

УТВЕРЖДАЮ

Ректор РХТУ им. Д.И. Менделеева

_____ В.А. Колесников

Программа
краткосрочного повышения квалификации преподавателей и научных работников
высшей школы

по направлению
«ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАНОМАТЕРИАЛЫ»

на базе учебного курса
«Технология керамических и нанокерамических материалов»

Цель Изучение принципов создания нанокерамических материалов

Категория слушателей преподаватели и научные работники высшей школы

Примерный срок обучения 24 часа

Форма обучения с частичным отрывом от работы

Режим занятий 8 часов в день

Целью данного курса является ознакомление с основными принципами технологии керамических материалов и ее особенностями при переходе на наноуровень, являющийся дальнейшим развитием технологии керамики, с основными свойствами керамики: керамическими, механическими, термомеханическими, термическими, электрофизическими, магнитными, оптическими, химическими; основными переделами и физико-химическими процессами в технологии керамических наноматериалов: получением порошков, подготовкой формовочных масс, формованием заготовок, сушкой, обжигом и послеобжиговой обработкой с указанием особенностей при переходе на наноуровень; методами получения нанокерамических материалов – 0D (наночастицы, квантовые точки и т.д.), 1D (нанопроволоки, нитевидные кристаллы, наностержни и т.д.), 2D (нанопленки, нанопокртытия, границы кристаллов и т.д.), 3D (нанокерамика,

нанокомпозиты).

Требования к уровню освоения учебного курса.

Преподаватели должны:

Знать:

- место, занимаемое керамическими материалами среди других материалов, и перспективы, открывающиеся при переходе на наноуровень;
- основные классы керамических материалов;
- основные пределы в получении керамических материалов и особенностей при переходе на наноуровень;
- основные свойства керамических материалов и наноматериалов;

Иметь навыки:

- видеть связь технологии керамики и наук о наноматериалах;
- самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной керамическим наноматериалам и нанотехнологиям;

Иметь представление:

- о структуре керамических материалов и наноматериалов и основных пределах их технологии;
- об особенностях изменения свойств и технологии керамических материалов при переходе на наноуровень; - изменил формулировку
- о методах получения 0D, 1D, 2D и 3D нанокерамических материалов.

Научные работники должны:

Знать:

- принципы формирования керамических материалов и наноструктур;
- основные свойства керамических материалов и перспективы их изменения при переходе на наноуровень;
- основные пределы в получении керамических материалов и особенностей при переходе на наноуровень;

Иметь навыки:

- видеть перспективы возможных применений керамических наноматериалов;
- самостоятельно ориентироваться в литературе, посвященной получению и применению керамических наноматериалов и нанотехнологий;
- понимать логику изменения свойств керамических материалов при переходе на наноуровень.

Иметь представление:

- о составе, структуре и свойствах и технологии керамических материалов и наноматериалов;
- об особенностях технологии керамических материалов, нанокерамических материалов и керамических нанокомпозитов;
- о технологических проблемах при переходе керамических материалов на наноуровень;
- о перспективах, открывающихся при переходе керамических материалов на наноуровень.

Учебный курс «Технология керамических и нанокерамических материалов» состоит из дистанционной и очной частей.

Дистанционная часть учебного курса обеспечивает слушателя необходимым объемом знаний по выбранной тематике. Задача дистанционной составляющей учебного курса – подготовить слушателя к очному обсуждению рефератов по выбранным темам и проведению лабораторного практикума в специализированной лаборатории РХТУ им. Д. И. Менделеева. Дистанционная часть учебного курса составляет 12 часов учебной нагрузки и включает теоретическую часть (лекционную) и тестирование.

В дистанционной (теоретической) части учебного курса изложены теоретические основы изменения структуры и свойств, а также технологических переделов при переходе от обычной керамики к нанокерамике и керамическим нанокompозитам.

Теоретическая часть учебного курса состоит из пяти лекций.

Содержание лекционного курса

Лекция 1. Структура и классификации керамических и нанокерамических материалов.

Структура керамических и нанокерамических материалов. Распределение кристаллической, стекловидной фаз и пор. Параметры, характеризующие поровую структуру, распределение пор по размерам. Классификация методов создания нанокерамических материалов с заданной структурой и свойствами.

Классификация нанокерамических материалов по геометрическим параметрам. 0D НКМ – наночастицы и квантовые точки с размером менее 100 нм. 1D НКМ с диаметром менее 100 нм – нанотрубки, нитевидные кристаллы, нановолокна. 2D НКМ – наночастицы, нанопленки, покрытия с толщиной менее 100 нм. 3D НКМ – монолитные изделия, содержащие элементы структуры размером менее 100 нм, которые обеспечивают важнейшее эксплуатационное свойство материала.

Классификации керамических материалов по областям применения, по структуре.

Лекция 2. Основные процессы технологии керамических и нанокерамических материалов.

Методы представления и характеристики гранулометрического состава. Сверхтонкий помол. Механохимические методы получения нанопорошков. Методы защиты измельчаемых материалов от загрязнения. Особенности классификации нанопорошков по размерам.

Требования к однородности масс, способы ее оценки. Особенности приготовления формовочных масс на основе нанопорошков. Строение формовочных масс. Временные технологические связи и их роль при формовании и сушке.

Прессование нанопорошков. Поведение твердой, жидкой и газообразной фаз при прессовании. Влияние давления и времени прессования на плотность полуфабриката. Распределение давления и плотности по высоте заготовки. Способы повышения равномерности. Изостатическое прессование и его варианты. Влияние основных факторов на плотность полуфабриката

Пластическое формование масс, содержащих наночастицы. Деформационные свойства масс. Влияние основных факторов на свойства пластичных масс. Основные факторы, определяющие протекание процесса. Формы для изготовления изделий и предъявляемые к ним требования.

Литье шликеров, содержащих наночастицы. Требования к литьевым суспензиям. Литье из водных суспензий. Способы регулирования свойств шликера и полуфабриката. Интенсификация литья. Литье из неводных суспензий. Пленочное литье. Литье из

термопластичных шликеров. Основные особенности удаления временной технологической связки из заготовок, содержащих наночастицы.

Удаление временной технологической связки как процесс внутреннего и внешнего массообмена. Усадочные явления в процессе сушки полуфабриката, содержащего наночастицы. Максимально допустимая скорость сушки. Методы оценки сушильных свойств полуфабриката и длительности сушки. Основные методы сушки и способы ее интенсификации.

Изменение свойств наносистем в обжиге. Спекание как основной процесс, происходящий при обжиге. Твердофазовое и жидкофазное спекание наносистем. Влияние основных факторов. Способы интенсификации. Регулирование свойств материалов наноструктурированными жидкостями.

Лекция 3. Свойства керамических и нанокерамических материалов

Механические и упругие свойства. Механизмы разрушения нанокерамических материалов. Трещиностойкость нанокерамических материалов и способы ее повышения. Твердость и износостойкость наноматериалов. Зависимость свойств от структуры материала и температуры.

Теплофизические свойства нанокерамических материалов, их зависимость от состава и температуры. Методы оценки. Термические напряжения в материале, термостойкость нанокерамических материалов. Факторы, определяющие термостойкость. Методы ее оценки. Пути повышения термостойкости. Длительная прочность нанокерамических материалов.

Электрофизические свойства нанокерамических материалов. Проводимость, ее механизмы и температурная зависимость. Керамические проводники, сверхпроводники, полупроводники и диэлектрики. Поляризация, ее виды и связь с диэлектрической проницаемостью. Температурная и частотная зависимость диэлектрической проницаемости. Диэлектрические потери, их виды и связь с химическим, фазовым составом и структурой. Температурная и частотная зависимости диэлектрических потерь. Электрическая прочность, виды и механизмы пробоя. Методы измерения электрических свойств. Пьезоэффект и электрострикция. Сегнето- и пьезоэлектрические наноматериалы.

Магнитные свойства нанокерамических материалов. Магнитомягкие и магнито жесткие ферриты. Влияние структуры на магнитные свойства.

Оптические свойства нанокерамических материалов. Влияние примесей на оптические свойства.

Химические свойства нанокерамических материалов. Факторы, определяющие сопротивление коррозии: химическая инертность, поверхностная текстура и пористость, образование защитного слоя, температура. Поведение различных видов материалов в коррозионных средах. Биосовместимость нанокерамических материалов. Каталитические свойства нанокерамических материалов.

Лекция 4. 0D и 1D нанокерамические материалы (НКМ)

0D НКМ. Высокая химическая активность 0D НКМ. Классификация по окружающей среде, где происходит наиболее важный процесс, и условность этого деления. Квантовые точки – наноразмерные объекты на поверхности твердых тел.

Нанореакторы и темплатный синтез. Негативные и позитивные темплаты и темплатные синтезы.

1D НКМ. Классификация по среде, в которой происходит их формирование. Монокристаллические, аморфные, состоящие из многих наночастиц 1D НКМ. Нанопроволоки (nanowires), наностержни (nanorods) и нанотрубки (nanotubes). Темплатные и бестемплатные методы получения 1D НКМ.

Лекция 5. 2D, 3D НКМ и композиционные НКМ.

2D НКМ – нанопленки, покрытия и границы фаз с толщиной менее 100 нм. Классификация по среде, в которой происходит их формирование. Темплатные и бестемплатные методы получения 2D НКМ. Три механизма роста 2D НКМ; по Фольмеру—Веберу, по Франку— Ван дер Мерве, по Крастанову — Странскому.

3D НКМ – трехмерные материалы с элементами структуры менее 100 нм. Особенности применения технологических переделов традиционной керамики.

Композиционные НКМ (КНКМ). 1D, 2D и 3D КНКМ. Дисперсионная среда (матрица) и дисперсная фаза из 0D, 1D, 2D, 3D НКМ (полностью или частично). Темплатные методы получения КНКМ. Применение традиционных переделов технологии керамики к КНКМ. Выращивание наноразмерных структур (дисперсной фазы) внутри матрицы при распаде неустойчивых твердых фаз.

Перспективные области применения НКМ и КНКМ.

Очная часть учебного курса представляет собой обсуждение рефератов по выбранным темам и выполнение работ в специализированной лаборатории по технологии керамики в РХТУ им. Д. И. Менделеева. Задача очной части курса – углубление и закрепление информации, освоенной в ходе дистанционной части курса, включая знакомство с современной лабораторией по исследованию основных свойств керамических и нанокерамических материалов. Очная часть учебного курса составляет 12 часов учебной нагрузки.

Основные задания на лабораторный практикум:

1. Определение пористости, водопоглощения и средней плотности нанокерамических материалов.
2. Исследование кинетики спекания нанокерамических материалов дилатометрическим методом.
3. Исследование взаимосвязи состава, структуры и свойств нанокерамических материалов методами микроскопии.

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. Для контроля степени освоения теоретической части учебного курса (лекций) используются **тестовые вопросы** для самопроверки и **контрольные вопросы**.

Тестовые вопросы к курсу

«Технология керамических и нанокерамических материалов»

Лекция 1. Структура и классификации керамических и нанокерамических материалов.

Вопрос 1. Классификация НКМ по геометрическим параметрам (указать неверное утверждение):

1 – 0D НКМ (наночастицы, фуллерены, ассоциаты дефектов), 2 – 1D НКМ (нановолокна, нитевидные кристаллы толщиной 50 нм, квантовые точки), 3 – 2D НКМ (нанопленки, нанопокртия, границы твердых фаз толщиной менее 100 нм), 4 – 3D НКМ (нанокерамика, многофазная керамика с фазами размером менее 100 нм, нанопористая керамика).

Ответ –

Вопрос 2. Назовите объект, не относящийся к КНМ (указать неверное утверждение):

1 – нанотрубки, 2 – частицы кремнезоля, 3 – области ближнего порядка в стеклах, 4 – монокристалл кварца.

Ответ -

Вопрос 3. Назовите объект, не относящийся к 1D КНМ (указать неверное утверждение):

1 – нановолокно, 2 – наностержень, 3 – нитевидный кристалл диаметром 200 нм, выросший в твердой фазе, 4 – канальная пора диаметром 50 нм.

Ответ -

Вопрос 4. Назовите объект, не относящийся к 2D КНМ (указать неверное утверждение):

1 – поликристаллические пленки толщиной 60 нм, 2 – стеклокристаллические пленки толщиной 10 нм, 3 – пленки Ленгмюра-Блоджетт толщиной 15 нм, 4 – границы кристаллов в керамике толщиной 1 мкм.

Ответ -

Вопрос 5. Назовите объект, не относящийся к 3D КНМ (указать неверное утверждение):

1 – керамика с размером частиц 80 нм; 2 – волокно толщиной 100 мкм из кристаллов размером 40 нм; 3 – поликристаллическая керамика с дисперсными включениями второй фазы размером 10 нм, которые определяют ее важнейшее эксплуатационное свойство; 4 – пленка толщиной 80 нм, состоящая из частиц размером 5 нм.

Ответ –

Вопрос 6. К структурным характеристикам керамических материалов относят (указать неверное утверждение):

1 – открытую пористость, 2 – закрытую пористость, 3 – удельную поверхность, 4 – газопроницаемость.

Ответ –

Вопрос 7. По структуре керамические материалы подразделяют на (указать неверное утверждение):

1 – тонкокристаллические, 2 – мелкокристаллические, 3 – среднекристаллические, 4 – крупнокристаллические.

Ответ –

Вопрос 8. По назначению изделия хозяйственно-бытовой керамики подразделяют на (указать неверное утверждение):

1 – художественные, 2 – декоративные, 3 – химически стойкие, 4 – посуду.

Ответ –

Вопрос 9. К огнеупорам относят (указать неверное утверждение):

1 – магнезитовые кирпичи; 2 – безобжиговые огнеупорные массы; 3 – фарфор; 4 – легковесные огнеупоры.

Ответ –

Вопрос 10. К технической керамике относят (указать неверное утверждение):

1 – корундовая керамика; 2 – фаянсовая керамика; 3 – керамика из оксида магния; 4 – нагреватели из карбида кремния.

Ответ –

Лекция 2. Основные процессы технологии керамических и нанокерамических материалов.

Вопрос 1. Гранулометрический состав порошка описывается (указать неверное утверждение):

1 – выходом по плюсу, 2 – выходом по минусу, 3 – гистограммой, 4 – порограммой.

Ответ -

Вопрос 2. Зависимость плотности полуфабриката от давления прессования описывается (указать неверное утверждение):

1 – уравнением Бережного, 2 – уравнением Казакевича, 3 – уравнением Попильского - Смоля, 4 – уравнением Верниковского.

Ответ -

Вопрос 3. К дефектам пластического прессования относят (указать неверное утверждение):

1 – “драконов зуб”, 2 – “перепрессовочные трещины”, 3 – “малые надрезы”, 4 – “S-образные трещины”.

Ответ -

Вопрос 4. В качестве электролита для регулирования вязкости водной суспензии наночастиц используют (указать неверное утверждение):

1 – сульфат натрия, 2 – карбонат натрия, 3 – силикат натрия, 4 – фосфат натрия.

Ответ -

Вопрос 5. В качестве ПАВ для улучшения смачивания используют кислоты: олеиновую, пальмитиновую, стеариновую (указать неверное утверждение):

1 – олеиновую, 2 – пальмитиновую, 3 – стеариновую, 4 – бензойную.

Ответ -

Вопрос 6. К свойствам горячих шликеров относят (указать неверное утверждение):

1 – устойчивость, 2 – вязкость, 3 – прочность отливки, 4 – литейную способность.

Ответ -

Вопрос 7. Для формования изделий из горячих шликеров используют (указать неверное утверждение):

1 – горячее прессование, 2 – намораживание, 3 – сливное литье, 4 – наливное литье.

Ответ -

Вопрос 8. На диаграмме сушки различают (указать неверное утверждение):

1 – период возрастающей скорости сушки, 2 – период максимальной скорости сушки, 3 – период постоянной скорости сушки, 4 – период падающей скорости сушки

Ответ -

Вопрос 9. Интенсивность сушки может быть повышена несколькими способами (указать неверное утверждение):

1. – совмещением направления процессов влагопроводности и термовлагопроводности при увеличении температуры заготовки по сравнению с температурой окружающей среды, 2 – увеличением коэффициента влагопроводности путем повышения пористости заготовки, 3 – снижением общего давления, 4 – повышением общего давления.

Ответ -

Вопрос 10. Показателями спекания являются (указать неверное утверждение):

1 – относительная плотность, 2 – средняя плотность, 3 – открытая пористость, 4 – механическая прочность.

Ответ -

Лекция 3. Свойства керамических и нанокерамических материалов.

Вопрос 1. Зависимость механической прочности от пористости описывается уравнением (указать неверное утверждение):

1 – Бальшина, 2 – Рышкевича, 3 – Вейла, 4 – Бережного.

Ответ -

Вопрос 2. Твердость нанокерамических материалов оценивают методом (указать неверное утверждение):

1 – Роквелла, 2 – Вейбулла, 3 – Бринеля, 4 – Виккерса.

Ответ -

Вопрос 3. При условии непрерывности твердой фазы коэффициент термического расширения зависит от (указать неверное утверждение):

1 – пористости, 2 – температуры, 3 – строения кристаллической решетки, 4 – фазового состава нанокерамического материала.

Ответ -

Вопрос 4. С точки зрения зонной теории проводимости материалы подразделяются на (указать неверное утверждение):

1 – диэлектрики, 2 – полупроводники, 3 – проводники, 4 – сверхпроводники.

Ответ -

Вопрос 5. Термическая стойкость нанокерамических материалов может быть объяснена (указать неверное утверждение):

1 – теорией максимальных напряжений, 2 – фрагментарной теорией, 3 – теорией “слабого звена”, 4 – теорией двух стадий.

Ответ -

Вопрос 6. Нанокерамические сегнетоматериалы характеризуются (указать неверное утверждение):

1 – линейной зависимостью поляризации от напряженности поля, 2 – наличием сегнетоэлектрического гистерезиса, 3 – наличием доменного строения, 4 – коэрцитивным полем.

Ответ -

Вопрос 7. Свойства пьезоэлектрических нанокерамических материалов характеризуют (указать неверное утверждение):

1 – коэффициентом электромеханической связи, 2 – магнитным моментом, 3 – чувствительностью, 4 – отношением деформации к напряженности электрического поля.

Ответ -

Вопрос 8. Диэлектрические потери в нанокерамическом материале характеризуют (указать неверное утверждение):

1 – добротностью, 2 – тангенсом угла диэлектрических потерь, 3 – фактором потерь, 4 – энергией, затраченной на нагревание диэлектрика.

Ответ -

Вопрос 9. Оптическая прозрачность керамического материала зависит от (указать неверное утверждение):

1 – длины волны падающего света, 2 – размера кристаллов, 3 – энергии связи катион - кислород, 4 – дефектности границы кристалла.

Ответ -

Вопрос 10. К магнитным шпинелям относят (указать неверное утверждение):

1 – Fe_3O_4 , 2 – $\text{MnO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, 3 – $\text{CoO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, 4 – $\text{MgO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$.

Ответ -

Лекция 4. 0D, 1D нанокерамические материалы.

Вопрос 1. К 0D НКМ относят (указать неверное утверждение):

1 – наночастицы, 2 – нановолокна, 3 – квантовые точки, 4 – области ближнего порядка в стеклах.

Ответ –

Вопрос 2. К способам уменьшения агрегации 0D НКМ относят (указать неверное утверждение):

1 – применение полимерных ПАВ, 2 – замещение или применение вместо воды неводных жидких сред, 3 – увеличение температуры водного раствора при получении прекурсора, 4 – сверхбыстрое замораживание воды и сублимацию льда.

Ответ –

Вопрос 3. Для отделения 0D НКМ от жидкой дисперсионной среды применяют (указать неверное утверждение):

1 – фильтрование, 2 – сушку, 3 – центрифугирование, 4 – разделение на ситах.

Ответ –

Вопрос 4. Для отделения 0D НКМ от газовой дисперсионной среды применяют (указать неверное утверждение):

1 - флотацию, 2 – осаждение в электрофильтрах, 3 – центрифугирование, 4 – фильтрование.

Ответ –

Вопрос 5. При получении 0D НКМ методом гетерофазного синтеза (указать неверное утверждение):

1 – необходимо применять исходные наночастицы, 2 – сутью метода являются топохимические реакции, 3 – наночастицы водорастворимой соли помещают в сильно разбавленный осадитель, 4 – в топохимических реакциях наблюдают наследование предшествующей структуры.

Ответ –

Вопрос 6. При получении 0D НКМ золь-гель методом (указать неверное утверждение):

1 – сначала обычно получают золь, а из него при удалении части воды – гель, 2 – воду можно удалить нагреванием, 3 – воду можно удалить экстракцией соответствующим растворителем, 4 – воду можно удалить фильтрованием.

Ответ –

Вопрос 7. К 1D НКМ относят (указать неверное утверждение):

1 – волокна с диаметром 40 нм, 2 – нитевидные кристаллы с диаметром 150 нм, 3 – нанотрубки, 4 – наностержни.

Ответ -

Вопрос 8. В жидкой среде 1D НКМ получают (указать неверное утверждение):

1 - осаждением в жидких средах (растворы неорганические и органические, расплавы неорганические и органические), 2 - уменьшением растворимости (химические реакции, понижение температуры, 3 – кристаллизацией эвтектик, 4 – при топохимическими реакциях взрывного разложения твердых тел.

Ответ -

Вопрос 9. Получение 1D НКМ с применением негативных темплатов (указать неверное утверждение):

1 – полости заполняют методом электрохимического осаждения, 2 – полости заполняют методом запрессовки нанопорошком, 3 – полости заполняют методом электрофоретического осаждения, 4 – полости заполняют методом осаждением новой фазы из водных растворов.

Ответ –

Вопрос 10. Применение молекул ДНК для получения 1D НКМ (указать неверное утверждение):

1 – ДНК играет роль положительного темплата, 2 – функциональные группы ДНК способны присоединять подводимые извне ионы, молекулы их асоциаты, наночастицы, 3 – молекулы ДНК можно выпрямить и ориентировать с помощью движущейся капли воды, 4 – применение ДНК позволяет получать нанопроволоки размером от 5 нм и длиной до 500 мкм.

Ответ –

Лекция 5. 2D, 3D НКМ и композиционные НКМ.

Вопрос 1. К 2D НКМ относят (указать неверное утверждение):

1 – пленки толщиной 40 нм, 2 – покрытия толщиной 150 нм, 3 – пленки Ленгмюра-Блоджетт, 4 – границы между кристаллами толщиной 60 мкм.

Ответ -

Вопрос 2. В жидкой среде 2D НКМ можно получать (указать неверное утверждение):

1 - осаждением в жидких средах (растворы неорганические и органические, расплавы неорганические и органические), 2 - уменьшением растворимости (химические реакции, понижение температуры, 3 – кристаллизацией эвтектик, 4 – при взрывном разложении жидкостей.

Ответ -

Вопрос 3. 2D НКМ можно получать (указать неверное утверждение):

1 – осаждением из плазмы, 2 – химическим осаждением из газовой фазы, 3 – окупанием в керамический шликер, 4 – методом молекулярного наслаивания.

Ответ –

Вопрос 4. 2D НКМ можно получать (указать неверное утверждение):

1 – из водных или неводных растворов, 2 – золь-гель методом, 3 – без предварительной подготовки поверхности, 4 – с помощью топохимических процессов.

Ответ -

Вопрос 5. Механизмы роста 2D НКМ (указать неверное утверждение):

1 – сначала происходит зарождение изолированных трехмерных зародышей, а рост пленки происходит путем счет последовательного наращивания моноатомных слоев, 2 – сначала происходит зарождение изолированных трехмерных зародышей, затем их рост и коалесценция с образованием сплошной пленки, 3 – сначала образуются двухмерные зародыши, а затем происходит возникновение трехмерных островков, 4 – сначала образуются двухмерные зародыши на поверхности подложки, а рост пленки происходит путем счет последовательного наращивания моноатомных слоев.

Ответ -

Вопрос 6. Процессы, затрудняющие получение 3D НКМ (указать неверное утверждение):

1 – стремление наночастиц понизить свою энергию за счет физико-химического взаимодействия с окружающей средой, в том числе агрегации 2 – наиболее сложной задачей является сохранение в пределах наноразмеров частиц исходных нанопорошков на всех переделах технологии нанокерамики; 3 – низкая химическая активность и растворимость наночастиц затрудняет формование заготовок, 4 – возрастание трения между частицами затрудняет формование заготовок.

Ответ -

Вопрос 7. Для формования 3D НКМ используют (указать неверное утверждение):

1 – равноканальное прессование, 2 – ультразвуковое прессование, 3 – гидростатическое прессование, 4 – двустороннее магнитно-импульсное прессование с получением 0,3-0,5 от теоретического значения плотности заготовки.

Ответ –

Вопрос 8. Спекание 3D НКМ (указать неверное утверждение):

1 – повышение температуры ускоряет массоперенос и опасность выхода за пределы наноразмеров, 2 – сверхбыстрое спекание перспективно для получения изделий сложной формы, 3 – диффузионные процессы приводят к росту частиц за пределы наноразмеры, 4 – спекание 3D НКМ можно проводить при минимальной температуре, используя ослабление химических связей в наночастицах, облегчающую процессы массопереноса.

Ответ –

Вопрос 9. Композиционные НКМ (указать неверное утверждение):

1 – в композиционном НКМ, последний должен входить либо в дисперсионную среду, либо в дисперсную фазу, либо в обе фазы одновременно, 2 – композиционный материал, состоящий из стекловолокна, распределенного в полимерной матрице, 3 – дисперсионная среда может состоять не только из керамики, но и из металла, полимера, стекла, вяжущих материалов, 4 – наноразмерные элементы структуры должны оказывать определяющее влияние на важнейшее эксплуатационное свойство композиционного материала.

Ответ –

Вопрос 10. Дисперсная фаза из НКМ в композиционных НКМ может состоять из (указать неверное утверждение):

1 – непрерывных поликристаллических волокон с размером частиц не более 1 мкм, 2 – наночастицы и элементы структуры с размером менее 100 нм (наночастицы, ассоциаты

дефектов в кристаллах, квантовые точки, нанопоры, области ближнего порядка в стеклах и т.д.), 3 – нанотрубки, нитевидные кристаллы, нановолокна, 4 – монолитные элементы из наночастиц или композиты, содержащие наноразмерные элементы структуры).

Ответ –

Контрольные вопросы для проверки материала в количестве 25 вопросов

1. Структура керамических и нанокерамических материалов.
2. Классификация керамических наноматериалов по геометрическим параметрам.
3. Тонкий помол. Основные способы тонкого помола. Методы защиты измельчаемых материалов от загрязнения. Особенности измельчения пластичных материалов.
4. Полусухое прессование. Сущность метода. Классификация способов прессования по направлению усилий, скорости и режиму нагружения.
5. Пластическое формование и его варианты. Деформационные свойства пластичных масс. Методы оценки пластичности. Влияние основных факторов (содержания дисперсионной среды, дисперсности твердой фазы, газовых включений) на свойства пластичных масс.
6. Литье керамических шликеров. Классификация методов литья.
7. Сушка керамического полуфабриката. Удаление временной технологической связки как процесс внутреннего и внешнего массообмена. Усадочные явления в процессе сушки. Максимально допустимая скорость сушки.
8. Обжиг керамического полуфабриката. Основные процессы, происходящие при обжиге. Изменение свойств полуфабриката в обжиге. Спекание как основной процесс, происходящий при обжиге. Основные стадии спекания. Способы оценки и характеристики спекания.
9. Механические и упругие свойства керамики. Механизмы разрушения керамики. Прочность керамики при различных видах механических воздействий. Трещиностойкость керамики и способы ее повышения. Твердость керамики. Методы определения механических и упругих свойств керамики. Длительная прочность керамики. Зависимость свойств от структуры материала и температуры.
10. Теплофизические свойства керамики. Теплоемкость, термический коэффициент линейного расширения, теплопроводность и температуропроводность керамики, их зависимость от состава и температуры. Методы оценки. Термические напряжения в материале и изделиях, термостойкость керамики. Факторы, определяющие термостойкость. Методы ее оценки. Пути повышения термостойкости.
11. Электрофизические свойства керамики. Проводимость керамики, ее механизмы и температурная зависимость. Керамические проводники, сверхпроводники, полупроводники и диэлектрики.
12. Поляризация керамики, ее виды и связь с диэлектрической проницаемостью. Температурная и частотная зависимость диэлектрической проницаемости керамики. Диэлектрические потери, их виды и связь с химическим, фазовым составом и структурой керамики. Температурная и частотная зависимости диэлектрических потерь.

13. Пьезокерамические материалы. Основные показатели. Влияние состава и структуры на пьезосвойства. Магнитные свойства керамики. Основные сведения о природе ферромагнетизма керамики, намагниченность, магнитная проницаемость, коэрцитивная сила. Температура Кюри. Магнитомягкие и магнито жесткие ферриты. Влияние структуры на магнитные свойства.
14. Оптические свойства керамики. Взаимодействие керамики со светом, рассеяние, поглощение и отражение света. Керамика как полупрозрачное тело, белизна керамики и методы ее оценки. Влияние примесей на оптические свойства керамики.
15. Химические свойства керамики. Факторы, определяющие сопротивление коррозии: химическая инертность главных и второстепенных составляющих керамики, поверхностная текстура и пористость, образование защитного слоя, температура. Биосовместимость керамики. Каталитические свойства керамики.
16. Классификация 0D керамических наноматериалов по видам.
17. Классификация 0D керамических наноматериалов по среде, в которой происходит основной физико-химический процесс.
18. Темплатные методы получения керамических наноматериалов в жидкой среде.
19. Методы получения 1D керамических наноматериалов в газовой среде.
20. Получения 1D нановолокон электроротационным методом.
21. Механизмы получения 2D керамических наноматериалов.
22. Получение наноразмерных пленок при их осаждении из газовой фазы.
23. Классификация композиционных керамических наноматериалов.
24. Нанопористые керамические материалы.
25. Получение керамических нанокомпозитов при распаде неустойчивых твердых фаз.

В конце очной части учебного курса слушатели готовят отчеты по **темам контрольных рефератов**, которые используются для углубления усвоения всего учебного курса.

Темы контрольных рефератов по курсу
«Технология керамических и нанокерамических материалов»

1. Структура керамических, нанокерамических и композиционных нанокерамических материалов.
2. Тонкий помол. Основные способы тонкого помола.
3. Полусухое прессование.
4. Деформационные свойства пластичных масс. Методы оценки пластичности.
5. Литье керамических шликеров.
6. Сушка керамического полуфабриката.
7. Спекание как основной процесс, происходящий при обжиге.
8. Механизмы разрушения керамики.
9. Трещиностойкость керамики и способы ее повышения.

10. Твердость керамики.
11. Длительная прочность керамики.
12. Теплофизические свойства керамики.
13. Пути повышения термостойкости керамики.
14. Проводимость керамики, ее механизмы и температурная зависимость.
15. Поляризация керамики.
16. Диэлектрические потери, их виды и связь с химическим, фазовым составом и структурой керамики.
17. Пьезокерамические материалы.
18. Магнитные свойства керамики.
19. Оптические свойства керамики.
20. Химические свойства керамики.
21. Биосовместимость керамики.
22. Каталитические свойства керамики.
23. Методы получения 0D НКМ в жидкой среде.
24. Методы получения 1D НКМ в газовой среде.
25. Методы получения 2D НКМ в газовой среде.
26. Проблемы спекания 3D НКМ.
27. Получение композиционных 3D НКМ при распаде неустойчивых фаз.

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	
	“Технология керамических и нанокерамических материалов” Лекция №1 Структура и классификации	24 ч.	10	2	12	

керамических и накерамических материалов.	2				1. Тесты для самотестирования
Лекция №2 Основные процессы технологии керамических и нанокерамических материалов	2				2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)
Лекция №3 Свойства керамических и нанокерамических материалов	2				
Лекция №4 0D и 1D нанокерамические материалы (НКМ)	2				
Лекция №5 2D 3D НКМ и композиционные НКМ	2				
Итоговый контроль		1. Тесты для самотестиро вания	2. Контрольные вопросы (электронная зачётка)	3. Реферат. Защита лаборатор- ных работ	Реферат

1.1. Список литературы (основной и дополнительной), а также других видов учебно-методологических материалов и пособий, необходимых для изучения (конспектов лекций, видеолекций, лазерных дисков и др.). Указывается литература и дополнительные источники информации – (не более 10-15 источников, включая источники, размещённые в Интернете).

Литература

а) основная

1. Андриевский Р. А. Наноструктурные материалы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р.А.Андриевский, А.В. Рагуля. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 192 с.
2. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А. И. Гусев. - Изд. 2-е, испр. / М.: Физматлит, 2007. - 414 с.
3. Химическая технология керамики. Под ред. И. Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ “Стройматериалы”, 2003. – 496 с.
4. Практикум по технологии керамики. Под ред. И. Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ “Стройматериалы”, 2005. – 196 с.

б) дополнительная

5. Нанотехнологии. Азбука для всех. Под. ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
6. В. Л. Балкевич. Техническая керамика. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
7. В. Я. Баринов, С. М. Шевченко. Техническая керамика. – М.: Наука, 1993. – 187 с.
8. Электронный журнал Нанометр <http://www.nanometer.ru/>

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