

Отзыв

на автореферат диссертации Беляева Ильи Михайловича «Химическое модифицирование порошков карбидов переходных металлов монооксидом кремния»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Диссертационная работа Беляева Ильи Михайловича посвящена изучению химического взаимодействия газообразного SiO с карбидами переходных металлов 4-5 групп (TiC, ZrC, TaC), приводящего к их силицированию, и в изучении влияния силицирующей обработки карбидных порошков на процессы их спекания и уплотнения. Карбидная керамика по ряду свойств, включая высокие температуры плавления, высокую фазовую стабильность, высокие механические свойства при повышенных температурах, превосходит другие типы материалов, используемых в разработке теплозащиты конструкций, что обуславливает **практический интерес** к применению этой керамики в таких важных сферах, как создание нового поколения энергетических установок. Полноценное практическое использование керамики на основе карбидов переходных металлов 4-5 групп тесно связано с возможностью получения плотных, хорошо спеченных материалов, что, вообще говоря, представляет значительные трудности применительно к этому классу материалов. Автор поставил **цель** –изучить химическое взаимодействие газообразного SiO с карбидами TiC, ZrC и TaC и оценить влияние такой обработки на процесс спекания и уплотнения. Сформулированная цель потребовала выполнения сразу нескольких **научных задач**, наиболее важными из которых являются: (i) разработка схемы лабораторного реактора и методики силицирования карбидов переходных металлов газообразным SiO; (ii) исследование основных закономерностей микроструктурных изменений и фазовых превращений в ходе силицирования; (iii) изучение динамики уплотнения и спекания силицированных порошков в ходе горячего прессования; (iv) исследование микроструктуры и прочностных свойств полученных керамических материалов.

Значимость поставленных в работе задач для решения фундаментальных и практических проблем современного высокотемпературного материаловедения очевидна, поэтому **актуальность** диссертационной работы Беляева Ильи Михайловича не вызывает сомнения.

Среди основных результатов, составляющих **научную новизну** работы, можно выделить следующие:

1. Установлено, что высокотемпературное силицирование порошков карбидов TiC, ZrC, TaC газообразным SiO приводит к образованию бескислородных кремнийсодержащих соединений – МАХ фазы Ti_3SiC_2 в случае силицирования TiC, ZrSi в случае силицирования ZrC, Ta_5Si_3 и $TaSi_2$ в случае силицирования TaC.

2. Выявлен селективный характер силицирования газом SiO твердых растворов (Zr,Ti)C и (Ta,Ti)C, проявляющийся в преимущественном силицировании, соответственно, либо циркония, либо тантала, с образованием соответствующих силицидов; при этом силицирование титана не происходит, и его кремнийсодержащих соединений в продуктах не обнаруживается.

3. Установлено, что высокотемпературное силицирование порошков карбидов TiC, ZrC, TaC и их твердых растворов газообразным SiO обеспечивает их спекание методом горячего прессования до беспористого состояния при относительно низком уровне термобарического воздействия (1600 – 1900°C, 25-30 МПа). Установленные закономерности легли в основу **практических рекомендаций** по разработке материалов с улучшенными механическими свойствами.

Достоверность полученных результатов обеспечена обоснованным выбором методов аттестации материалов, использованием комплекса современных экспериментальных методов исследования физико-химических и функциональных свойств исследуемых объектов, а также согласованностью экспериментальных и расчетных результатов.

Результаты работы И.М. Беляева были опубликованы в виде 4 научных статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ и входящих в базу данных Scopus, Web of Science, и широко представлены на международных и российских конференциях.

При чтении автореферата диссертационной работы возникли некоторые вопросы и замечания, перечень которых приведен ниже.

1. Вряд ли можно считать удачным использование и в названии, и в тексте Автореферата термина «модифицирование». Судя по Автореферату, речь идет о гетерогенной химической реакции газообразного SiO с твердым телом (карбидами), которая приводит к образованию многофазного твердого продукта. При этом содержание силицидных фаз может достигать 20-30 об.%.

2. Каковы причины и механизмы, способствующие уплотнению смесей карбидов и силицидов при более низких температурах по сравнению с температурами уплотнения однофазных порошков?

3. Вывод Автора о том, что «получаемая керамика является высокоплотной» (с. 21 автореферата) не подкреплён экспериментальными данными по измерению плотности и пористости полученных керамических образцов.

4. На с. 18 автореферата Автор пишет, что «дальнейшее взаимодействие газа SiO с титаном прекращается». Из текста неясно, с чем это связано: с полным расходом одного из реагентов (газообразного SiO), или с торможением диффузии газообразного SiO через слой образовавшегося твердого продукта? В подписи к рис.10 не указано, чем отличаются образцы, снимки которых обозначены как «а, б, ...е».

Высказанные замечания не влияют на главные результаты и выводы работы.

В целом, можно заключить, что диссертационная работа И.М. Беляева «Химическое модифицирование порошков карбидов переходных металлов монооксидом кремния» в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым пунктом 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 в действующей редакции, и требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Беляев Илья Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Бакланова Наталья Ивановна

Доктор химических наук по специальности 02.00.21 – химия твердого тела,
Ведущий научный сотрудник лаборатории химического материаловедения,
ФГБУН Институт химии твердого тела и механохимии

Сибирского отделения Российской академии наук

630090 г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

Т. +7(383)233 24 10*1132

Факс +7(383) 332 28 47

e-mail: baklanova@solid.nsc.ru

11 января 2024 г.

Бакланова Наталья Ивановна

Подпись Н.И. Баклановой заверяю

Ученый секретарь ИХТМ СО РАН

Д.х.н.



Т.П. Шахтшнейдер

Я, ниже подписавшаяся, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертационной работы И.М. Беляева, и их дальнейшую обработку.



_____/Н.И. Бакланова