

**Программа**  
**краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных**  
**работников высшей школы по направлению**  
**150600 «Материаловедение и технология новых материалов»**  
**на базе учебного курса**  
**“Наноструктурная керамика.**  
**Порошковые технологии компактирования конструкционных**  
**материалов”**

**Цель:** изучение физических и химических особенностей свойств наноструктурных керамик и ознакомление с порошковыми технологиями и особенностями компактирования конструкционных и функциональных материалов.

**Категория слушателей:** преподаватели и научные работники высшей школы

**Примерный срок обучения:** 24 часа

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

**Режим занятий:** 8 часов в день

**Целью и задачами данного курса** является ознакомление с разветвлённой классификацией наноматериалов (можно кратко перечислить по учебнику), выделение из широкого класса наноматериалов объёмных наноструктурных материалов, а именно, наноструктурной керамики. Представлять, что наноструктурная ( нанокристаллическая) керамика составляет один из типов наноматериалов и по своему назначению представляет три основных класса объёмных материалов: строительных, конструкционных и функциональных. Представлять физические и химические особенности наноструктурных материалов по сравнению с традиционными конструкционными материалами. Ознакомиться с особенностями порошковой технологии компактирования конструкционных материалов. Рассмотреть основные технологические методы компактирования порошков и специфические требования для компактирования нанопорошков с целью создания объёмных наноматериалов, связанные с высокой удельной поверхностью нанопорошков, склонность к агломерированию, существенно более высокие (по сравнению с традиционными порошками) значения межчастичного и пристенного трения при компактировании, упругое последствие компактов. Ознакомиться с новыми подходами, применяемыми в последнее время в порошковых технологиях как выделение порошков определённых фракций из нанометрового диапазона, применение динамических, высокоэнергетических и импульсных методов прессования, ультразвуковое квазирезонансное прессование, применение метода спекания в разряде плазмы.

**Требования к уровню освоения учебного курса.**

**Преподаватели** должны:

• **Знать:**

- структуру и основное содержание курса, а также взаимосвязь частей курса между собой;
- классификации наноматериалов по геометрической размерности; функциональному назначению, по природе составляющих компонентов;
- известные методы порошковых технологий компактирования наноматериалов, особенности компактирования наноматериалов, методические подходы преодоления этих особенностей, новые тенденции получения консолидированных наноструктурных керамик, их преимущества и

ограничения;

• **Иметь навыки:**

- сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области наноструктурных материалов, в особенности наноструктурных керамик;
- включать приобретенные знания в уже имеющуюся систему знаний и применять эти знания в самостоятельных методических разработках;
- переносить полученные знания о порошковых технологиях наноструктурной керамики на смежные предметные области и к использованию этих знаний для построения междисциплинарных методических разработок.

• **Иметь представление:**

- о новых подходах в порошковых технологиях компактирования наноструктурных конструкционных и функциональных керамик;
- о разработках в этом направлении в отечественной науке и зарубежных достижениях, о ведущих научных школах;
- классифицировать наноматериалы по их назначению, способам получения и свойствам;
- выбирать необходимые методы исследования наноматериалов, исходя из задач конкретного исследования;
- формулировать научно-техническую проблему в той или иной области разработки, изготовления и тестирования изделий из объемных наноматериалов на основе нанопорошков, а также других видов наноматериалов;

**Научные работники должны:**

• **Знать:**

- классификации наноматериалов по геометрической размерности; функциональному назначению, по природе составляющих компонентов;
- известные методы порошковых технологий компактирования наноматериалов, особенности компактирования наноматериалов, методические подходы преодоления этих особенностей, новые тенденции получения консолидированных наноструктурных керамик, их преимущества и ограничения;

• **Иметь навыки:**

- сбора, систематизации и анализа научно-технической и другой профессиональной информации в области порошковых технологий наноструктурных керамик; планирования и проведения исследований и экспериментов по компактированию конструкционных керамик;
- генерировать новые плодотворные научно-технические и инновационные идеи в области использования новых технологий и методик компактирования нанопорошков. переносить полученные знания о технологии компактирования нанокерамик на смежные предметные области и к использованию этих знаний для создания новых объектов техники и технологии и для инновационной деятельности.

• **Иметь представление:**

- о новых подходах в порошковых технологиях компактирования наноструктурных конструкционных и функциональных керамик;

- о разработках в этом направлении в отечественной науке и зарубежных достижениях, о ведущих научных школах.

Учебный курс «Наноструктурная керамика. Порошковые технологии компактирования конструкционных материалов» 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 Томском политехническом университете.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены особенности свойств наноструктурных керамик. Порошковые методы компактирования этих материалов, получающих в последнее время широкое распространение как новых технологических методов, обеспечивающих получение изделий высокого качества. Теоретическая часть учебного курса состоит из четырех лекций:

### **Лекция 1.**

Наноматериалы и их классификация. Классификация по геометрической размерности. Объёмные наноструктурные материалы. Керамики конструкционного, функционального назначения, пьезосегнетоэлектрические керамики, оптически прозрачные керамики.

### **Лекция 2.**

Особенности объёмных наноструктурных материалов, роль границ зёрен. Условия формирования наноструктуры материалов, агломераты наночастиц. Микро-и макроструктура порошкового компакта. Трение в порошковом компакте. Градиенты плотности в порошковых компактах.

### **Лекция 3.**

Порошковые технологии компактирования материалов. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах. Горячее прессование. Изостатическое и квазиизостатическое прессование. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования.

### **Лекция 4.**

Ультразвуковое квазирезонансное прессование.

Устройство пресс-форм с радиальным подведением ультразвуковых колебаний и колебаний, направленных параллельно оси прессования.

Распределение давления прессования вдоль оси прессования. Оптимизация уравнения прессования.

Очная (экспериментальная) часть учебного курса заключается в изучении эмпирических и полуэмпирических уравнений, связывающих давление прессования с плотностью прессовок, изучению методов регулирования сил трения при компактировании нанопорошков, построению кривых уплотнения порошкового тела.

### **Основные задания на лабораторный практикум:**

1. Снятие кривых уплотнения порошкового тела с циклическими разгрузками.
2. Провести эксперименты по компактированию нанопорошков диоксида циркония с наложением ультразвуковых колебаний. Оценить качество полученных прессовок.

## Методические рекомендации по реализации учебной программы

На дистанционную и очную части учебного курса отводится по 12 часов соответственно. Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса находится на сайте [www.nanoobr.ru](http://www.nanoobr.ru). Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

### Тестовые вопросы к курсу

«Наноструктурная керамика. Порошковые технологии компактирования конструкционных материалов»

#### **Лекция 1:**

Наноматериалы и их классификация. Классификация по геометрической размерности. Объёмные наноструктурные материалы. Керамики конструкционного, функционального назначения, пьезосегнетоэлектрические керамики, оптически прозрачные керамики.

#### **1. Отличительной чертой наноструктурных материалов является?**

- |                        |                                               |
|------------------------|-----------------------------------------------|
| А) Размер кристаллитов | Б) Характером распределения зёрен по размерам |
| В) Доля границ раздела | Г) Характер агломератов                       |

#### **2. Различие составов конструкционной и функциональной керамик?**

- |                                                        |                                                          |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| А) Конструкционная керамика-оксидное соединение        | Б) Конструкционная керамика – бескислородное соединениес |
| В) Конструкционная керамика может быть разных составов |                                                          |

#### **3. Практическое применение оптически прозрачной керамики обусловлено?**

- |                                                            |                                |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| А) высокими механическими свойствами?                      | Б) высокой прозрачностью?      |
| В) способностью пропускать излучение определённой частоты? | Г) шириной межзёренных границ? |

#### **Лекция 2.**

Особенности объёмных наноструктурных материалов, роль границ зёрен. Условия формирования наноструктуры материалов, агломераты наночастиц. Микро-и макроструктура порошкового компакта. Трение в порошковом компакте. Градиенты плотности в порошковых компактах.

#### **1. Особенности объёмных наноструктурных материалов определяются**

- |                                         |                                                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| А) определяются межзёренными границами? | Б) наличием агрегатов и агломератов наночастиц |
| В) композиционным составом?             | Г) областями когерентного рассеяния?           |
| Д) кристаллической структурой?          |                                                |

#### **2. Специфические свойства наноматериалов, влияющие на способы их компактирования**

- |                                   |                                          |
|-----------------------------------|------------------------------------------|
| А) критический размер зерна       | Б) метастабильность структуры наночастиц |
| В) распределение пор и их размеры | Г) насыпная плотность нанопорошка        |

### Лекция 3.

Порошковые технологии компактирования материалов. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах. Горячее прессование. Изостатическое и квазиизостатическое прессование. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования.

#### **1. Какие способы прессования порошков способствуют обеспечению равномерности изделий**

- |                                                             |                                  |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| А) Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах | Б) Горячее прессование           |
| В) Квазиизостатическое прессование                          | Г) Импульсные методы прессования |

#### **2. Чем определяются особенности высокоэнергетических способов прессования?**

- |                                                                      |                                                 |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| А) высокими значениями динамического давления                        | Б) импульсным характером воздействия            |
| В) преодолением межчастичных сил трения при быстром движении порошка | Г) совместным действием вышеприведенных условий |

### Лекция 4.

Ультразвуковое квазирезонансное прессование. Устройство пресс-форм с радиальным подведением ультразвуковых колебаний и колебаний, направленных параллельно оси прессования.

Распределение давления прессования вдоль оси прессования. Оптимизация уравнения прессования.

#### **1. Чем определяется процесс распространения ультразвука в объёме нанопорошка?**

- |                                      |                                                                |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| А) коэффициентом Пуассона материала? | Б) модулем Юнга материала?                                     |
| В) плотностью материала?             | Г) колебательными смещениями частиц под действием ультразвука? |

#### **2. Отличия уравнений прессования, предложенных различными авторами, заключаются в связи каких величин?**

- |                                                             |                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| А) истинной пористости и давления прессования               | Б) относительный объём и относительная плотность прессовки и давление прессования |
| В) начальный коэффициент прессования и давление прессования | Г) относительная плотность засыпки порошка и давление прессования                 |

#### **3. Чем характеризуется оптимизация давления прессования?**

- |                                         |                                       |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|
| А) безразмерными величинами в уравнении | Б) относительной плотностью прессовки |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|

### **Контрольные вопросы для проверки материала**

1. Дать определение понятия « нанотехнология».
2. Охарактеризуйте основные разновидности наноматериалов.
3. Какими размерами зёрен (слоёв, включений, пор) характеризуются наноматериалы?

4. В чём сходство и различие кластеров, наночастиц и нанопорошков?
5. Опишите основные типы дефектов в наноматериалах.
6. Охарактеризуйте основные типы распределения кристаллитов по размерам.
7. Какие особенности поверхностей раздела в наноматериалах?
8. Каковы особенности проявления размерных эффектов в наноматериалах?
9. Как меняется прочность, твёрдость и пластичность при уменьшении размера зерна в наноматериалах?
10. Охарактеризуйте перспективы применения оптически прозрачной нанокерамики.
11. В чём состоят особенности методов консолидации наноматериалов?
12. Охарактеризуйте основные недостатки метода холодного статического прессования.
13. Охарактеризуйте основные преимущества импульсных методов прессования.
14. В чём состоят трудности использования порошковых консолидированных наноматериалов?
15. Как зависят параметры прессовки от её упругих свойств?
16. От чего зависят параметры межчастичных связей?
17. Как оценивается влияние ультразвукового воздействия на качество прессовок?
18. Можно ли выбрать только один метод порошкового компактирования для получения изделий конструкционной керамики?

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**

##### **Наноструктурная керамика. Порошковые технологии компактирования.**

1. Практические аспекты нанотехнологий ( области использования наноструктурных керамик).
2. Перспективы развития нанотехнологий в России.
3. Функциональная керамика с высокой прочностью и трещиностойкостью.
4. Влияние структуры на механические свойства керамики.
5. Высокотплотные наноструктурные керамики на основе оксидов переходных металлов.
6. Магнитно- импульсное прессование нанопорошков.
7. Сравнение способов подведения ультразвуковых колебаний при прессовании нанопорошков на качество прессовок.
8. Механизмы уменьшения сил трения при воздействии ультразвука.
9. Обеспечение равномерности изделий при применении квазиизостатического прессования.
10. Конструирование границ зёрен в наноструктурной керамике.

#### **Учебно-тематический план**

№	Название учебного курса и лекций	Всего, час.	в том числе (указать часы)			Форма контроля
			Дистанционные лекции (самостоятельное изучение, общение с преподавателем, вопросы-	Самостоятельная работа. Подготовка ответов на контрольные вопросы	Очный практикум или другое практическое задание	

			ответы через email, форум, чат и др.)			
	«_Наноструктурная керамика. Порошковые технологии компактирования конструкционных материалов_»	24 ч.	10 ч.	2 ч.	12 ч.	Контрольные вопросы (электронная зачётка) Реферат
1.	Лекция 1: Наноматериалы и их классификация. Классификация по геометрической размерности. Объёмные наноструктурные материалы. Керамики конструкционного, функционального назначения, пьезосегнетоэлектрические керамики, оптически прозрачные керамики		2,5 ч.	0,5 ч.		
2.	Лекция 2: Особенности объёмных наноструктурных материалов, роль границ зёрен. Условия формирования наноструктуры материалов, агломераты наночастиц. Микро-и макроструктура порошкового компакта. Трение в порошковом компакте. Градиенты плотности в порошковых компактах		2,5 ч.	0,5 ч.		
3.	Лекция 3: Порошковые технологии компактирования материалов. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах. Горячее прессование. Изостатическое и квазиизостатическое прессование.		2,5 ч.	0,5 ч.		

	Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования				
4.	Лекция 4: Ультразвуковое квазирезонансное прессование. Устройство пресс-форм с радиальным подведением ультразвуковых колебаний и колебаний, направленных параллельно оси прессования. Распределение давления прессования вдоль оси прессования. Оптимизация уравнения прессования		2,5 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**

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии.–М.: Физматлит, 2005.– 416 с.
2. Белая книга по нанотехнологиям: Исследования в области наночастиц, наноструктур и нанокompозитов в Российской Федерации ( по материалам Первого Всероссийского совещания учёных, инженеров и производителей в области нанотехнологий).– М.: Изд. ЛКИ, 2008.– 344 с.
3. Нанотехнологии. Азбука для всех./ Под ред. Ю.Д. Третьякова.– Физматлит, 2008.–368 с.
4. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы.–М.: «Академия», 2005.– 192 с.
5. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику.– М.: Машиностроение, 2007.–496 с.
6. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий / О.Л. Хасанов, Э.С. Двилис, З.Г. Бикбаева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008.- 196 с.
7. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.– М.: Ком Книга, 2006.– 592 с.
8. Анциферов В.Н., Перельман В.Е. Механика процессов прессования порошковых и композиционных материалов.– М.:2001.–628 с.
9. Попильский Р.Я., Пивинский Ю.Е. Прессование порошковых керамических масс. – М.: Металлургия, 1983.- 176 с.

10. Введение в нанотехнологию /Кобаяси Н.– Пер. с японск.–М.: Бином, 2005.–134 с.

**Полное содержание лекций в электронной дистанционной части учебного курса на сайте [www.nanoobr.ru](http://www.nanoobr.ru)**