

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.383.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 11.12.2024 г. № 70

О присуждении Овсиенко Алексею Игоревичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Ударопрочная керамика на основе карбидов бора и кремния» по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов принята к защите 9 октября 2024 г. (протокол заседания № 65) диссертационным советом 24.2.383.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А), утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Овсиенко Алексей Игоревич, 01.06.1987 года рождения.

В 2010 году соискатель окончил магистратуру в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. В период подготовки диссертации соискатель проходил обучение в заочной аспирантуре (сроки обучения 08.10.2012 – 07.10.2017) на кафедре химической технологии тонкой технической керамики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. В настоящее время Овсиенко А.И. работает в ООО «Вириал» в должности главного технолога.

Диссертация выполнена на кафедре химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и в обществе с ограниченной ответственностью «Вириал».

Научный руководитель – кандидат технических наук Румянцев Владимир Игоревич, общество с ограниченной ответственностью «Вириал», генеральный директор.

Официальные оппоненты:

Герашенков Дмитрий Анатольевич, доктор технических наук, федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» им. И.В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», начальник лаборатории;

Разумов Николай Геннадьевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», профессор дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт материалов имени Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Трубиным Дмитрием Аркадьевичем, начальником отдела конструкционной керамики, утвержденном Ивановой Еленой Сергеевной, кандидатом технических наук, генеральным директором акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт материалов имени Д.И. Менделеева» указала, что рассматриваемая диссертация может быть оценена только положительно. По мнению ведущей организации, по актуальности, содержанию, новизне, практической ценности и по совокупности полученных результатов рассмотренная диссертация соответствует критериям, установленным пунктами 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, 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. 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. 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».

Соискатель имеет 41 печатную работу, 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 международных и всероссийских конференциях, 1 патент РФ, 1 учебное пособие.

Авторский вклад соискателя заключается в разработке планов экспериментов, проведении анализа исходных материалов, получении порошков в изученных двойных и тройных системах, исследовании физико-механических свойств, анализе результатов исследования и современного состояния проблемы, подготовке текстов публикаций.

Опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертационного исследования, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы автора по теме диссертации:

1. Перспективы применения реакционноспеченного карбида бора в качестве

броневой керамики / А.И. Овсиенко, В.И. Румянцев, И.А. Беспалов, Н.М. Сильников // Вопросы оборонной техники. – 2015. – Сер. 16, Вып. 7-8 (85-86). – С. 95-101.

2. Овсиенко, А.И. Наноструктурированный композиционный материал на основе карбида бора / А.И. Овсиенко, В.И. Румянцев, С.С. Орданьян // Наноструктурные материалы – 2016: Беларусь – Россия – Украина: НАНО-2016: материалы V Междунар. науч. конф., Минск, 22-25 нояб. 2016 г. / ред. совет: П.А. Витязь и др. – Минск : Беларуская навука, 2016. – С. 242-245.

3. Ordan'yan S.S., Nesmelov D.D., Ovsienko A.I. Phase formation during reactive sintering of the $B_4C-SiC-Si(Al)$ composite (review) // Refractories and Industrial Ceramics. – 2018. – Vol. 58, Is. 6. – P. 666-672.

4. Получение высокоплотной керамики на основе реакционноспеченного карбида кремния методом горячего литья под давлением / А.И. Овсиенко, К.С. Шнуренко, В.И. Румянцев, С.С. Орданьян // Новые материалы и технологии: Порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: Материалы 13-й Международной научно-технической конференции (Минск, 16-18 мая 2018 г.) / НАН Беларуси "Институт порошковой металлургии". – Минск: "Беларуская навука", 2018. – С. 239-242.

5. Savinykh A.S. Evolution of Shock Waves in Hot-Pressed Ceramics of Boron Carbide and Silicon Carbide / A.S. Savinykh, I.A. Cherepanov, A.I. Ovsienko [et al.] // Technical Physics. – 2018. – Vol. 63, Is.12. – P. 1755-1761.

6. Ovsienko, A.I. Ceramics based on reactively sintered boron carbide / A.I. Ovsienko, V.I. Rummyantsev, S.S. Ordan'yan // Refractories and Industrial Ceramics. – 2019. – Vol. 59, Is. 5. – P. 507-513.

7. Овсиенко, А.И. Броневая керамика для средств защиты / А.И. Овсиенко, В.И. Румянцев // Сб. трудов XIX всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы разработки бронезащитных и конструкционных композитных материалов» (Ялта, 5-9 сентября 2022 г.). – Ялта : Армоком, 2022. – С. 54-56.

8. Овсиенко, А.И. Наноструктурированная керамика на основе карбида бора / А.И. Овсиенко, В.И. Румянцев, С.С. Орданьян // Сб. статей II Всероссийской научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Нанотехнологии и наноматериалы»» / ФГАУ «Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, 12 ноября 2020 г. – 275 с. – С. 27-32.

На диссертацию и автореферат отзывы прислали:

1 – Дороганов Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии стекла и керамики ФГБОУ ВО Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова;

2 – Горчакова Лидия Ивановна, кандидат технических наук, ведущий специалист цеха по внедрению серийных технологий производства изделий на основе керамических и стеклопластиковых материалов для ракетной и авиационной техники, акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина»;

3 – Вячеславов Леонид Николаевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук;

4 – Беспалов Иван Александрович, кандидат технических наук, заместитель директора по науке акционерного общества «Научно-исследовательский институт стали»;

5 – Анисимов Валерий Валериевич, кандидат технических наук, доцент кафедры химической технологии керамики и огнеупоров федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»;

6 – Харченко Евгений Фёдорович, доктор технических наук, профессор, генеральный директор акционерного общества «Центр высокопрочных материалов «Армированные композиты»;

7 – Заикин Сергей Вениаминович, кандидат технических наук, начальник отдела-заместитель начальника отделения бронематериалов акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения»;

8 – Цибиногина Марина Константиновна, кандидат химических наук, ведущий инженер акционерного общества «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор»»;

9 – Шошин Андрей Алексеевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории 10, начальник службы качества федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Все отзывы положительные.

В отзывах указывается, что диссертационная работа выполнена по актуальной тематике, обладает научной новизной и практической значимостью, в автореферате полностью отражена суть исследования, важным научно-техническим результатом исследования является экспериментальное определение влияния температуры силицирования и дисперсности исходных компонентов на протекание процесса реакционного спекания керамики на основе карбида бора. Модифицирование состава

керамики за счет углеродных добавок позволило методом реакционного спекания уменьшить взаимодействие между частицами карбида бора и расплавом кремния, что позволило получить материалы, обладающие повышенной прочностью, трещиностойкостью и броневой стойкостью, автор работы заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

В отзывах содержатся следующие замечания критического характера:

1) Из данных, представленных в автореферате, не ясно как осуществлялось формование экспериментальных образцов на основе карбида кремния;

2) Какая открытая пористость полученных образцов;

3) Какой зерновой состав исходных порошков карбида кремния (Дороганов В.А.);

4) В заключении (п. 2) указано, что источник свободного углерода оказывает заметное влияние на процесс структурообразования и свойства керамики, но в тексте автореферата этот важный момент не рассматривается (Горчакова Л.И.);

5) Из автореферата не понятно, почему исследование ударных волн проведено только на образцах, изготовленных горячим прессованием, хотя основной целью автора была разработка материалов на основе технологии реакционного спекания;

6) В автореферате присутствует незначительное количество опечаток (Беспалов И.А.);

7) Табл. 3 на стр. 8 автореферата озаглавлена как «Физико-механические свойства и микроструктура SiC-керамики, спеченной различными методами», в то время как механизм спекания в каждом конкретном случае не доказан. Спекание - это не способ производства, а физико-химический процесс;

8) Совершенно непонятно, как автор по результатам РФА определил: объемное количество исходных зерен B_4C и температурную зависимость концентрации; объем твердого раствора $B_{12}(C, Si, B)_3$ и температурную зависимость этого объема; а главное, как удалось идентифицировать фазы по одному дифракционному максимуму при каждой температуре? Что по оси ординат на этой диаграмме?;

9) Непонятно, какая плотность указана в таблице 5 на стр. 11 автореферата и какова ошибка ее определения. Тоже относится к ошибке определения модуля упругости (Анисимов В.В.);

10) В автореферате не приведены сведения о характере разрушения исследованных материалов после баллистического воздействия в зависимости от их состава и физико-механических свойств (Заикин С.В.);

11) Как соотносятся следующие факты - основной фазой в исходных составах является карбид бора, однако, на рентгенограммах (Рис. 1 и Рис. 4) пики B_4C практически не видны или крайне малы;

12). В каких единицах измеряется среднее время задержки проникновения пули в керамику ($n_{пр}$)?

13). Каким образом производилась очистка карбида кремния от примеси углерода? (Цибинкина М.К.);

14) На странице 10 полностью повторен абзац со страницы 9, начинающийся со слов «В отличие от физико-механических свойств, структура конечной керамики»;

15) В таблице 9 неправильно указана размерность трещиностойкости ($МПа \cdot м^{1/2}$);

16) На странице 16 не закончено верхнее предложение, после слов «для образцов» нет продолжения текста и точки (Шошин А.А.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научно обоснованная технология ударопрочных композиционных материалов на основе системы $B_4C-SiC-B_{4-x}Si_yC-Si$, полученных реакционным спеканием и горячим прессованием и радиационностойких конструкционных материалов на основе карбида бора,

предложены методы очистки товарного карбида-кремния, применяемого для керамики на основе реакционно-спеченных композитов карбида кремния - карбида бора, материальный и фракционный составы композиционной керамики, с улучшенной бронестойкостью, сниженным весом бронеконструкции, что позволило разработать научно обоснованные параметры технологии спеченных керамоматричных материалов с управляемой дисперсной структурой для различных областей применения,

доказано уменьшение размера частиц в матричной фазе за счет введения технического углерода и уменьшения температуры реакционного спекания,

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны перспективность разработки фазового состава и структуры керамоматричных материалов в системе $SiC-B_4C-B_{4-x}Si_yC$ для изготовления и

использования изделий, работающих в условиях высокоскоростных ударных нагрузок, нейтронного излучения;

применительно к проблематике диссертации результативно, с получением обладающих новизной результатов использован прием введения технического углерода в матрицу из карбида бора, или карбидов бора и кремния, при дальнейшем их силицировании, что существенно модифицирует структуру и свойств керамики и сопровождается повышением прочности (до 450 МПа) и трещиностойкости (до 3-4 МПа·м^{1/2}) при общей пористости не более 1 % об.,

изложены теоретические и экспериментальные результаты изучения высокоскоростного внедрения баллистического ударника в керамику на основе монофазных и смешанных материалов в системе SiC-B₄C. Анализ волновых профилей показал, что при превышении динамического предела упругости керамика SiC сохраняет свою внутреннюю структуру неповрежденной, а керамика B₄C растрескивается,

раскрыты факты особенностей высокоскоростного деформирования в горячепрессованных керамиках карбида бора и карбида кремния, проведены измерения эволюции волны ударного сжатия в этих материалах,

Керамика на основе B₄C демонстрирует признаки релаксации напряжений за фронтом упругого предвестника, тогда как у керамики из SiC нарастание параметров за фронтом упругой волны сжатия связано с деформационным упрочнением.

изучены фазовый состав и свойства кристаллических фаз в объеме системы B-C-Si, что является необходимым условием для рационального планирования и проектирования свойств, структуры и состава реакционноспеченных композитов B₄C/Si, B₄C-SiC/Si,

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

разработаны и внедрены материалы, промышленный выпуск которых освоен на производственной базе ООО «Вириал», выпущены материалы широкой номенклатуры согласно ТУ 1915-025-23042805-2012. Суммарный выпуск изделий из РКК в 2023 году составил 40 т при технологических возможностях выпуска 100 т в год, опытная партия броневых керамических образцов из реакционно-спеченного карбида бора прошла успешные испытания на исследовательской базе ЗАО «НПО Специальные Материалы». Испытаны материалы, отвечающие всем требованиям ИТЭР по стойкости к нейтронному излучению, согласована спецификация на изготовление керамики на основе реакционно-спеченного карбида бора и начато её серийное производство

определены перспективы использования разработанных композиционных материалов в качестве износостойких изделий, в том числе трибологического применения,

создана система практических рекомендаций по подбору вещественного состава шихт, основных технологических и физико-химических показателей для реализации конкретной технологии керамоматричных материалов с планируемым комплексом свойств,

представлены практические рекомендации по технологии материалов на основе системы $B_4C-SiC-B_{4-x}Si_yC-Si$, которые являются альтернативой горячепрессованному карбиду бора, обладая всеми преимуществами керамики, получаемой реакционным спеканием. Подавление реакции между B_4C и расплавом Si достигнуто за счет использования в составе исходной смеси источника углерода и введения в расплав кремния источника бора.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов исследования обеспечена применением надежных аналитических методов, стандартной измерительной аппаратуры, согласованностью полученных результатов и их сопоставлением со справочными и литературными источниками;

теория основана на достоверных и проверяемых данных и в целом соответствует современным представлениям в научной литературе по теме диссертации,

идея базируется на критическом анализе отечественных и зарубежных литературных данных по тематике исследования, учете и обобщении опыта создания материалов на основе карбида кремния и карбида бора путем их реакционного спекания с добавками углерода и кремния,

использованы известные подходы и соответствующие решаемым задачам методы обработки и теоретического анализа экспериментальных результатов,

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами по близким аналогам материалов, представленными в независимых источниках по данной тематике,

использованы современные методики сбора и анализа исходной информации, методы анализа и стандартизованные методики;

Личный вклад соискателя состоит в проведении поиска и анализе литературы по тематике работы, выполнении исследований по изучению свойств материалов, разработке технологии и получении опытных образцов керамическими

методами, исследовании, анализе и обобщении экспериментальных данных, подготовке публикаций. Работы выполнены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Вопрос по реферату, в нем Вы указываете, что одна из глав посвящена реакционно-спеченному карбиду кремния (без добавления карбида бора), я понимаю состояние вашего доклада, в котором Вы хотите отобразить за короткое время наиболее интересные результаты работы. Прошу Вас кратко пояснить о соотношениях между реакционно-спеченным карбидом кремния и реакционно-спеченным карбидом бора, в чем преимущества или недостатки одного и второго, какие новые технологические решения по отношению к реакционно-спеченному карбиду кремния Вам удалось разработать?

2. Керамика из карбида бора, без кремния, как Вы пишете, в зависимости от способа получения обладает пористостью от 8 до 20 %, кстати прошу уточнить, какая это пористость открытая, общая? Какие методы получения или технологические приемы могут помочь в получении материалов с меньшей пористостью? Может, газостатическое прессование?

3. Уточните, Вы эксперименты по трещиностойкости какие-то делали? Микроскопическим способом, или еще каким-то?

4. В работе у Вас два способа пропитки кремнием и алюминием, кремний хрупкий, алюминий пластичный, как это влияет на параметры трещиностойкости?

5. Если анализировать микроструктуру керамики, видна комбинация очень крупных зерен и каких-то мелких элементов структуры, которые с трудом определяются на электронном микроскопе. Понятно, что такой материал не очень трещиностоек, когда хотят получить материал с высокой прочностью и трещиностойкостью, делают мелкодисперсную структуру и более или менее однородную. У Вас какая структура получилась, размер зерен и форма, как в таких материалах (системах) можно управлять структурой и, в частности, размером зерен карбида кремния?

6. В чем различие между металлической броней и керамической броней?

7. В чем состоит способность бора замедлять нейтроны, защищать от нейтронного излучения?

8. А остальные вещества не взаимодействуют с нейтронами? Вопрос был про разницу в радиусе захвата.

9. Касательно первого вопроса, подразумевалось, что мы услышим про энергию связи в керамических веществах, оксиде алюминия, карбиде кремния и карбиде бора, про деформационные модули для металлов.

10. Откройте слайд с фазовой диаграммой пожалуйста. Я смотрю на эту диаграмму и читаю выводы или завершающую часть главы перед заключением в автореферате – в системе В-С-Si-Al существует семь фаз, пять двойных и тройных соединений и два однокомпонентных. Это противоречит правилу фаз Гиббса. При этом говорите об отсутствии карбида алюминия по рентгеновским данным, как так?

11. Речь идет о неравновесном состоянии? А какие фазы находятся в равновесии? Зачем приводятся диаграммы, которые не нужны по сути работы?

Соискатель Овсиенко А.И. согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Карбид кремния сам по себе материал интересный, изделия из него получаются дешевле за счет более дешёвого сырья, при сохранении высоких параметров, кроме того, его производство полностью локализовано в России от производства сырья в стране до готовых изделий, относительно недостатков в сравнении с карбидом бора – более высокая плотность. В качестве радиационной защиты карбидборовые материалы лучше и обладают всеми необходимыми свойствами.

2. Открытая пористость получалась не менее 2 %, совсем от нее не удалось избавиться. Поэтому применить технологию газостатического прессования не стоит, пока не удастся получить открытую пористость нулевой. Это в планах, и цель является достижимой.

3. Отдельных экспериментов, направленных на определение коэффициента интенсивности критических напряжений, не проводили, в некоторых случаях, после индентирования при определении твердости, удавалось качественно оценить K_{IC} на отдельных образцах, я столкнулся со сложностями определения этой величины в многофазной керамике с большими различиями в твердости фаз. Были попытки определить параметры трещиностойкости по модели призма с надрезом, но воспроизводимого результата не получали, из-за сложностей с получением зачатка трещины на образцах. Для реакционно-спеченного карбида бора он (K_{IC}) составил $3-3,5 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, для спеченного не проводили, по причине высокой пористости.

4. Пропитку алюминием на практике не осуществляли, в диссертации приведена глава, основанная на анализе теории, диаграмм состояния элементных систем с алюминием, обзор имеющихся данных по пропитке. Интерес по данному направлению имеется, тут есть возможность применять иные температуры

реакционного спекания, другие технологические условия, но на практике пока до этого не дошел.

5. В случае применения зерен карбида бора только высокодисперсной фракции, сложно получить высокоплотные заготовки на стадии формования, во-вторых, из-за высокой реакционной способности частиц карбида бора в контакте с кремниевым расплавом, происходит его существенное взаимодействие с образованием карбоборосилицида, концентрация карбида бора сильно уменьшается, для сохранения большого объемного содержания карбида бора, приходится применять крупное зерно. Были проведены исследования большого количества составов с различными размерами зерна и различным содержанием фракций, направленные на получение максимальной плотности сырца и одновременно направленные на создание порово-канальной структуры, которая позволяет беспрепятственно проводить пропитку кремнием и реакционному спеканию, при пониженной температуре – менее 1500 °С, при этом вторичный карбид кремния, который кристаллизуется при этих температурах 1450-1470 °С, характеризуется примерно одним и тем же размером – несколько микрометров. В рекомендации, которые вошли в технологию производства, этот факт заложили, чтобы получать продукты кристаллизации размером около 1 мкм. С учетом того, что специальные эксперименты по трещиностойкости не проводили, я согласен, что уменьшение размеров зерен приводит к росту прочности и K_{IC} . Так же факт наличия неоднородных по размеру зерен связан со способом получения материала, и крупные зерна могут приводить к снижению трещиностойкости.

6. Металлическая броня или сплав, это лист металла, который целиком исполняет функцию задержки и остановки «снаряда» и поглощение его энергии, керамическая броня, это не только керамическая пластина, задача которой разрушить снаряд и поглотить его энергию за счет собственного разрушения, но и еще и многослойный полимер (полиэтилен, арамид), который должен удерживать осколки брони и снизить заброневое воздействие. Металлическая броня может быть использована несколько раз, керамическая однократно.

7. Это свойство изотопа бор 10, способного захватывать нейтрон, превращаясь в бор 11.

8. Да взаимодействуют, некоторые поглощают, некоторые при поглощении превращаются, наоборот, в высокоактивные изотопы.

9. Важным моментом, обеспечивающим бронестойкость, является твердость материала, чем она выше, тем быстрее затупляется «снаряд» и уменьшается его проникающее действие.

10. Формального нарушения правила Гиббса быть не может, здесь речь идет об устойчивых при определенных условиях фазах. Об отсутствии в материале карбида алюминия имеются в виду данные других исследователей.

11. Предполагалось изучить материалы в объеме четверной элементной системы, содержащие соединения всех четырех атомов, поэтому проводили теоретическую проработку возможных опытных составов, но до масштабного их исследования не дошло.

Диссертация Овсиенко Алексея Игоревича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленных пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с последующими изменениями).

На заседании 11 декабря 2024 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки в области создания керамических композиционных материалов на основе карбидов бора и кремния, имеющие существенное значение для развития отрасли бронематериалов в Российской Федерации, присудить Овсиенко Алексею Игоревичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



Брыков Алексей Сергеевич

Воронков Михаил Евгеньевич

11 декабря 2024 г.