

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации
Вихмана Сергея Валерьевича

«Системы на основе тугоплавких соединений как основа новых керамических материалов
для экстремальных условий эксплуатации»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических
материалов

Актуальность работы не вызывает сомнений, цель диссертационного исследования - разработка научных принципов проектирования материала с сочетанием свойств: жаростойкости и жаропрочности, тугоплавкости, высокой прочности, электропроводности и низкой плотности. В работе изучены системы $\text{SiC-Me}_x\text{B}_y$, SiC-MeSi_2 , $\text{MeB}_2\text{-MeSi}_2$, $\text{W}_2\text{B}_5\text{-LaB}_6$. Такие материалы имеют потенциал практического применения в высоконагруженных узлах специальной техники и потенциально могут быть использованы для изготовления сложных изделий, например, элементы турбины или горячие области ракетных двигателей.

Важность проведенного исследования для науки и практики определяется следующим. Научная новизна работы заключается в том, что впервые в системах $\text{MoSi}_2\text{-SiC-ZrB}_2$ и $\text{MoSi}_2\text{-SiC-HfB}_2$ отработаны режимы вторичной консолидации спеканием без приложения давления, которые позволяют получить плотные материалы с содержанием карбида кремния не более 60 %. Подтверждено, что для получения плотных материалов с преимущественным содержанием карбида кремния необходимо применять спекание под давлением. В обеих системах отмечена тенденция к улучшению механических свойств и термомеханических характеристик с увеличением объемной доли боридного компонента. В системе $\text{MoSi}_2\text{-SiC-ZrB}_2$ получены материалы с прочностью до 460 МПа и твердостью до 16,0 ГПа, значения КЛТР исследованных материалов лежат в диапазоне $(4,97\text{--}6,87) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, теплопроводность составляет $(70\text{--}97) \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. В системе $\text{MoSi}_2\text{-SiC-HfB}_2$ получены материалы с прочностью до 380 МПа и твердостью до 19,9 ГПа, КЛТР $(3,74\text{--}6,67) \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, теплопроводностью $(80\text{--}140) \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Для отдельных составов установлено увеличение предела прочности при температуре 1200 °С относительно значений при комнатной температуре. Наибольшую прочность показали материалы, содержащие 20 об. % SiC, 10 об. % MoSi_2 и 70 об. % ZrB_2 – 377 МПа и 30 об. % SiC, 20 об. % MoSi_2 , 50 об. % HfB_2 – 450 МПа. Практическим результатом исследования является применение предложенных подходов в сочетании с технологией высокотемпературных керамик на основе боридов, силицидов и карбида кремния позволяет проектировать большой спектр керамических функциональных материалов, обладающих повышенным комплексом физико-механических и теплофизических свойств в том числе при температурах более 1400 °С, отличающихся высокой износостойкостью и окислостойкостью за счет организации правильно подобранного не изменяющегося при контактном взаимодействии между зернами фазового состава, а также предложить их для применения в ядерной энергетике. Результаты исследований достаточно полно отражены в открытой печати и не вызывают сомнений. Разработанные в диссертации научно-технологические подходы защищены патентами Российской Федерации № 2464498, № 2455262.

Вместе с тем по содержанию автореферата имеются следующие вопросы и замечания:

1. Из автореферата не ясно какие исходные порошковые материалы использовались для получения керамик, имеется ввиду средний размер частиц, количество примесей и состав, производитель и т.д.?; нет ясности о происхождение столь сложных для получения

соединений как диборид гафния и циркония, не приведены дифрактограммы исходных порошков, проводился ли синтез указанных соединений или использовался какой-либо коммерчески доступный продукт?

2. Нет описание предполагаемой технологической цепочки получения объёмных изделий сложной геометрии, каким способом планируется производить изделия заданной геометрии и как способ изготовления будет влиять на свойства?

3. Из автореферата не ясно о проведение каких-либо испытаний разработанных керамик в реальных узлах эксплуатации, нет технико-экономических оценок.

4. Заключение носит больше декларативный характер, основные выводы, на мой взгляд, отражены не совсем корректно, стоило внести больше конкретики – связь технологии получения (конкретные режимы) – состав и структура – конкретные свойства с указанием численного значения.

При этом указанные замечания не снижают научной значимости основных результатов исследований, не ставят под сомнения важность проведённых исследований для науки и практики. Исходя из представленных данных можно заключить следующее.

Диссертационная работа Вихмана Сергея Валерьевича «Системы на основе тугоплавких соединений как основа новых керамических материалов для экстремальных условий эксплуатации» соответствует научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов и критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата и доктора наук, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

На обработку персональных данных, связанную с защитой Вихмана Сергея Валерьевича, согласен.

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; gofra930@gmail.com; <http://www.tsu.ru>.

«13» 09 _____ 2024 г.

Жуков Илья Александрович

Подпись И. А. Жукова удостоверяю
Ученый секретарь ученого совета
ФГАОУ ВО НИ ТГУ



Сазонтова Наталья Анатольевна

Сведения об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»; 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36; (3822) 52-98-52; rector@tsu.ru; <http://www.tsu.ru>.