аморфных, квазикристаллических и нанокристаллических материалов при обучении студентов в бакалавриате и магистратуре.
- Иметь навыки: применения полученных знаний для обоснованного подхода и объяснений явлений при чтении других дисциплин
- Иметь представление: о международном сотрудничестве в данной области.

Научные работники должны:

- Знать: основы современной метрологии, стандартизации и сертификации при организации измерений величин.

- Иметь навыки: разработки средств и организации новых технологических схем измерения, создания новых средств измерения, испытаний и контроля.
- Иметь представление: о термодинамических и кинетических особенностях образования аморфных и нанокристаллических фаз.

Задачи изучения дистанционных и очных курсов.

В дисциплине «Аморфные и нанокристаллические материалы» рассматриваются структура, физико-химические особенности и промышленные способы получения аморфных и нанокристаллических материалов. Дисциплина предназначена для повышения квалификации и переподготовки профессорско-преподавательского состава кафедр, обеспечивающих учебный процесс подготовки бакалавров и магистров

1. Реферативное описание содержания лекций, входящих в учебный курс.

Лекция 1. Строение, состав и свойства аморфных и нанокристаллических сплавов.

Аморфные сплавы, нанокристаллические сплавы, металлические стекла, ближнего порядка, атомное осаждение, сверхбыстрая закалка из жидкого состояния, воздействие на кристаллическую структуру, функция радиального распределения

Лекция 2. Термодинамические и кинетические особенности образования аморфных и нанокристаллических фаз.

Аморфизация расплава, термодинамически равновесного кристаллического состояния, бездиффузионное затвердевание расплава, метастабильная фаза, кинетика кристаллизации, самопроизвольная кристаллизация, переохлаждение жидкости, степень аморфности.

Лекция 3. Получение аморфных лент методом спиннингования.

Спиннингование, метод закалки по одновалковой схеме, двухслойные (композиционные) аморфные материалы, метод плоской струи (planar flow casting method), ампульная технология разлива, разлива через промежуточную емкость.

2. Количество часов, отводимых дистанционные и очные части учебных курсов, другие различные виды занятий

№	Раздел дисциплины	Лекции	Сам. работа
1	Строение, состав и свойства аморфных и нанокристаллических сплавов	2	1
2	Термодинамические и кинетические особенности образования аморфных и нанокристаллических фаз	2	1
3	Получение аморфных лент методом спин-	2	2

	нингования		
--	------------	--	--

3. Методические рекомендации по реализации учебной программы

Формы и виды контроля:

Тестовые задания.

Лекция 1.

№ вопроса	Текст вопроса	Предлагаемые варианты ответа	Правильный ответ	Примечание
1	Какие виды порядка реализуются в аморфном теле	Ближний топологический	-	
		Дальний топологический	-	
		Ближний композиционный	-	
		Дальний композиционный	-	
		Ближний геометрический	-	
2	Условие $\eta_{AB} = 0$ выполняется для ... сплавов			
3	Для каждого метода отметьте, к какой группе он относится: а – осаждение металла из газовой фазы; б – затвердевание жидкого металла; в – переход из кристаллического состояния в аморфное	центробежное распыление		
		ионноплазменные метод		
		облучение ионами инертных газов		
		аморфизация под давлением		
		кавитационный метод		
4	Какие методы не используются для получения тонкой ленты	метод экструзии расплава	-	
		метод спиннингования струи расплава	-	
		метод экстракции расплава	-	
		распыление вращающимся диском	-	
		прокатка расплава между двумя валками	-	
5	Сопоставьте формулу и название функций	1 $4\pi r^2 \rho(r)$		
		2 $\int_0^{r_{\min}} 4\pi r^2 \rho(r) dr$		
		3 $4\pi r^2 [\rho(r) - \rho_0]$		
		4 $\frac{\rho(r)}{\rho_0}$		
		5 $\rho(r)$		
		а координационное число		
		б парная функция радиального распределения		
		в плотность радиального распре-		

		деления		
		г приведенная функция радиального распределения		
		д функция радиального распределения		
6	Какие методы не используется для определения функции радиального распределения	дифракция электронов	-	
		EXAFS-метод	-	
		метод электрон-позитронной аннигиляции	-	
		рентгеновская дифракция с дисперсией по энергии	-	
		ядерномагнитный резонанс	-	
7	Какие полиэдры Бернала являются некристаллографическими	тригональная призма с тремя полуктаэдрами	-	
		тетраэдр	-	
		октаэдр	-	
		архимедова антипризма с двумя полуктаэдрами	-	
		тетрагональный додекаэдр	-	
8	Для модели Полка характерно	использование поэдров Вороного	-	
		нарушение кристаллической структуры	-	
		учет температуры	-	
		учет химического взаимодействия между атомами	-	
		использование метода общего сжатия	-	
9	Распределите дефекты в группы: а – точечные; б – микроскопические протяженные; в – макроскопические.	поры		
		границы между аморфными фазами		
		дислокации		
		неправильные связи		
		квазивакансии		
		полосы сдвига		
		межкластерные границы		
10	Аморфизирующими элементами не являются	B	-	
		Si	-	
		Cr	-	
		Mn	-	
		C	-	

Лекция 2.

№ вопроса	Текст вопроса	Предлагаемые варианты ответа	Правильный ответ	Примечание
1	Образование аморфной структуры возможно только в том случае, если линии концентрационной зависимости	выше температуры стеклования	-	
		при температуре, близкой к температуре стеклования	-	
		в интервале между температурами плавления и стеклования	-	

	сти температур равенства свободных энергий жидкости и α -фазы ($T_0^{L,\alpha}$) и жидкости и β -фазы ($T_0^{L,\beta}$) пересекаются при температуре T_0	вания		
		ниже температуры стеклования	-	
		при температуре, близкой к температуре плавления	-	
		выше температуры плавления	-	
2	К аморфизации более склонны системы с отклонениями изменения энергии Гиббса твердого раствора от идеальности	раствор должен быть близок к идеальному	-	
		высокими положительными	-	
		невысокими положительными	-	
		высокими отрицательными	-	
		невысокими отрицательными	-	
3	Минимальным скоростям зародышеобразования J и роста кристалла U соответствуют следующие значения вязкости ν и изменения энергии Гиббса при переходе переохлажденной жидкости в кристаллическое состояние $\Delta G_{кр}$.	максимальные ν и $\Delta G_{кр}$	-	
		минимальные ν и $\Delta G_{кр}$	-	
		максимальное ν и минимальное $\Delta G_{кр}$	-	
		минимальное ν и максимальное $\Delta G_{кр}$	-	
4	Увеличение значения изменения энергии Гиббса при кристаллизации способствуют увеличению	частоты зародышеобразования	-	
		линейной скорости роста кристалла	-	
		радиуса критического зародыша	-	
		доли закристаллизовавшегося вещества	-	
5	Какая температура принимается в качестве температуры кристаллизации T_x аморфной ленты?	температура максимума экзотермического пика на кривой, полученной методом дифференциальной сканирующей калориметрии	-	
		температура начала экзотермического пика на кривой, полученной методом дифференциальной сканирующей калориметрии	-	
		температура, при которой доля кристаллической фазы достигает величины 50 %	-	

		температура, при которой радиус нанокристаллов достигает величины 10 нм	-	
6	С какого места ленты начинается кристаллизация?	Не предусмотрен		
7	Степенью аморфности называется	объемная доля аморфной фазы в веществе	-	
		массовая доля аморфной фазы в веществе	-	
		отношение параметра ближнего порядка к кратчайшему межатомному расстоянию	-	
		расстояние, соответствующее прекращению осцилляции функции распределения	-	
8	К кинетическим критериям (факторам), определяющим склонность сплава к аморфизации, относятся:	температура, при которой совпадают значения мольных энергий Гиббса жидкой и твердой фаз	-	
		величина вязкости	-	
		характер температурной зависимости вязкости	-	
		концентрация валентных электронов на атом	-	
		скорость образования кристаллов	-	
		скорость роста кристаллов	-	
9	Все существующие модели стеклования предполагают	подавление процессов образования кристаллов	-	
		подавление процессов роста кристаллов	-	
		минимальное изменение объема при затвердевании	-	
		близкие значения температур плавления и стеклования	-	
10	Какие значения размера зерен характерны для нанокристаллических материалов?	0,3-1 нм	-	
		1-40 нм	-	
		300-500 нм	-	
		около 1000 нм	-	

Лекция 3.

№ вопроса	Текст вопроса	Предлагаемые варианты ответа	Правильный ответ	Примечание
-----------	---------------	------------------------------	------------------	------------

1	Метод получения тонких лент аморфных металлических сплавов путем выдавливания струи расплава из тигля через калиброванное круглое сопло на наружную поверхность металлического быстро вращающегося диска называется	Не предусмотрены		
2	Получения аморфных и мелкокристаллических сплавов можно осуществить методом	Спиннингования	-	
		плоской струи	-	
		Двухвалковым	-	
		золотниковым	-	
3	Скорость охлаждения кристаллических материалов удовлетворительно описывается зависимостями, учитываемыми	центрифугирования	-	
		температуру	-	
		теплоту плавления	-	
		плотность	-	
		константы скорости роста	-	
4	В гидродинамической модели формирования ленты толщина слоя, на которую успевает распространиться увеличение скорости вследствие передачи момента импульса от диска называется	вязкость	-	
		Нет вариантов		
		уравнением энергии	-	
		уравнением Аррениуса	-	
		уравнением неразрывности	-	
5	В системе уравнений, описывающих процесс получения аморфной ленты $\begin{cases} \vec{\nabla} \vec{v} = 0, \\ \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -(\vec{v} \vec{\nabla}) \vec{v} - \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} p + \nu \Delta \vec{v}, \\ \frac{\partial T}{\partial t} = -\vec{\nabla} (T \vec{v}) + \frac{\chi}{c_v} \Delta T; \end{cases}$ третье уравнение является	уравнением движения	-	
		теплопроводность расплава	-	
		температура	-	
		приложенное давление	-	
		удельная теплоемкость расплава на единицу объема	-	
6	В системе уравнений, описывающих процесс получения аморфной ленты в уравнение энергии входит	кинематическая вязкость расплава	-	
		уменьшается	-	
7	Если при разливке аморфного сплава на охлаждае-	увеличивается	-	

	мый барабан увеличивается вязкость расплава, то длина задней пятки в подсопельной области	не изменяется	-	
8	При разливке на охлаждаемый барабан контролируемые технологическими факторами являются	избыточное давление	-	
		толщина сопла	-	
		температура перегрева	-	
		состояние атмосферы	-	
		ширина сопла	-	
9	Процесс получения быстрого закаленной ленты на вращающемся барабане может проходить в режимах:	гидродинамическом	-	
		теплофизическом	-	
		смешанном	-	
		аэродинамическом	-	
10	Характерными дефектами аморфных лент, полученных методом спиннингования, являются дефекты типа	воздушный карман	-	
		разнотолщинность ленты	-	
		повышенная шероховатость контактной стороны	-	
		большая ширина ленты	-	
		неоднородность начального участка ленты	-	

4.2. Учебно-тематический план.

№	Название учебного курса и лекций (пример заполнения)	Всего, час.	В том числе			Форма контроля
			Дистанционные лекции: самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-	Самостоятельная работа.	Дистанционные лекции: самостоятельное изучение, дистанционное общение с преподавателем, вопросы-	

			ответы через e-mail		ответы через e-mail, форум, чат и др.	
1.	<u>«Аморфные и нанокристаллические материалы, полученные закалкой из расплавов»</u>	10	(6)	4	6	Тесты для самотестирования Контрольные вопросы
	Лекция 1.	3	(2)	1	2	
	Лекция 2.	3	(2)	1	2	
	Лекция 3	4	(2)	2	2	
	Итоговый контроль		Тесты для самотестирования	Контрольные вопросы	Тесты для самотестирования	Заключительный тест-контроль

4.3. Рекомендуемая литература (основная и дополнительная)

а) основная литература

1а. Филонов М.Р, Аникин Ю.А., Левин Ю.Б. Теоретические основы производства аморфных и нанокристаллических сплавов методом сверхбыстрой закалки. – М.: МИСиС, 2006. – 328 с.

б) дополнительная литература

1б. Кекало И.Б. Атомная структура сплавов и ее эволюция: Учеб. пособие. – М.: Изд. «Учеба» МИСиС, 2006. – 340 с.

2б. Сузуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные сплавы. – Под ред. Масумото Ц. – М.: Металлургия, 1987. – 328 с.