

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности
6D072300 – «Техническая физика»

Мухамедовой Нурии Мейрамкановны

Исследование структурно-фазового состояния и физико-механических свойств материала на основе кремния и технического углерода

В настоящее время во всём мире наблюдается повышенный интерес к разработкам новых технологий, способов и методов получения перспективных материалов, таких как карбидокремниевая керамика, для применения ее в различных областях промышленности и науке. При разработке новых подходов по получению материалов было обращено особое внимание на формирование его структуры и определения физико-механических параметров материала для определения более качественного метода получения материалов.

Актуальность темы исследования

В настоящее время промышленность Казахстана претерпевает большие изменения, это приводит к тому, что необходимо создавать новые технологии и способы получения принципиально новых материалов и совершенствования уже используемых, которые будут способствовать не только развитию научной области, но и отдельных секторов экономики и промышленности.

Карбидокремниевая керамика обладает такими свойствами, как высокая термopрочность, термостойкость, коррозионная стойкость, износостойкость, устойчивость к агрессивным средам. Также исследования карбида кремния показывают, что он обладает такими важными характеристиками, как высокая стойкость к повышенным температурам, химическая стабильность, а также стойкость к радиационному воздействию.

На сегодняшний день областью применения таких материалов является машиностроение, металлургия, химическая промышленность, атомная промышленность и т.д. Стоит отметить, что материалы на основе карбида кремния применяют в энергетических реакторах в качестве слоя триструктурально-изотропного покрытия для элементов ядерного топлива, в машиностроении в качестве торцевых механических уплотнителей, компонента композитной брони и дисковых тормозов. Кроме того, данный материал рассматривается как кандидатный материал оболочки твэлов ядерных энергетических реакторов.

Известно, множество технологий, позволяющих получить материалы на основе карбида кремния. Традиционные, известные всему миру способы и технологии получения карбидокремниевых материалов заключаются в пропитке графитовой заготовки жидким кремнием, или же горячем прессовании кремния и углерода с применением эвтектических добавок.

На сегодняшний день производство материалов на основе карбида кремния в Казахстане отсутствует, а тем более с применением вторичных продуктов промышленности в качестве исходных компонентов.

В связи с вышеуказанным является актуальным получить карбидокремниевый материал с использованием в качестве исходных компонентов вторичные продукты промышленности, таких как графитовый и кварцевый лом.

Также стоит отметить, что согласно Государственной программе индустриально-инновационного развития Республики Казахстан, утвержденной Указом Президента Республики Казахстана № 874 от 1 августа 2014 года необходимо придание нового уровня технологичности приоритетным секторам обрабатывающей промышленности и создание основы для их развития.

Целью настоящей диссертационной работы является разработка способа получения карбидокремниевых материалов с использованием в качестве исходных компонентов вторичные продукты промышленности, свойства, которых не уступают аналогичным материалам, полученным известными способами.

Для реализации данной цели были поставлены следующие основные **задачи исследования**:

- получить карбидокремниевую керамику методом индукционного нагрева;
- получить карбидокремниевую керамику методом искроплазменного спекания;
- оценить количество фазы SiC, образовавшуюся в опытных образцах, полученных методами индукционного нагрева и ИПС;
- изучить физико-механические характеристики полученного карбидокремниевого материала;
- установить особенности влияния параметров твердофазного спекания на структуру и свойства полученного керамического материала.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Способ получения карбидокремниевой керамики с использованием в качестве исходных компонентов вторичные продукты промышленности.
2. Влияние основных термодинамических параметров спекания на изменения структурно-фазового состава карбидокремниевой керамики.
3. Изменение физико-механических свойств карбидокремниевой керамики в зависимости от параметров спекания.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

1. Впервые разработан способ получения карбидокремниевого материала с использованием вторичных продуктов промышленности в качестве исходных компонентов (Патент РК на изобретение №32057. бюл. №9, опуб. 15.05.2017 г.).
2. Впервые получена карбидокремниевая керамика методом искроплазменного спекания с использованием в качестве исходных компонентов кварцевый и графитовый лом.

3. Установлены особенности структурно-фазового состояния и физико-механических свойств карбидокремниевой керамики, полученной методом ИПС.

Предмет исследования: Структурно-фазовый состав и физико-механические свойства карбидокремниевой керамики, полученной с применением разработанного способа спекания.

Объект исследования: материал из карбидокремниевой керамики, полученный путем индукционного и искроплазменного спекания графитового и кварцевого лома.

Методы исследования:

- сканирующая и просвечивающая электронная микроскопия;
- рентгеноструктурный анализ;
- статистические и численные методы;
- физические и механические методы испытания.

Практическая значимость

Полученные результаты могут быть востребованы и использованы при проектировании предприятий по производству карбидокремниевой керамики и выпуску изделий из нее для различных отраслей промышленности Казахстана, таких как машиностроение, ядерная энергетика, нефтедобывающая и др.

Разработанный способ получения материала на основе кремния и технического углерода с использованием вторичных продуктов промышленности в качестве исходных компонентов защищен авторским свидетельством и может быть использован практиками-материаловедами для создания материала, обладающего улучшенными физико-механическими и трибологическими свойствами.

Полученные результаты применимы в научном и учебном процессе, что подтверждается наличием актов внедрения в деятельность филиала ИАЭ РГП НЯЦ РК и НАО «Университет имени Шакарима города Семей».

Личный вклад автора

Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, анализе литературных данных и патентном поиске, участии в экспериментах по получению образцов карбидокремниевой керамики, расчету исходных компонентов на основе стехиометрии и температурного режима нагрева для индукционного и искроплазменного спекания. Совместно со специалистами Филиала ИАЭ РГП НЯЦ РК были проведены электронно-микроскопические, металлографические, рентгеноструктурные и физико-механические исследования образцов полученной карбидокремниевой керамики. Анализ полученных результатов и формулировка основных выводов проведены совместно с научными консультантами.

Связь темы с планами научно-исследовательских программ

Основные экспериментальные результаты настоящей диссертационной работы были получены при финансовой поддержке Государственного учреждения «Комитет науки Министерства образования и науки Республики

Казахстан» в рамках Договора №271 от 12.02.2015 года по теме «Способ получения силицированного графита».

Степень обоснованности и достоверности результатов, полученных в работе, обеспечивается корректностью, точностью и оригинальностью поставленных задач, применением хорошо апробированных экспериментальных методов и методик исследования, большим объемом экспериментальных данных, их статистической обработкой и сопоставлением полученных данных с ранее опубликованными результатами исследований известных ученых СНГ и дальнего зарубежья. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК, в рецензируемых зарубежных научных журналах, входящих в базы данных компаний Thomson Reuters, Scopus, а также в сборниках материалов международных и отечественных конференций.

Апробация результатов работы

Основные результаты диссертационной работы были представлены на 6 международных конференциях:

1. XXII Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика», Национальный исследовательский университет МЭИ (г. Москва, Россия, 25-26 февраля 2016 г.);

2. XI международная научно-техническая конференция «Eurasia Science» (г. Москва, Россия, 31 октября 2017 г);

3. XVI Курчатовская междисциплинарная молодежная научная школа, посвященная 75 летнему юбилею НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва, Россия, 6-9 ноября 2018 г);

4. V Международная конференция «Фундаментальные основы механохимических технологий» (FBMT-2018) (г. Новосибирск, Россия, 25-28 июня 2018 г);

5. VIII Международная конференция «Семипалатинский испытательный полигон: наследие и перспективы развития научно-технического потенциала», Национальный ядерный центр Республики Казахстан (г. Курчатов, Казахстан, 11-13 сентября 2018 г.);

6. IX Международная конференция «Семипалатинский испытательный полигон: наследие и перспективы развития научно-технического потенциала», Национальный ядерный центр Республики Казахстан (г. Курчатов, Казахстан, 7-9 сентября 2021 г.).

А также на 2 конференциях-конкурсах:

1. XV Конференция-конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов РГП НЯЦ РК, Национальный ядерный центр РК, (г. Курчатов, Казахстан, 18-20 мая 2016 г.);

2. XVI Конференция-конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов РГП НЯЦ РК, Национальный ядерный центр РК, (г. Курчатов, Казахстан, 3-5 мая 2017 г.).

Кроме того, основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», на объединенных научных семинарах инженерно-технологического факультета НАО «Университет имени Шакарима города Семей», на Научно-техническом совете НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Казахско-польских научных семинарах докторантов PhD во Вроцлавском университете науки и технологии (Wrocław University of Science and Technology) (г. Вроцлав, Польша), а также на научно-технических советах РГП НЯЦ РК и Филиала «Института Атомной Энергии» РГП НЯЦ РК.

Публикации

Всего по теме диссертации опубликованы 18 печатных работ в соавторстве, из них: 8 работ (7 статей, 1 патент на изобретение Республики Казахстан) опубликованы в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК; 1 статья опубликована в зарубежном научном издании, входящего в базы данных Scopus и Web of Science); 3 статьи опубликованы в других изданиях; 6 тезисов и докладов в сборниках материалов международных и республиканских конференций.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Диссертационная работа изложена на 114 страницах, содержит 73 иллюстраций, 11 таблиц, 28 формул и список использованных источников из 141 наименования.