

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор АО «Центральный
научно-исследовательский институт
материалов имени Д.И. Менделеева»,
кандидат технических наук

Е.С. ИВАНОВА

«19» ноября 2024 г.



О Т З Ы В

ведущей организации Акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт материалов имени Д. И. Менделеева» на диссертационную работу Овсиенко Алексея Игоревича на тему «Ударопрочная керамика на основе карбидов бора и кремния», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1. Актуальность темы выполненной работы.

В настоящее время особую актуальность приобретает проблема защиты от средств поражения, обладающих высокой энергией удара и проникающей способностью, например, бронебойных пуль с термоупрочненными сердечниками. Эффективная остановка твердого, практически не деформируемого сердечника бронебойной пули возможна только по механизму его хрупкого разрушения преградой. Эффективность таких преград возрастает с увеличением их твердости и ударной вязкости. Поскольку стальная броня существенно уступает в твердости бронебойным сердечникам, она не является в этом случае эффективной защитой. В этих условиях наиболее перспективным и практически безальтернативным материалом для создания средств бронезащиты является ударопрочная керамика. Благодаря высокой твердости, превосходящей по твердости материал сердечника пули, такая керамика рассматривается как эффективная защита от современных средств поражения. Кроме того, керамические баллистические материалы имеют по сравнению с металлическими меньшую плотность, что значительно повышает эргономические и снижает массовые характеристики бронезащитных систем. В связи с этим применение керамических материалов является перспективным направлением развития защитных элементов и конструкций индивидуального назначения (бронежилеты). Важное свойство керамических элементов – ремонтпригодность – элементы керамики можно заменить, что позволяет восстанавливать функциональные

свойства защитных конструкций.

По результатам опробования самых разнообразных керамических материалов отечественные специалисты пришли к выводу, что по комплексу физико-механических и технологических параметров наиболее перспективными для практического применения являются корундовая, карбидокремниевая и карбидоборная керамика.

Основной способ получения таких изделий – высокотемпературное спекание, однако, в случае производства высокоплотных изделий из карбидов бора и кремния используется горячее прессование, имеющее ряд ограничений и недостатков. Прежде всего – высокая себестоимость, малая производительность и невозможность получения крупногабаритных изделий и элементов сложной формы. Решение этого вопроса – использование приема реакционного спекания. С этой точки зрения диссертационное исследование обладает актуальностью и новизной.

2. Новизна исследования и полученных результатов

Автором теоретически обоснованы параметры технологии и экспериментально реализован метод получения реакционным спеканием композиционных материалов в системе SiC-B₄C-Si.

На основе проведенных исследований доказано влияние температуры силицирования и дисперсности исходных компонентов на процесс реакционного спекания керамики. Автором установлено, что введение в исходную шихтовую смесь технического углерода и добавок карбида бора в расплав кремния приводит в процессе реакционного спекания к подавлению реакции между частицами карбида бора и расплавом кремния, повышению прочности, трещиностойкости и броневой стойкости.

Изделия из РКБ показали перспективность применения таких материалов в конструкциях атомных реакторов, установлена их низкая степень деградации при воздействии радиации и стойкость к растрескиванию при длительном воздействии быстрых нейтронов с высоким флюенсом.

Научная новизна работы подтверждается получением патента Российской Федерации № 2621241 «Наноструктурированный композиционный материал на основе карбида бора и способ его получения».

3. Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития такой отрасли наук, как технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, заключается,

прежде всего, в следующем:

- изучение взаимодействия компонентов и процессов фазообразования при реакционном спекании карбидов бора и кремния в присутствии расплава кремния;
- оценка влияния компонентного, фазового и дисперсного состава исходной шихты для синтеза и спекания изделий методом реакционного спекания;
- исследование баллистических характеристик карбидокремниевой и карбидоборной керамик;
- экспериментальное опробование керамических реакционноспеченных материалов на основе карбида бора в качестве радиационной защиты реакторов на быстрых нейтронах.

4. Практическая значимость результатов работы

Диссертационное исследование автора решает комплексную задачу – изучение структуры и свойств реакционноспеченных карбидов, влияния технологических параметров на физико-механические и технологические свойства материалов, создание и внедрение промышленной технологии.

Важность выполненного исследования подтверждается реализацией следующих научных проектов, выполненных при непосредственном участии соискателя – Проект госзадания № 0089-2014-0016, Программа Президиума РАН «Конденсированное вещество и плазма при высоких плотностях энергии» в рамках научного направления «Быстрые физико-химические превращения и разрушение твердых тел и жидкостей», научный проект № 17- 03- 00863-А при финансовой поддержке РФФИ. Разработанные в диссертации технологии защищены патентом Российской Федерации № 2621241 «Наноструктурированный композиционный материал на основе карбида бора и способ его получения».

5. Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертационной работы

Достоверность результатов диссертационного исследования основывается на использовании современных методов физико-химического анализа и механических испытаний, проведенных с использованием аттестованного оборудования (Инжиниринговый центр СПбГТИ(ТУ), сертифицированные методики РОСНАНО на ООО «Вириал»), высокой сходимостью экспериментальных результатов, а также их публикацией в научно-технических журналах по профилю исследования и обсуждением основных положений работы на российских и международных научных конференциях. По результатам исследования опубликовано 41 печатная работа, в том числе 12 научных статей, из них 3 статьи в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных (Web of Science, Scopus, Springer) и 2 статьи в рецензируемых журналах по списку ВАК РФ, 27 тезисов докладов на междуна-

родных и всероссийских конференциях, 1 патент РФ, 1 учебное пособие.

6. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в работе автором результаты имеют существенное значение для важнейших отраслей промышленности Российской Федерации, развертывании промышленного производства материалов для средств индивидуальной и транспортной защиты. Считаем, что результаты диссертации могут использовать следующие организации: АО «НПО Спецматериалов» (г. Санкт-Петербург), АО «Композит» (г. Москва), АО «НИИ Стали» (г. Москва), АО «Государственный научный центр - научно-исследовательский институт атомных реакторов» (г. Димитровград), Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» имени А.Г. Ромашина» (г. Обнинск), Институт химии твердого тела УрО РАН (г. Екатеринбург), ЦВМ «Армоком», учебные заведения для выполнения научных работ и для внедрения в учебный процесс при подготовке студентов по направлениям «Материаловедение» и «Химическая технология».

Замечания по работе

1. Анализ фазовых равновесий и свойств кристаллических фаз в объеме системы Al-B-C-Si, приведенный в пятой главе, было бы логично представить в начале экспериментально-теоретической части диссертационной работы, и уже на основе сделанных выводов проводить дальнейшие исследования. Кроме того, непонятно, почему автор рассматривает диаграммы состояний, включающих Al как один из компонентов, тогда как в экспериментальной части работы композиты с Al-содержащими фазами не рассмотрены.

2. Из текста работы не ясно, каким материалам автор отдает предпочтение – на основе карбида бора или карбида кремния.

3. По результатам исследований с участием автора разработана технологическая документация, следовало бы в приложениях привести титульные листы этих документов.

4. В таблице 17 (стр. 84) приведены снимки микроструктуры спеченного карбида кремния, но непонятно, это структура образцов ООО «Вириал» или сторонних производителей.

5. В таблицах 18 (стр. 91) и 21 (стр. 97) приводятся составы исходных композиций с карбидом бора разной дисперсности. Чем руководствовался автор, выбирая параметры дисперсности и соотношения карбидов бора разных фракций?

6. Автор использовал достаточно крупнодисперсные порошки карбида бора, тем не менее, в ряде случаев, размер зерен в спеченных композициях не превышал 10-15 мкм. За счет чего происходило измельчение частиц карбида бора?

Указанные замечания не затрагивают существа выносимых на защиту положений и не меняют общую высокую оценку диссертационной работы.

Заключение

На основании рассмотрения диссертации, автореферата, опубликованных работ и заслушанного доклада, ведущая организация считает, что диссертация А.И. Овсиенко является самостоятельно выполненной автором и завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных исследований разработана технология реакционноспеченных материалов на основе карбида бора и карбида кремния, что позволило получить керамические функциональные материалы, обладающие улучшенным комплексом физико-механических и баллистических свойств. На основании объема и уровня проработки проведенных исследований, сформулированных автором работы научно-технических решений, положений и рекомендаций, считаем, что диссертационное исследование позволяет решить важную научную задачу разработки эффективных ударопрочных изделий, что является важным для промышленности страны.

По актуальности, содержанию, новизне, практической ценности и по совокупности полученных результатов рассмотренная диссертация соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (с изменениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Овсиенко Алексей Игоревич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Диссертационная работа на тему «Ударопрочная керамика на основе карбидов бора и кремния», автореферат и отзыв ведущей организации рассмотрены и одобрены на расширенном заседании отдела конструкционной керамики АО «ЦНИИМ» 19 ноября 2024 г.

Начальник отдела конструкционной керамики



Д.А. Трубин

Телефон: 8 (812) 274-55-57

Почтовый адрес: 191014, Санкт-Петербург, ул. Парадная, 8

E-mail: info@cniim.spb.ru