

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

Пермского национального
исследовательского

политехнического университета,



из.-мат. наук, доцент

Швейкин А.И.

Швейкин 2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Влияние внешнего магнитного поля на формирование анизотропной структуры углерод-керамических материалов при гелевом литье» выполнена на кафедре «Механика композиционных материалов и конструкций».

В период подготовки диссертации соискатель ПОЗДЕЕВА Татьяна Юрьевна работала в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Механика композиционных материалов и конструкций» в должности младшего научного сотрудника.

В 2018 году окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

В 2022 году окончила аспирантуру очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический

университет» по направлению подготовки 22.06.01 Технологии материалов (период обучения «01» октября 2018 г. по «30» сентября 2022 г.).

Научный руководитель - доктор технических наук, доцент ПОРОЗОВА Светлана Евгеньевна, работает профессором кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования и науки Российской Федерации.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- проведение экспериментальных исследований по синтезу порошков, синтезирован порошок диоксида циркония методом прямого соосаждения солей по золь-гель технологии;
- исследованы закономерности формирования структуры материалов при формировании методом гелевого литья со сверхнизким магнитным воздействием и искрового плазменного спекания формовок из диоксидов циркония и титана;
- изучено влияние сверхслабых магнитных полей на формирование анизотропной структуры углеродных и углерод-керамических суспензий;
- разработан конструктив литьевой формы, позволяющей проводить гелевое литье керамик под магнитным полем;
- подготовлены исходные материалы для исследований, по результатам которых написаны научные статьи и получен патент на изобретение № 2775926 «Способ получения пористой проницаемой керамики».

2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в том, что впервые изучены особенности формирования композиционных суспензий и образцов из них под воздействием ультразвука и сверхнизкого постоянного магнитного поля (МП).

Показано, что МП разворачивает МУНТ в матрице из керамического порошка. При дальнейшем высыхании формовки под МП происходит фиксация

агломератов МУНТ, что позволяет формировать анизотропную структуру композита.

Получены образцы из углерод-керамического композиционного материала с тремя типами матриц ($ZrO_2-3Y_2O_3$, $ZrO_2-3Y_2O_3-0,3CuO$, TiO_2). Материалы на основе $ZrO_2-3Y_2O_3$ и $ZrO_2-3Y_2O_3-0,3CuO$ обладают высокой износостойкостью и трещиностойкостью K_{IC} (до $14 \text{ МПа}\times\text{м}^{1/2}$), превышающей трещиностойкость стандартного материала в 3 раза. При добавлении МУНТ K_{IC} повышается до 22-27 $\text{МПа}\times\text{м}^{1/2}$. Матрица на основе TiO_2 позволяет получать электропроводящий материал, удельное электросопротивление которого при введении МУНТ снижается с $(5\pm 1)\cdot 10^{-4}$ до $(2,2\pm 0,4)\cdot 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{м}$. При добавлении МУНТ к TiO_2 снижается также коэффициент трения - f_H с 0,30 до 0,21.

Установлено формирование из стеклофазы материала $ZrO_2-3Y_2O_3-0,3CuO$, полученного в восстановительной среде при искровом плазменном спекании, кристаллических фаз, содержащих углерод, медь, иттрий, хлор.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается использованием современного оборудования и стандартных методик исследования. Полученные экспериментальные данные не противоречат теоретическим положениям материаловедения и порошковой металлургии.

4. Практическая значимость исследования состоит в том, что разработана технологическая схема гелевого литья керамики, совмещенная со сверхнизким магнитным воздействием (5-10 мкТл), что обеспечивает получение УККМ с анизотропной структурой углеродного наполнителя в двух взаимно перпендикулярных направлениях в объеме материала. Разработан УККМ с анизотропной структурой с повышенными физико-механическими свойствами: K_{IC} до $27 \text{ МПа}\times\text{м}^{1/2}$, $f_H\sim 0,2$, $R=(2,2\pm 0,4)\cdot 10^{-4} \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

По результатам измерений удельного электросопротивления УККМ в зависимости от состава получен протокол испытаний от лаборатории твердотельных электрохимических систем ФИЦ ПХФ и МХ РАН. Разработаны рекомендации по синтезу керамики искровым плазменным спеканием в

восстановительной среде из порошков $ZrO_2-3Y_2O_3$, $ZrO_2-3Y_2O_3-0,3CuO$, TiO_2 с сохранением анизотропии структуры конечных компактов. Получен 1 патент.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Содержание диссертационной работы отражено в 22 работах, из них 7 работ в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в т. ч. 2 работы в изданиях, входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus (общий объем публикаций составляет 7,72 п.л.).

Наиболее значимые работы:

1. Влияние гидрофильных сред на характеристики диспергируемых многостенных углеродных нанотрубок / С.Е. Порозова, Т.Ю. Поздеева, Д.С. Вохмянин, Ю.А. Лаптева // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. –2020. – Т.22.–№2.–С. 23–30. (вклад автора 4 с./ 8 с.) **(из перечня ВАК)**.

В работе соискатель приводит результаты исследования углеродных и углерод-керамических сред, позволяющих получать равномерное распределение углеродного наполнителя в керамическом композиционном материале.

2. Оптимизация условий получения по золь-гель методу нанопорошков диоксида циркония / С.Е. Порозова, А.Г. Рогожников, В.О. Шоков, Т.Ю. Поздеева // Новые огнеупоры. – 2020. –№ 11. –С.38–43. (вклад автора 1 с./6 с.). **(из перечня ВАК)**.

Optimization of sol-gel conditions for producing zirconium dioxide nanopowders / S. E. Porozova, A. G. Rogozhnikov, V. O. Shokov, T. Yu. Pozdeeva // Refractories and Industrial Ceramics. –2021. –V. 61. –№6. –P. 659–664. **Web of Science/Scopus**.

3. Роль агломератов нанопорошков в формировании структуры и свойств керамических материалов / С.Е. Порозова, В.Б. Кульметьева, Т.Ю. Поздеева, В.О. Шоков // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2020. – № 4. – С. 4–13. (вклад автора 1 с./10 с.). **(из перечня ВАК)**.

Role of Nanopowder Agglomerates in Forming the Structure and Properties of Ceramic Materials/ S. E. Porozova, V. B. Kul'met'eva, T. Yu. Pozdeeva, V. O. Shokov// Russian Journal of Non-Ferrous Metals. –2021. –V.62. –№2. –P. 226–232. **Web of Science/Scopus.**

В данных работах соискатель приводит описание технологии синтеза исходных цирконийсодержащих порошков с улучшенными характеристиками для их дальнейшего использования при получении композиционного материала. Приводит результаты оценки качества шликерных масс в зависимости от используемых порошков.

4. Влияние добавки CuO на материал системы $ZrO_2-Y_2O_3$ / Т.Ю. Поздеева, С.Е. Порозова, В.О. Шоков // Вопросы атомной науки и техники серия: Материаловедение и новые материалы. –2022. –№ 22 (133). –С. 28–34. (вклад автора 2 с./7 с.). **(из перечня ВАК).**

5. Кульметьева В.Б., Поздеева Т.Ю. Получение керамического композиционного материала на основе $ZrO_2-Y_2O_3$ с частицами многослойного графена искровым плазменным спеканием // Конструкции из композиционных материалов. –2018. –№ 4 (152). –С. 5–10. (вклад автора 3 с./ 6 с.). **(из перечня ВАК).**

В работах 4-5 соискатель приводит описание разработанной технологической схемы синтеза углерод-керамического композиционного материала и результаты изучения его свойств в зависимости от состава и параметров технологии при получении композита.

6. Особенности исследования магнитного структурирования литых композиционных углерод-керамических материалов / Т.Ю. Поздеева, С.Е. Порозова, А.С. Лебедева // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. –2022. –Т.24. –№2. –С. 23–31. (вклад автора 4 с./ 9 с.). **(из перечня ВАК).**

В работе соискатель приводит результаты по изучению влияния магнитного поля на углеродные структуры, описание разработанного метода гелевого литья

композиционных керамик под магнитным полем, а также оценку возможности применения данного метода.

7. Зависимость трибологических свойств углерод-керамических материалов от состава / Т. Ю. Поздеева, М.Н. Каченюк, Д.М. Караваев // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2023. – Т.25. – №2. – С. 51 – 59. (вклад автора 6 с./ 9 с.). **(из перечня ВАК)**

В работе соискатель приводит результаты по исследованию трибологических характеристик (коэффициент трения) УККМ на основе диоксидов циркония и титана с добавлением МУНТ и без.

8. Патент РФ № 2775926. МПК21 С04В 35/01, С04В 35/624. Способ получения пористой проницаемой керамики / С.Е. Порозова, Б.П. Мишинов, Т.Ю. Поздеева. Заявл. 19.11.2021. Оpubл. 12.07.2022. БИ № 20.

В патенте представлен разработанный соискателем метод получения керамического материала методом гелевого литья с магнитным воздействием.

9. Зависимость реологических свойств керамических шликеров на водной основе от характеристик используемых цирконийсодержащих нанопорошков / Т.Ю. Поздеева, Мишинов Б.П., Порозова С.Е. // 5-я науч. - практ. конф. с междунар. участием «Инновационные технологии в материаловедении и машиностроении – ИТММ–2021», Пермь, ПНИПУ. С. 296 – 300 (вклад автора 3 с./5 с.).

10. Поздеева Т.Ю., Порозова С.Е. Седиментационная устойчивость углеродсодержащих суспензий и композиционных шликерных масс на водной основе // тезисы докладов VI Международной научной конференции по химии и химической технологии, Иваново, ИХР РАН. –2021. – С. 257–258. (вклад автора 1 с./1 с.).

11. Поздеева Т.Ю., Порозова С.Е. Влияние технологии синтеза на микроструктуру и пористость углерод-керамического композита/ *Материалы всероссийской науч.-практ. конф. (с междунар. участием) «Химия. Экология. Урбанистика»*, Пермь, ПНИПУ. – 2021. – С. 303–307. (вклад автора 3 с./ 5 с.).

12. Особенности консолидации углерод-керамического композиционного материала методом искрового плазменного спекания / Т.Ю. Поздеева, С.Е. Порозова, М.Н. Каченюк // сб. тезисов VII Всероссийской конф. с междунар. участием, посвященной 50-летию академической науки на Урале / Институт технической химии УрО РАН филиал ПФИЦ УрО РАН. Пермь. – 2022. –С. 99. (вклад автора 1 с./1 с.).
13. Поздеева Т.Ю., Порозова С.Е. Виды распространения трещин в углерод-керамических композиционных материалах // IV Байкальский материаловедческий форум»: электронное издание. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН. – 2022. – С.555 – 557. URL: https://www.binm.ru/conf/2022_BMF4/mater.php. (вклад автора 2 с./ 3 с.).
14. Исследование коэффициента трения и износостойкости углерод-керамических композиционных материалов / Т.Ю. Поздеева, М.Н. Каченюк, Д.М. Караваев // Материалы междунар. науч.-техн. конф., посвященной 135-летию изобретения Н.Г. Славяновым электродуговой сварки плавящимся электродом. Уральский форум сварки и контроля. – 2023. –С.115–119. (вклад автора 3 с./ 5 с.).
15. Magnetic structuring of multi-walled carbon nanotubes in liquid mediums / T. Yu. Pozdeeva, S.E. Porozova, D.S. Vokhmyanin // Book of abstract of XII International Conference on Chemistry for Young Scientists «MENDELEEV 2021», St Petersburg University. –2021. – p.458. (вклад автора 1 с./ 1 с.).

Прочие работы:

16. Поздеева Т.Ю., Шоков В.О. Агломерация как важный этап технологической схемы получения изделий из нанопорошков // Материалы 4-й науч.-практ. конф. с междунар. участием «Инновационные технологии в материаловедении и машиностроении – ИТММ–2019» // г. Пермь, ПНИПУ. – 2019. – С. 217–218. (вклад автора 1 с./ 2 с.).
17. Поздеева Т.Ю., Порозова С.Е. Жидкофазная эксфолиация углеродных нанотрубок для введения в керамические матрицы // Современные материалы, техника и технология: сб. науч. ст. 9-й Междунар. науч.-практ. конф., Юго-Зап. гос. ун-т, Курск, – 2019. – Т. 2. – С. 142–144. (вклад автора 2 с./ 3 с.).

18. Поздеева Т.Ю., Порозова С.Е. Модифицирование углеродных нанотрубок перед введением в керамическую матрицу // Технология машиностроения и материаловедение: Материалы V междунар. науч.-практич. конф. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2020. – № 4. – С. 25-28. (вклад автора 2 с./ 4 с.).
19. Особенности порошков диоксида циркония, применяемых в СИМ-технологии / Т.Ю. Поздеева, В.Б. Кульметьева, С.Е. Порозова, В.О. Шоков // сб. тезисов Открытой научно-технической конф. «ОНТК 2019» АО «ЧМЗ», Глазов, – 2019. – С. 15. (вклад автора 1 с./ 1 с.).
20. Влияние добавки CuO на материал системы $ZrO_2-Y_2O_3$ / Поздеева Т.Ю., Порозова С.Е., Шоков В.О // сб. тезисов Открытой научно-практич. конф. «ОНТК 2021» АО «ЧМЗ», Глазов, – 2021, – С. 39. (вклад автора 1 с./ 1 с.).
21. Поздеева Т. Ю., Кульметьева В. Б. Получение и консолидация композиционных порошков оксид циркония-графен // Актуальные проблемы порошкового материаловедения: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 85-летию со дня рождения акад. В. Н. Анциферова / Пермь: ПНИПУ, – 2018. – С. 327–331. (вклад автора 3 с./ 5 с.).
22. Поздеева Т.Ю., Гилев В.Г., Глухов А. А. «Исследование зависимости удельного электросопротивления материала $TiO_2/МУНТ$ от состава» // сб. тезисов XXXV Симпозиума «Современная химическая физика», Туапсе, – 2023, – С. 209. (вклад автора 1 с./ 1 с.).

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Представленная Поздеевой Татьяной Юрьевной диссертационная работа является прикладным исследованием формирования анизотропной структуры функциональных композиционных материалов при гелевом литье керамик. Область диссертационного исследования включает изучение закономерностей влияния сверхнизкого магнитного воздействия на дисперсные системы в виде частиц (в том числе и наноразмерных), исследование процессов синтеза полуфабрикатов из порошковых керамических материалов, изучение анизотропной структуры и физико-механических свойств углерод-керамических

композиционных материалов, полученных методом порошковой металлургии. Указанная область исследования соответствует формуле специальности 2.5.6. «Порошковая металлургия и композиционные материалы»:

п.1 «Изучение закономерностей физико-механических, физико-химических процессов получения дисперсных систем в виде частиц и волокон (в том числе и наноразмерных) из материалов на основе металлов, сплавов, интерметаллидов, керамики, углеродных, органических и других соединений. Создание технологии получения этих материалов и оборудования. Термодинамика и кинетика фазовых превращений в частицах, волокнах и наноразмерных порошковых материалах»,

п.2 «Исследование и моделирование физико-химических процессов синтеза полуфабрикатов и изделий из порошковых и композиционных материалов с металлической, углеродной, керамической и полимерной матрицей и армирующими компонентами разной природы, разработка оборудования и технологических процессов их получения»,

п.5 «Изучение структуры и свойств порошковых, композиционных полуфабрикатов и изделий, покрытий и модифицированных слоев на полуфабрикатах и изделиях, полученных методом порошковой металлургии или другими способами».

7. Соответствие диссертационной работы требованиям п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней».

В диссертации соискатель ученой степени ссылается на источники заимствования материалов или отдельных результатов.

При использовании в диссертации результатов научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, соискатель ученой степени отметил в диссертации это обстоятельство.

Диссертация «Влияние внешнего магнитного поля на формирование анизотропной структуры углерод-керамических материалов при гелевом литье» ПОЗДЕЕВОЙ Татьяны Юрьевны рекомендуется к защите на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности 2.5.6. «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Заключение принято на заседании кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций».

Присутствовало на заседании 25 чел.

Результаты голосования: «за» - 25 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0.

Протокол № 3 от «06» сентября 2023 г.

Заведующий кафедрой

«Механика композиционных
материалов и конструкций»

канд. техн. наук, доцент



/Писарев П. В./
ФИО

Секретарь кафедры

«Механика композиционных
материалов и конструкций»



подпись

/ ОЛЬХОВСКАЯ Е.В. /
ФИО