

ОТЗЫВ

Официального оппонента **Жукова Ильи Александровича**
на диссертационную работу **Николаева Александра Николаевича** на тему:
«Синтез и исследование стеклокерамических композиций, модифицированных
оксидами и углеродсодержащими материалами», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. - Технология
силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

На отзыв представлена диссертация объемом 127 страниц машинописного текста, содержащая 41 рисунок, 18 таблиц, список литературы из 160 наименований, а также автореферат.

Актуальность работы

Стеклокерамические системы на основе бор- и кремнийсодержащих соединений систематически изучаются благодаря своим отличным высокотемпературным характеристикам. Они имеют широкое применение не только в виде самостоятельного материала, но и в качестве покрытий. Настоящая работа посвящена одной из таких систем – $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$, модифицированной наноразмерными частицами Al_2O_3 и ZrO_2 , а также углеродсодержащими материалами, такими как графит, сажа и шунгит.

Это свидетельствует об актуальности выполненного исследования с точки зрения выбора объектов и использованных методов, то есть работа в этом отношении соответствует требованиям к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени.

Целью исследования является изучение влияния модифицирующих добавок из наноразмерных частиц оксида алюминия и диоксида циркония, а также углеродсодержащих материалов на свойства стеклокерамической системы на основе $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$.

Диссертантом успешно выполнены поставленные в работе задачи, связанные с синтезом компактных образцов и отработкой технологии. Изучена кинетика окисления образцов в температурном интервале от 1000 до 1400 °С, проведен дифференциально-термический анализ; исследован фазовый состав, микроструктура, электросопротивление полученных компактных образцов и покрытий; определены физико-механические свойства компактных образцов.

Научная новизна работы

На основе изучения объективной взаимосвязи с исходными материалами, технологическими решениями и свойствами конечного продукта разработана шихта на основе $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$ для получения высокотемпературного материала покрытия для графита или керамики, отработан температурный режим получения таких материалов.

Проведённые исследования позволили установить оптимальные количества оксидных (Al_2O_3 и ZrO_2) и углеродных (графит, шунгит, сажа) модификаторов для улучшения свойств конечного материала.

Предложен механизм формирования фазового состава, макро- и микроструктуры покрытий с оксидными модификаторами, установлено, что повышение жаростойкости материала происходит за счёт повышения вязкости стеклорасплава.

Установлены закономерности формирования фазового состава, макро- и микроструктуры покрытий при введении углеродных модификаторов,

закрывающиеся в повышении температуры при термообработке, а также за счёт перемешивания компонентов системы за счёт газообразования.

Теоретическая и практическая значимость

Результаты исследования влияния оксидных (Al_2O_3 и ZrO_2) и углеродсодержащих (графит, шунгит, сажа) модификаторов на свойства стеклокерамической системы $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$ позволяют использовать полученные данные для синтеза высокотемпературных материалов и покрытий, применяемых во многих отраслях промышленности. Существенным преимуществом рассматриваемого материала является сравнительно низкая температура формирования стеклообразующего расплава на поверхности материала, при этом покрытие может служить при температуре более чем в 2 раза превышающей температуру формирования.

Достоверность полученных результатов подтверждена их воспроизводимостью, применением современных методов физико-химического анализа, использованием стандартизированных методик, соответствием результатов международному уровню знаний в исследуемой области науки.

Работа выполнялась с применением современного оборудования Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН, а также Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

Основные результаты работы опубликованы в 8 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ и индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, а также представлены в 15 работах в материалах всероссийских и международных конференций.

Общая характеристика диссертационной работы

Работа Николаева А.Н. состоит из введения, 7 глав, заключения и списка литературы.

Во *Введении* дано обоснование актуальности темы диссертации, определена важность и перспективность синтеза и исследования стеклокерамических материалов на основе кремний- и борсодержащих соединений, поставлены цели и задачи исследования.

В *1 главе* обобщены и проанализированы литературные данные по современному состоянию в области получения стеклокерамических композиционных материалов. Приведено обоснование использования и описание исходных компонентов стеклокерамической системы, а также модифицирующих добавок.

В главе *Объекты и методы* представлена краткая характеристика всех используемых методов и материалов.

Экспериментальная часть состоит из 5 глав, первая из которых посвящена изучению кинетики окисления, фазового состава и морфологии композитов и покрытий на основе системы $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$, модифицированной Al_2O_3 , при температурах до 1300°C . Вторая экспериментальная глава посвящена модификатору ZrO_2 и его влиянию на жаростойкость, морфологию, твердость и электросопротивление. Третья экспериментальная глава посвящена влиянию углеродных модификаторов на свойства материалов и покрытий на основе $\text{Si-B}_4\text{C-ZrB}_2$. Четвертая и пятая главы концентрируются на определении влияния Al_2O_3 и ZrO_2 на физико-механические свойства материалов на основе вышеупомянутой системы.

В *Заключении* приведены основные выводы исследований влияния различных модифицирующих добавок на свойства материалов и покрытия на основе Si–B₄C–ZrB₂: стойкость к окислению, фазовый состав, морфология поверхности, пористость и плотность, а также физико-механические свойства. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа А.Н. Николаева на тему: «Синтез и исследование стеклокерамических композиций, модифицированных оксидами и углеродсодержащими материалами» соответствует паспорту специальности 2.6.14. - Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов в п.1 Силикатные и тугоплавкие неметаллические материалы а) по химическому составу – оксиды, их соединения, силикаты, неметаллические углеродсодержащие материалы, карбиды, бориды, силициды; б) по особенностям технологии строения и функциональному назначению керамика, огнеупоры, стеклянные и стеклокристаллические материалы, порошки, композиционные материалы на основе SiТНМ. В п.2 Физико-химические принципы технологии материалов и изделий из SiТНМ, включают стадии подготовки исходных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов, формования заготовок или изделий, их упрочнения, высокотемпературных процессов, обработки материалов и изделий для придания им требуемых свойств, формы и размеров. Конструирование изделий и оснастки. Технологические схемы производства материалов и изделий. Ресурсо- и энергосбережение. Полученный патент говорит о возможности практического применения результатов исследования.

Замечания и вопросы по диссертационной работе:

1. Следовало привести сравнение результатов исследований механических свойств полученных в диссертационной работе материалов с данными научной литературы для подобных по составу керамик.

2. Разработанные в работе керамики и покрытия перспективны для использования в термонагруженных узлах специальной техники, в этой связи перспективным является изучение механических свойств при повышенных температурах, такие данные в диссертационной работе отсутствуют.

3. Какой механизм увеличения твердости и модуля упругости разработанных материалов с добавками наноразмерных оксидных модификаторов?

4. Некорректная формулировка пункта 4 Научной новизны (стр 7. Диссертационной работы); исследование физико-механических свойств – не является элементом научной новизны.

Вместе с тем, указанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация А.Н. Николаева представляет завершенное исследование, направленное на решение актуальных задач науки и практики.

Заключение по работе

Работа отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановление Правительства РФ от 24.09.2013 №842 в последней редакции), выдвигаемым к работам, представляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В соответствии с п. 9 диссертационная работа Николаева Александра Николаевича на тему: «Синтез и исследование стеклокерамических композиций, модифицированных оксидами и углеродсодержащими материалами», является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения, имеющие существенное

значения для развития страны, а именно вносит значительный вклад в развитие технологий нанесения покрытий.

Таким образом, диссертационная работа, представленная к защите Николаевым Александром Николаевичем, имеет новизну и практическую значимость в части отдельных результатов исследования, а её автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Даю согласие на обработку своих персональных данных, связанную с защитой **Николаева Александра Николаевича**.

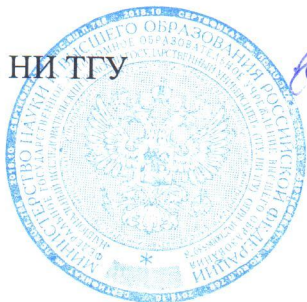
Официальный оппонент, заведующий лабораторией нанотехнологий металлургии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», доктор технических наук (специальность 05.16.09 – Материаловедение (химическая технология)); 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; (3822) 52-98-52; rector@tsu.ru; <http://www.tsu.ru>.

02.05.2023

Жуков Илья Александрович

Подпись официального оппонента Жукова Ильи Александровича удостоверяю:

Ученый секретарь НИ ТГУ



Н.А. Сазонтова

С отзывом оригинального
оппонента ознакомлен
05.05.2023

Николаев А.Н.