

«УТВЕРЖДАЮ»



И.О. Ректора ВГТУ
К.Т.Н., доц. Колодяжный С.А.

» октября 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу
Жигачева Андрея Олеговича «Синтез, структура и свойства
наноструктурированных циркониевых керамик на основе природного
минерала – бадделеита», представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика
конденсированного состояния

Разработка новых износостойких материалов с высокими значениями твёрдости, вязкости разрушения, коррозионной стойкости и прочностных свойств представляет существенный интерес для ряда отраслей, таких как чёрная и цветная металлургия, машиностроение, медицина и химическая промышленность. В настоящее время в качестве материала, обладающего такими свойствами, широко применяют керамики на основе диоксида циркония, легированного оксидами иттрия, церия и магния. В качестве основного недостатка этих керамик, ограничивающего их широкое практическое применение, необходимо отметить их высокую стоимость, а также необходимость использования сырья, залежи которого на территории Российской Федерации ограничены ($ZrSiO_4$ (циркон), оксиды церия и иттрия). Расширение применения циркониевых керамик возможно в случае, если будут разработаны физические основы и подходы к получению стабилизированных керамик из доступного сырья: минерала ZrO_2 – бадделеита, крупные залежи которого находятся в России, и легирующего вещества (стабилизатора) – оксида кальция.

В связи с этим тема диссертации Жигачева А.О., основной целью которой является установление взаимосвязи между условиями синтеза,

структурой и свойствами стабилизированных оксидом кальция циркониевых керамик (Ca-TZP) с примесями SiO_2 и формулировка обоснованного подхода к получению инженерных керамик из природного минерала – бадделеита, несомненно, является **актуальной**.

В соответствии с поставленной целью диссертантом был решен ряд задач, включающий:

1. Разработаны принципы наноструктурирования бадделеита методами высокоэнергетического помола с целью получения керамик с максимальным содержанием тетрагональной фазы $t\text{-ZrO}_2$.

2. Определены оптимальные составы циркониевых керамик на основе бадделеита, содержащие CaO и обладающие достаточной твердостью и трещиностойкостью.

3. Установлена степень устойчивости Ca-TZP керамик на основе бадделеита к низкотемпературной деградации.

4. Рассчитаны фазовая диаграмма $\text{ZrO}_2\text{-CaO}$ и фазовый состав Ca-TZP керамик с учетом размера зерен и примесей SiO_2 в бадделеите в диапазоне концентраций CaO 0-20 мол. %.

5. Развита модельные представления о механизмах низкотемпературной деградации TZP керамик.

На основании большого объема проведенных экспериментальных исследований и их анализа автором получен ряд важных, принципиально **новых результатов**, среди которых наиболее интересными, на наш взгляд, являются следующие:

- Выявлены зависимости фазового состава и размера зерен в циркониевых керамиках на основе бадделеита, стабилизированного в тетрагональной фазе (Ca-TZP), от содержания легирующего компонента – оксида кальция, а также условий механоактивационной обработки и спекания.

- Установлены зависимости твердости, трещиностойкости и модуля Юнга Ca-TZP керамик от концентрации CaO, кроме того предложено термодинамическое обоснование наблюдаемых экспериментальных

закономерностей с точки зрения относительной стабильности тетрагональной и моноклинной фазы.

- Установлена динамика деградации фазового состава и механических свойств Ca-TZP керамик с различным содержанием легирующего компонента при комнатной температуре и нормальной влажности, а также в гидротермальных условиях.

- На основе термодинамических потенциалов рассчитаны теоретические фазовые диаграммы ZrO_2 -CaO с учетом влияния размеров зерен.

- Впервые выполнены расчеты фазового состава Ca-TZP керамик из бадделеита на основе теоретически построенных фазовых диаграмм с учетом влияния примесей SiO_2 , произведена оценка влияния SiO_2 на состояние межзеренных границ.

- Разработана аналитическая модель, описывающая кинетику деградации циркониевых керамик на основе бадделеита, стабилизированного оксидом кальция, позволяющая точнее описывать и предсказывать скорость старения Ca-TZP керамик.

Отметим, что полученные в работе результаты представляются **достоверными**, а выводы и основные положения, выносимые на защиту - **обоснованными**, что, в частности, обеспечивается использованием современных методов исследования структуры и свойств материалов (сканирующей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа и наноиндентирование), воспроизводимостью при повторении экспериментов и их согласованием с основными физическими закономерностями, известными в области выполнения работы, а также с результатами, представленными в научной литературе.

Диссертация включает в себя введение, четыре главы, заключение и список литературы, который состоит из 179 наименований. Текст изложен на 135 страницах машинописного текста и включает 56 рисунков и 6 таблиц.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

