


«СЕВЕРСКАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА»



**Создание импортозамещающей
комплексной технологии получения
оксидной керамики с применением
инновационных методов синтеза,
прессования и спекания**

**Научный руководитель проекта,
доктор технических наук,
профессор
Борис Моисеевич КЕРБЕЛЬ**

Проблема, на решение которой направлен проект (текущее состояние)

- получение ультра- и нанопорошков для производства функциональной оксидной керамики является одной из наиболее актуальных задач керамической технологии, относящихся к числу критических технологий федерального уровня (Керамические и стекломатериалы: Высококачественные порошки, в том числе ультра- и нанодисперсные для производства оксидной и бескислородной керамики со стабильным химическим, фазовым и гранулометрическим составом)

- получаемые по классической технологии отечественные оксидные материалы имеют, как правило, удельную поверхность порядка 5000 кв. см/г со средним размером исходных частиц 2 - 1,5 мкм и не удовлетворяют требованиям производства высококачественной топливной и функциональной керамики с улучшенными характеристиками; при этом размер гранул исходных частиц керамических порошков сложного состава имеет:

большой разброс относительно среднего значения (дисперсию)

неуправляемую форму частиц

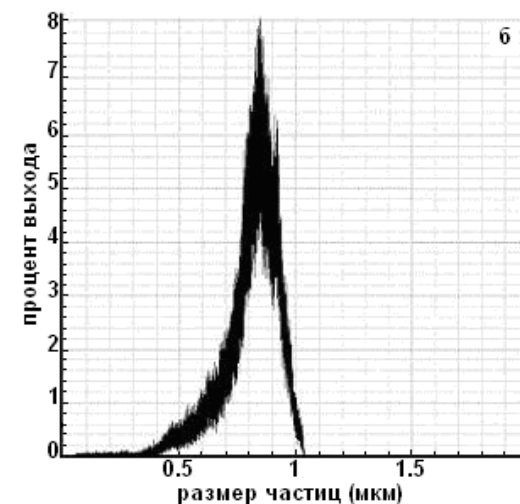
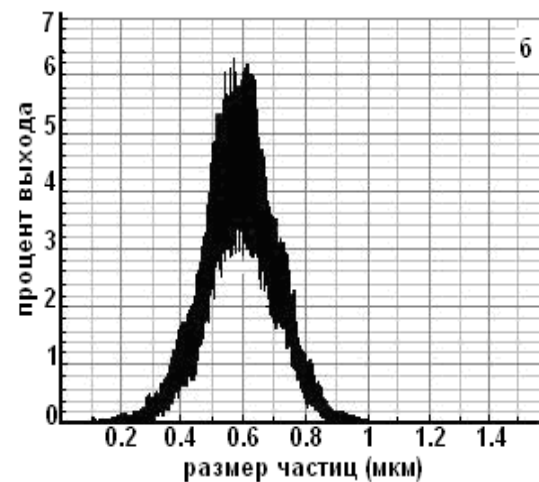
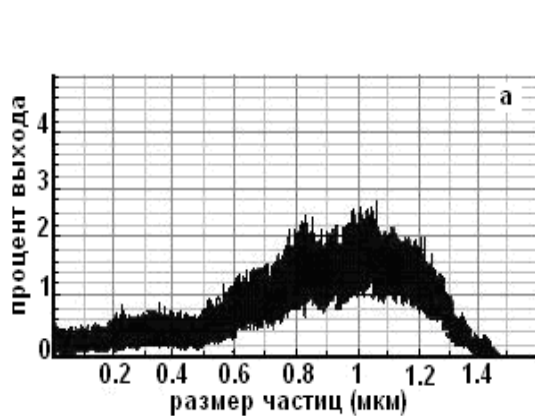
технология керамики (в отличие от технологии металлов) по своей сути имеет множество неопределенностей и неустойчивостей, связанных с сыпучестью исходных порошков, разноплотностью и неоднородностью синтезируемой массы.

Порошки представляют собой совокупность наноструктурных макрообъектов, которые непрерывно формируются в процессе синтеза. Т.о. наноструктурный макрообъект представляет собой сформированное дисперснокристаллическое тело, представляющее собой совокупность наночастиц, т.е. макрообъект не является монокристаллическим образованием.



Цель проекта

Цель проекта - создание импортозамещающей комплексной технологии производства оксидной керамики на основе отечественных исходных порошков оксида алюминия, обладающей высоким уровнем химической гомогенности состава, однородностью конечной микроструктуры и минимальным уровнем остаточных напряжений, обеспечивающих устойчивость керамического материала к ударным механическим воздействиям.





Решаемые задачи

- провести сравнительные параметрические анализы отечественных промышленных порошков с импортными аналогами (производители, параметры, дисперсность, гранулометрический состав, разброс параметров), в том числе с учетом стоимости продукции
- исследовать, обосновать и оптимизировать условия диспергирования отечественных промышленных порошков на основе оксидов металлов методами технологии непрерывного твердофазного синтеза
- исследовать особенности уплотнения и эволюции микроструктуры в процессе прессования заготовок, формируемых из промышленных отечественных и зарубежных порошков и диспергированных порошков, полученных методом непрерывного твердофазного синтеза
- исследовать закономерности влияния усилия прессования на формирование в объеме заготовки состояния, минимизирующего вероятность развития анизотропии при ее спекании
- исследовать закономерности спекания корундовой керамики классическим и скоростным методами спекания.

Ожидаемые результаты

По результатам выполненных исследований будут:

- разработаны и обоснованы базовые условия получения технологически равновесной керамики в условиях реального керамического производства;
- проведены лабораторные испытания стандартных керамических образцов на соответствие техническим условиям заводов – потенциальных изготовителей керамических изделий;
- подготовлены проекты технического задания на разработку технологии производства бронекерамики в условиях завода-изготовителя;
- подготовлено техническое задание на разработку макета установки непрерывного твердофазного синтеза керамических составов.



Преимущества технологии:

- синтез ультра- и наноструктурных порошков практически любых оксидных материалов с постоянным гранулометрическим составом в рамках одного технологического процесса;
- оптимизация и стабилизация гранулометрического состава порошков синтезируемого оксидного материала для целей решения задач общего и специального назначения;
- повышение качества выпускаемой продукции, упрощение технологического регламента, расширение ассортимента продукции и качества решаемых задач, снижение себестоимости керамического производства в целом;
- технология легко встраивается в любую технологическую цепочку реального керамического производства и может быть использована на производствах любой тоннажности и научных центрах, решающих задачи материаловедения.



Области знаний:

физика, химия и химические технологии, механика и инженерная графика, электротехника и схемотехника, автоматизация технологических процессов и производств, экономика в промышленности

Возможные применения разработок

Технология для производства высококачественной функциональной керамики с улучшенными параметрами может быть применена (при проведении соответствующих адаптационных исследований) к производству:

- высококачественной функциональной оксидной керамики с улучшенными параметрами для решения задач общего и специального назначения;
- электродных материалов для литий ионных аккумуляторов (нанотитаната лития $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, лития железофосфа LiFePO_4 и др.);
- получения нанопорошков, пресс-порошков и технической керамики на основе диоксида циркония, стабилизированного иттрием;
- пьезоэлектрической и позисторной керамики;
- ферро- и диэлектриков;
- люминофоров для систем аварийного освещения и светоизлучающих диодов;
- бронекерамики;
- фильтров для автомобилей;
- составляющих высокоэнергетических магнитов;
- оксидов редких металлов и изделий из них.

Кроме того технология может быть использована в химической промышленности для унификации реакционной способности оксидных химических реагентов и оптимизации их дисперсности относительно требований оксидной технологии.



Научный задел и материально-техническая база проекта

ИМЕЮЩИЙСЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЗАДЕЛ

- Разработана концепция технологии и определена сфера применения результатов исследований
- Проведены эксперименты, подтверждающие сформулированную концепцию
- Создан макет экспериментальной установки, позволяющий проводить исследования по выбору технологический режимов в лабораторных условиях на примере пьезокерамического материал
- Создан макет технологической установки, позволяющий проводить исследования процессов твердофазного синтеза в атмосферной среде

МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

- Работы проводятся в лаборатории функциональной керамики, входящей в состав НОЦ «Технологии и материалы атомного энергопромышленного комплекса» Северского технологического института НИЯУ МИФИ
- Лаборатория оснащена технологическими установками, полностью обеспечивающими проведение необходимых экспериментов
- В НОЦ имеется необходимое аналитическое оборудование для проведения физико-химических научных исследований

КАДРОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

В области керамических технологий и применения функциональной керамики для разработки датчиковой аппаратуры сотрудниками лаборатории опубликовано более 40 статей в реферируемых иностранных и российских журналах, защищено 3 докторские и 6 кандидатских диссертаций.



Предлагаемые темы для проектной деятельности

Технологическая цепочка	Инновационный вклад	Темы для проектной деятельности
Исходное сырье	Метод твердофазного синтеза требует оптимизировать гранулометрический состав стандартных порошков оксидов металлов относительно решаемой задачи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработать и реализовать методику оптимизации гранулометрического состава исходных порошков 2. Изучить методы измельчения порошков, предложить метод и конструкцию измельчителя
Механическая смесь искомого оксидного материала	Условия синтеза требуют, чтобы механическая смесь исходных прекурсоров была по возможности гомогенизирована и диспергирована относительно центра распределения на уровне 40%	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить методы гомогенизации механических смесей порошков, предложить и обосновать выбор рабочего метода 2. Изучить, предложить и обосновать метод сушки исходной смеси перед синтезом
Синтез оксидного материала	Перенос протекания твердофазных реакций на уровень отдельной гранулы исходной гомогенной механической смеси, вводимой в реакционную камеру, предварительно нагретую до температуры синтеза конкретного оксидного материала.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить и освоить технологию классического твердофазного синтеза 2. Изучить и освоить технология непрерывного твердофазного синтеза 3. Предложить конструкцию печи для реализации непрерывного синтеза 4. Разработать и обосновать схему автоматизации промышленной установки 5. Изучить, предложить и обосновать способы дозирования рабочей смеси в печь
Формование	Метод выбора оптимального давления прессования позволяет избежать перепрессовок и связанных с этим микротрещин и перенапряжений в изделия	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить работу пресса и освоить работу на нем по разработанной программе прессования 2. Освоить методы измерения характеристик отформованного образца
Скоростное спекание	Создание в объеме заготовки градиента температур, достаточного для активизации на начальном этапе спекания механической диффузии, т.е. перемещения исходных частиц относительно друг друга. Технологически это достигается за счет резкого набора температуры в спекаемой заготовке.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изучить и освоить технологию классического спекания 2. Принять участие в экспериментах по скоростному спеканию керамики 3. Освоить методы обработки результатов экспериментов

Необходимые компетенции

- Хорошие знания физики, химии, черчения на уровне своего года обучения в школе
- Навыки работы на персональном компьютере (редакторы, графические пакеты)
- Умение работать паяльником, слесарными инструментами

Перечень компетенций, которые учащиеся СИШ могут приобрести, работая над проектами

Практические

- Умение проводить эксперименты по заданной программе исследований
- Умение обрабатывать результаты экспериментов

Научные

- Углубить свои познания в физике, химии, инженерной графике
- Умение проводить обзоры научной литературы по заданной теме
- Умение грамотно строить научные доклады в сопровождении презентации
- Умение писать (под руководством наставника) научные статьи по результатам проведенных исследований
- Умение оформлять графические материалы, входящие в состав научных статей





Контактная информация
Кербель Борис Моисеевич
доктор технических наук, профессор
тел. раб. 8-3823-780-203
тел. моб. 8-913-820-61-86
E-mail BMKerbel@tperhi.ru