

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
дисциплины

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИКИ: ОТ МИКРО- К
НАНОПОРОШКАМ**

**Программа повышения квалификации "Технологии наноструктурированных
композиционных оксидных и безоксидных керамических материалов"**

Максимальная оценка, которую слушатель может получить в процессе обучения по модулю, составляет 100 баллов, которую слушатель получает по результатам итогового контроля.

В тестах закрытого типа на каждое задание отводится от 3 до 5 минут. В тестах открытого типа на каждое задание отводится от 0,5 до двух часов. Задания такого типа представляются для проверки преподавателю, затем следует обсуждение задания в рамках вебинаров. На проектные задания отводится от 10 до 16 часов самостоятельной работы, при этом слушатель консультируется с преподавателем по скайпу или электронной почте. Оценка проектного задания проводится 2 – 3 экспертами, один из которых является работодателем.

Входной контроль

К изучению дисциплины допускаются обучающиеся, выполнившие не менее 50 % заданий входного тестирования.

Вариант 1

1 Что такое нанокристаллические материалы?

- 1.1. Материалы с размером структурных элементов менее 1 нм.
- 1.2. Материалы с размером структурных элементов менее 10 нм.
- 1.3. Материалы с размером структурных элементов менее 100 нм.

2 Какие силы обеспечивают взаимодействия в диапазоне 10-100 нм?

- 2.1. Кулоновские.
- 2.2. Химические.
- 2.3. «Слабые» взаимодействия (ван-дер-ваальсовы, водородные).

3 К наноразмерным элементам в керамике относят... Укажите неправильное утверждение.

- 3.1. Кристаллы в традиционной керамике.
- 3.2. Границы между кристаллами в высокочистой керамике из простых оксидов.
- 3.3. Стеклофазу в керамике.

4 Какие дефекты решетки преобладают в наноматериалах?

- 4.1. Дислокации.
- 4.2. Границы зерен.
- 4.3. Вакансии.

Вариант 2

1 Что такое равноосные (объемные) наноматериалы?

- 1.1. Наноматериалы с равноосными включениями.
- 1.2. Наноматериалы с трехмерными наномасштабными структурными элементами.
- 1.3. Наноматериалы с трехмерными наномасштабными кристаллитами.

2 Зависит ли характер структуры наноматериалов от способа их получения?

- 2.1. Зависит.
- 2.2. Не зависит.

2.3. Слабо зависит.

3Какой из перечисленных ниже материалов может считаться наноматериалом? (выберите единственный ответ)?

3.1. Электротехнический фарфор.

3.2. Ситалл (стеклокерамика).

3.3. Монокристалл корунда.

4Какими способами не удастся сохранить нанокристаллическое состояние при спекании нанопорошков?

4.1. Снижением температуры спекания.

4.2. Спеканием в вакууме.

4.3. Введением легирующих добавок.

Вариант 3

1Что такое «совмещенный» механизм пластической деформации наноматериалов?

2Какой характер разрушения присущ наноматериалам?

2.1. Интеркристаллитный.

2.2. Транскристаллитный.

2.3. Смешанный.

3Что такое аморфно-нанокристаллическое состояние?

3.1. Двухфазное состояние, содержащее аморфную и кристаллическую фазы.

3.2. Однофазное состояние с плавно меняющимся переходом от кристаллической структуры к аморфной.

3.3. Двухфазное состояние, содержащее аморфную и квазикристаллическую фазы.

4. Получение нанокомпозитов при распаде твердых растворов. Укажите неверное утверждение.

4.1. Обычно концентрация растворенного в твердом растворе компонента увеличивается с повышением температуры.

4.2. Высокая скорость диффузионного массопереноса способствует сохранению частиц в пределах наноразмеров.

4.3. При понижении температуры растворенный компонент начинает выделяться в твердой фазе (растворителе) в виде наночастиц.

Вариант 4

1. В чем заключается явление аномальной зависимости Холла-Петча в наноматериалах?

1.1. Деформирующее напряжение увеличивается со снижением размера зерна.

1.2. Деформирующее напряжение снижается со снижением размера зерна.

1.3. Деформирующее напряжение не изменяется со снижением размера зерна.

2. Каким образом размер частиц влияет на плотность компактов?

2.1. Чем меньше размер частиц, тем ниже плотность компактов.

2.2. Чем меньше размер частиц, тем выше плотность компактов.

2.3. Размер частиц не влияет на плотность компактов.

3. Как должны соотноситься величины модуля упругости биоактивных наноструктурных покрытий и костной ткани?

3.1. Модуль упругости биоактивных нанопокрывающих должен быть выше.

3.2. Модуль упругости биоактивного нанопокрывающего должен быть ниже.

3.3. Модуль упругости биоактивного нанопокрывающего и костной ткани должны быть равны.

4. Какие причины сдерживают более широкое использование объемных наноматериалов?

- 4.1. Небольшие размеры и высокая себестоимость.
- 4.2. Низкие свойства и плохая воспроизводимость.
- 4.3. Отсутствие производства в промышленных масштабах.
5. Из каких материалов изготавливают наиболее распространенные наноструктурные покрытия?
 - 5.1. Из карбида бора,
 - 5.2. Из нитрида титана,
 - 5.3. Из оксида алюминия.

Текущий контроль

Текущий контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов практических работ и самостоятельной работы обучающихся. Цель текущего контроля – оценка сформированных знаний и умений. Набранные баллы не суммируются с баллами за итоговый контроль.

Таблица 2.12 – Формы и методы оценки результата

Результаты	Формы и методы оценки	Баллы
Знания		
Структуры нанокристаллических материалов	Сравнение с эталоном	2
Способов получения нанопорошков оксидных керамик	Сравнение с эталоном	5
Модифицирующих эффектов наноструктурных элементов композиционной керамики	Сравнение с эталоном	2
Электрофизических свойств нанокерамических материалов	Сравнение с эталоном	2
Перечень Российских и зарубежных периодических научных изданий публикующих материалы по синтезу и исследованию керамических материалов, в том числе наноструктурированных	Экспертная оценка	2
Умения		
Выбирать способ синтеза нанопорошков для получения нанокерамики различного назначения.	Экспертная оценка	5
Проводить сравнительную оценку изменения трещиностойкости нанокерамических материалов	Экспертная оценка	2
Проводить сравнительную оценку влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий	Экспертная оценка	2
Проводить сравнительную оценку изменения термических свойств (термостойкость, характер спекания, коэффициенты линейного расширения) нанокерамических материалов в зависимости от состава	Экспертная оценка	2
Составлять прогноз возможности использования новой технологии на производстве	Экспертная оценка	10
Подбирать информационные ресурсы для составления обзора в определенной области производства керамики	Экспертная оценка	2
Подбирать научные публикации и патенты для составления обзора в определенной области производства керамики	Экспертная оценка	4

Всего		40
-------	--	----

Контрольно-измерительные материалы

1. Способы получения нанопорошков оксидных керамик

1.1. Выполните самостоятельную работу (СРС) по теме «Выбор способа синтеза нанопорошков для получения нанокерамики различного назначения»

Данный тип СРС следует выполнить *в рамках темы своего проектного задания* по следующей схеме:

- сформулируйте требования к готовой продукции;
- предложите 2 – 3 способа получения порошка (нанопорошка) для Вашего изделия (ссылка на информационные источники обязательна);
- мотивированно обоснуйте преимущества способа, который Вы выбираете для синтеза порошка (нанопорошка);
- составьте перечень возможных поставщиков сырья;
- мотивированно обоснуйте преимущества, выбранного Вами поставщика;
- в случае, если Вы не нашли поставщика оцените возможность организации синтеза порошка на Вашем производстве; мотивируйте выбор и поставщика оборудования для синтеза

1.2. Выполните тест по теме

2. Влияния добавок нанопорошков на твердость керамических изделий

2.1. Выполните самостоятельную работу (СРС) по теме «Влияния добавок

нанопорошков на твердость керамических изделий»

В рамках СРС необходимо провести сравнительную оценку изменения твердости керамических материалов, указанных в вашем проектном задании, при введении добавок нанопорошков в зависимости от их параметров:

- Вида частиц (металлические, оксиды, бескислородные соединения);
- Размера частиц;
- Объемного содержания;
- Равномерности распределения по объему матрицы.

2.2. Выполните тест по теме

1. Дисперсно-упрочненными композиционными материалами называют

- а) материалы, упрочненные нульмерными наполнителями;
- б) материалы, упрочненные одномерными наполнителями;
- в) материалы, упрочненные одномерными или двумерными наполнителями;
- г) материалы, упрочненные двумерными наполнителями.

2. В дисперсно-упрочненных композиционных материалах основным несущим элементом

- а) подложка;
- б) решетка;
- в) матрица;
- г) наполнитель;

3. В дисперсно-упрочненных композиционных материалах их прочность и жесткость обеспечивает

- а) подложка;
- б) решетка;
- в) матрица;
- г) наполнитель;

4. Эффективность упрочнения матрицы композиционного материала зависит от:

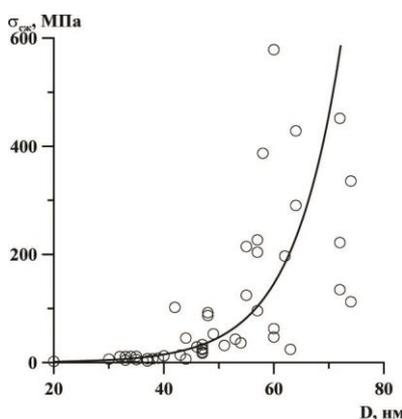
- а) от плотности матрицы;
- б) от размера и расстояния между соседними частицами наполнителя;
- в) растворимости частиц наполнителя в матрице
- г) токсичности наполнителя

5. Трансформационное упрочнение осуществляется за счет фазового перехода:

- а) тетрагональной модификации в кубическую;
- б) моноклинной модификации в тетрагональную;
- в) тетрагональной модификации в моноклинную;
- г) кубической модификации в тетрагональную;

6. Можно ли применять для наполнения керамической матрицы компоненты, которые вступают с ней в химическое взаимодействие при обычных температурах? Ответ обоснуйте.

7. Известно, что в металлах связь между механическими свойствами и размерами структурных элементов описывается соотношением Холла-Петча, согласно которому уменьшение размеров кристалла приводит к повышению прочности (твердости). Однако в одной из работ Григорьева М.В. результаты исследования механических свойств пористой корундовой керамики показали, что в отличие от металлов рост размера структурных элементов приводит к увеличению ее прочностных характеристик (рис.).



3.

Рис. Зависимость предела прочности на сжатие от среднего размера кристаллитов пористой корундовой керамики на основе порошков различной дисперсности

В представленной работе для получения пористой керамики использовали смеси порошков во всем концентрационном интервале от технического глинозема до плазмохимического Al_2O_3 . В плазмохимическом порошке Al_2O_3 средний размер частиц равен 0,2-5 мкм, в глиноземе – 30-100 мкм. Порошки смешивали в барабанной мельнице в течение 24 ч. Образцы цилиндрической формы прессовали на гидравлическом прессе с давлением 250 МПа. Спекание осуществляли при температурах 1200-1650°C с интервалом 100°C и продолжительностью изотермической выдержки в течение 1 ч.

Объясните причины наблюдаемого повышения прочности для пористой корундовой керамики при увеличении среднего размера ее кристаллитов

4. Влияния добавок нанопорошков на трещиностойкость керамических изделий

4.1. Выполните самостоятельную работу (СРС) в виде реферата по теме «Проведение сравнительной оценки изменения трещиностойкости нанокерамических материалов»:

- обзор литературных данных должен быть проведен с использованием не менее 5 источников литературы, в том числе не менее 1 иностранного источника.
- необходимо оценить изменение трещиностойкости того материала, который

предусмотрен в теме Вашего проектного задания.

4.2. Выполните тест по теме

На рисунке представлена микроструктура керамик, полученных из порошков карбида бора с добавлением порошковой смеси карбида и диборида титана. Порошки имели одинаковый состав, но были получены разными способами: измельчением в барабанной мельнице до 1-2 мкм либо механоактивацией в планетарной центробежной мельнице, размер частиц в этом случае варьировался от 40 до 90 нм.

Трещиностойкость каких образцов карбида бора с добавлением смеси ($\text{TiB}_2 + \text{TiC}$) будет выше? И чем это обусловлено?

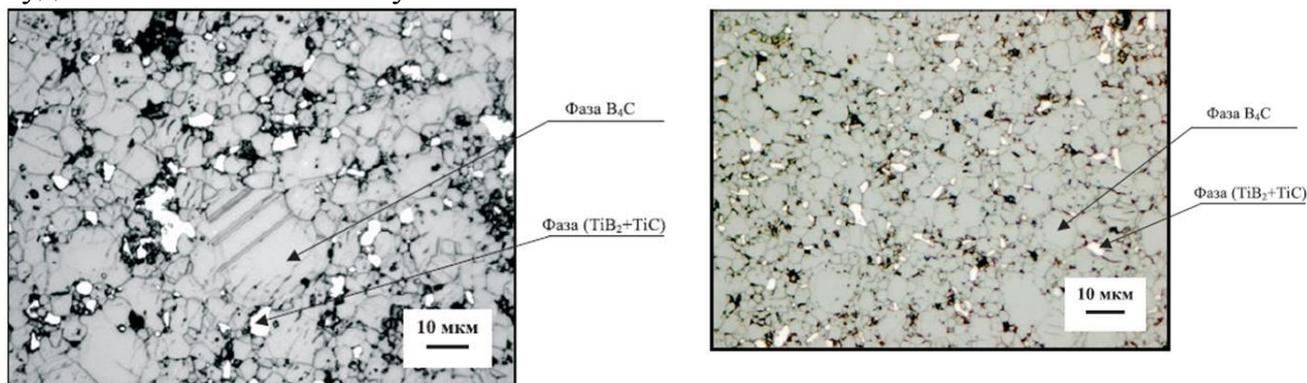


Рис. Микроструктура керамики 93% B_4C + 7% ($\text{TiB}_2 + \text{TiC}$), изготовленной горячим прессованием из порошка, полученного по традиционной технологии (а), и механоактивированного порошка (б)

5. Термические свойства нанокерамики

5.1. Выполните самостоятельную работу по теме «Проведение сравнительной оценки изменения термических свойств нанокерамических материалов в зависимости от состава»:

Данный тип СРС следует выполнить *в рамках темы своего проектного задания* по следующей схеме:

- на основе литературных данных проведите сравнительную оценку термических свойств (термостойкость, характер спекания, коэффициенты линейного расширения) керамических материалов в зависимости от состава (природа и содержание нанодобавок);
- составьте перечень методов, позволяющих оценить термические свойства керамики и /или оценить влияние различных факторов на это свойство.

5.2. Выполните тест по теме

Вариант 1

Укажите возможные причины отрицательных значений коэффициентов линейного термического расширения материалов (КЛТР)

А) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов получаются за счёт уменьшения объёма пор при нагреве;

Б) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов получаются за счёт спекания порошкового материала при нагреве;

В) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов получаются за счёт фазовой перестройки границ зерен порошкового компакта при нагревании;

Г) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов обусловлены уменьшением объёма микро- и наноразмерных микротрещин при нагревании.

Д) низкие, нулевые и отрицательные значения КЛТР материалов обусловлены

уменьшением доли поверхностных атомов наноструктурного материала при нагревании.

Вариант 2

Укажите модели, описывающие механизмы отрицательных значений коэффициентов линейного термического расширения материалов (КЛТР)

- А) Модель Фурье
- Б) Модель Эванса
- В) Модель схлопывания пор
- Г) Модель Винкельмана-Шота
- Д) Модель схлопывания микротрещин

Вариант 3

Укажите брак в керамике, по причине которого можно получить нелинейную зависимость значений коэффициентов линейного термического расширения материалов (КЛТР) от температуры

- А) Микротрещины
- Б) Толщина образца
- В) Разный фазовый состав сырья
- Г) Фазовые превращения вещества при нагревании
- Д) Неравномерное перемешивание двух порошков при формировании компакта
- Е) Перестройка границ зерен в керамике

6. Периодические научные издания, публикующие материалы по керамическим материалам

6.1. Выполните самостоятельную работу по теме «Составление перечня научных публикаций и патентов для составления обзора в определенной области производства керамики»:

- обзор литературных данных должен быть проведен с использованием не менее 5 источников литературы, в том числе не менее 1 иностранного источника по теме *Вашего проектного задания*.

7. Электронные базы данных по керамическим материалам

7.1. Выполните самостоятельную работу

- Провести поиск 2 научных статей в различных база данных соответствующего типа по тематике основной работы слушателя (например, методы прессования, спекания, керамические материалы и т.п.) и представить результаты.

- Найти информацию о кристаллической структуре оксида алюминия (Al_2O_3 «Aluminium oxide») в Crystallography Open Database.

- Найти информацию по физическим свойствам диоксида циркония (ZrO_2) в открытой БД MatWeb.

- В БД Refractiveindex.info найти информацию о коэффициенте преломления кристаллического нитрида алюминия (AlN «Aluminum nitride») для длины волны 0.53 мкм.

Форма ответа на вопросы:

Фамилия И.О.

1. Публикация (*указать авторов, название статьи*) в базе данных (*указать название*) находится по ссылке -

2. Информация о кристаллической структуре оксида алюминия находится по ссылке (*указать адрес ссылки*).

3. Информация о физических свойствах диоксида циркония находится по ссылке (*указать адрес ссылки*).

4. Значение коэффициента преломления кристаллического нитрида алюминия для

длины волны 0.53 мкм равно (указать), ссылка: (указать ссылку)

8. Экологические аспекты применения нанопорошков

8.1. Выполните тест

Скорость воздуха в легких уменьшается ... в дыхательных путях.			
А)	... с увеличением разветвлений ...	Б)	... из-за присутствия наночастиц ...
В)	... с уменьшением разветвлений ...	Г)	... с выдохом

Укажите маршрут перемещения наночастиц в областях респираторного тракта.			
А)	Носоглоточная → Альвеолярная → Трахеобронхиальная	Б)	Трахеобронхиальная → Носоглоточная → Альвеолярная
В)	Носоглоточная → Трахеобронхиальная → Альвеолярная	Г)	Носовые пути → Капилляры → Бронхи

Какой процесс обеспечивает движение наночастиц от слизистой оболочки к обонятельным луковицам через реснички и обонятельные рецепторы?			
А)	Диффузия	Б)	Адсорбция
В)	Адгезия	Г)	Седиментация

Уберите лишний термин			
А)	Инерция	Б)	Гравитация
В)	Диффузия	Г)	Растворение

Какое явление барьер удерживает токсиканты от попадания их в головной мозг?			
А)	Энергетический барьер	Б)	Активационный барьер
В)	Гематоэнцефалический барьер	Г)	Поверхностный барьер

В каком случае можно ожидать максимальный токсический эффект наночастиц?			
А)	Сферические наночастицы	Б)	Волокнистые наночастицы
В)	Веретенообразные наночастицы	Г)	Чешуйчатые наночастицы

Максимальное количество вещества в единице объема воздуха или воды, которое при ежедневном воздействии на организм в течение длительного времени не вызывает в нем патологических изменений, а также не нарушает нормальной жизнедеятельности человека называется ...			
А)	... терапевтической дозой	Б)	... предельно-допустимой концентрацией
В)	... суточной дозой	Г)	... разовой дозой

Чем определяется «поверхностный» подход, используемый для определения дозы в токсикологии?			
---	--	--	--

А)	<i>Общим числом наночастиц в рассматриваемом объеме, массе или объекте (число частиц/см³; число частиц/кг)</i>	Б)	<i>Общей массой наночастиц в рассматриваемом объеме, массе или объекте (мкг/кг; мг/кг)</i>
В)	<i>Общей поверхностью наночастиц в рассматриваемом объеме, массе или объекте (м²/г)</i>	Г)	<i>Общим составом наночастиц в рассматриваемом объеме, массе или объекте</i>

Уберите лишний термин			
А)	<i>Растворимость</i>	Б)	<i>Гидрофобность</i>
В)	<i>Цитотоксичность</i>	Г)	<i>Адгезия</i>

Увеличение или поддержание исходной дисперсности частиц в дисперсионной среде называют ...			
А)	<i>... коагуляцией</i>	Б)	<i>... диспергированием</i>
В)	<i>...агломерацией</i>	Г)	<i>... адгезией</i>

Итоговый контроль

Итоговый контроль проводится преподавателем на основе оценивания результатов выполнения проектных заданий по модулю. Цель итогового контроля – оценка полученной в ходе обучения профессиональной компетенции, позволяющих выполнять работы по прогнозированию влияния микро- и нано- масштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства композиционных керамических материалов.

Формы и методы оценки результата

Результаты	Показатели оценки результатов	Формы и методы оценки	Баллы
(ПК – 4) Прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, поверхностные и другие свойства композиционных керамических материалов	Аналитический отчет о влиянии микро- и нано- масштаба на механические свойства керамики составлен в удовлетворяет требованиям новизны, объективности, доказательности: - привлечено не менее 15 – 20 источников литературы (статьи в Российской и зарубежной печати) с глубиной поиска 5 лет; - проведен критический анализ данных, представленных в разных источниках	1 Экспертная оценка по критериям	25
	Аналитический отчет о влиянии микро- и нано- масштаба на физико-химические свойства керамики составлен в соответствии с требованиями новизны, объективности, доказательности: - привлечено не менее 15 – 20 источников литературы (статьи в Российской и зарубежной печати) с глубиной поиска 5 лет; - проведен критический анализ данных,	2 Экспертная оценка по критериям	25

Результаты	Показатели оценки результатов	Формы и методы оценки	Баллы
	представленных в разных источниках		
	<p>Аналитический отчет по современным проблемам керамических материалов составлен в соответствии с требованиями новизны, объективности, доказательности и точности:</p> <p>представлена схема производства различных видов керамики;</p> <p>составлена таблица требований к готовой продукции из керамики;</p> <p>описаны области применения изделий из наноструктурированной композиционной керамики</p> <p>-составлен перечень основных поставщиков сырья для керамических производств</p> <p>- составлен перечень основных поставщиков оборудования для керамических производств</p>	3 Экспертная оценка по критериям	50

Пример проектного задания

Ваше изделие – электропроводящая насадка для сопла

Требование – сопло, изготовленное из электропроводящей керамики, применяемое для плазменной резки металлов для газоплазменной аппаратуры работающее в условиях повышенного давления и высокой температуры.

Задача выполнения проекта – предложить полную технологию получения предлагаемого изделия. Курсовой проект должен включать в себя следующие основные пункты

1 Сырье для получения изделия.

Обоснование выбора метода получения сырья.

1.1. Возможные реальные поставщики сырья.

1.2. При отсутствии подходящего поставщика

(неудовлетворительная ценовая политика, неудобное месторасположение), который мог бы обеспечить экономическую выгодность проекта, необходимо оценить возможность оптимального получения прекурсора на месте производства, включая стоимость и тип оборудования и сырья.

2 Основное оборудование для получения изделия

2.1. Выбор технологии компактирования и спекания для получения изделия

2.2. Обоснование выбора оборудования для получения изделия.

2.3. Возможные реальные поставщики оборудования.

3 Полное описание технологии получения изделия, включая подробное описание последовательности действий и перечень вспомогательного оборудования и материалов.

4 Ключевые вопросы охраны окружающей среды

