

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Московских Дмитрия Олеговича
“Получение бинарных и многокомпонентных карбидов с использованием СВС,
высокоэнергетической механической обработки и искрового плазменного спекания»,
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности

2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Диссертационная работа Д.О. Московских посвящена актуальной теме - Исследованию и разработке новых методов получения керамических материалов на основе простых (SiC , B_4C) и комплексных соединений ($\text{SiC-Ti}_3\text{SiC}_2$, $\text{SiC-Si}_3\text{N}_4$ и SiC-HfCN , $((\text{TaTiNbZr})\text{C}$ и $(\text{TaTiNbZrX})\text{C}$, ($\text{X} = \text{Hf}$, Mo или W)). Для этой цели автор использовал комбинацию трех передовых методов: высокоэнергетической механической обработки (ВЭМО), самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и искрового плазменного спекания (ИПС). Актуальность диссертационной работы подтверждается также выполнением ее в рамках многих гос. проектов:

Перечисленные материалы, особенно многокомпонентные карбиды, представляющие класс высокоэнтропийной керамики, являются перспективными благодаря уникальному сочетанию высокой твердости, жаростойкости, сопротивления ползучести и радиационной стабильности, что делает их незаменимыми для работы в экстремальных условиях аэрокосмической техники и ядерной энергетики..

Особый интерес представляет исследование систем (Si-C , B-C), где традиционный СВС-подход затруднен из-за кинетических (Si-C) и термодинамических (B-C) причин, а применение предварительной механической активации открывает новые возможности для реализации самоподдерживающихся режимов для слабозкотермических реакций.

Важной частью диссертации является исследование закономерностей горения в многокомпонентных системах $(\text{Ta-Ti-Nb-Zr})\text{C}$ и $(\text{Ta-Ti-Nb-Zr-X})\text{C}$, ($\text{X} = \text{Hf}$, Mo или W) с целью получения высокоэнтропийных карбидов. Установление механизмов взаимодействия в системах Ta-Ti-Nb-Zr-C и Ta-Ti-Nb-Zr-X-C ($\text{X} = \text{Hf}$, Mo , W) при высокотемпературном горении, выявление роли жидкой фазы и условий формирования однофазных твердых растворов с ГЦК-структурой имеет первостепенное значение для разработки научных основ синтеза высокоэнтропийной керамики с контролируемой микроструктурой и предсказуемыми эксплуатационными характеристиками.

В работе получен ряд фундаментальных и прикладных результатов, имеющих существенную научную новизну. В частности, обнаружен эффект микроструктурной наследственности при СВС в системе Si-C , что обеспечивает сохранение наноструктуры

исходных частиц в продуктах горения. Установлены различные механизмы горения в многокомпонентных карбидных системах: показано, что введение гафния переводит процесс из жидкофазного режима в твердофазный с сохранением субмикронной структуры. Установлен многостадийный механизм окисления $(\text{Ta}_{0,2}\text{Ti}_{0,2}\text{Nb}_{0,2}\text{Zr}_{0,2}\text{Hf}_{0,2})\text{C}$ до $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, с формированием защитного слоя $\text{Ta}_2\text{Hf}_6\text{O}_{17}$, определяющий его высокую жаростойкость.

Практическая ценность работы: разработаны способы получения субмикронного порошка карбида кремния и высокоэнтропийных карбидов; получено 2 патента РФ и 1 ноу-хау.

В целом, судя по автореферату и опубликованным работам, диссертантом проделана большая и интересная работа, имеющая важное значение для выявления тонкого механизма механического воздействия на реакционноспособные гетерогенные смеси и создания новых материалов. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Результаты работы широко были доложены и обсуждены на многих всероссийских и международных форумах и опубликованы в престижных научных журналах, о чем можно судить по числу журналов из списка Scopus (26 наименований), включая журналы первого квартиля (Q1, больше 20 публикаций). h-index диссертанта - 29 (Scopus), список цитирования более 2700.

По автореферату имеются следующие замечания / пожелания.

1. На стр.15 автореферата написано: *“Оценка эффективной энергии активации процесса инициирования самоподдерживающейся химической реакции проводилась по уравнению Киссинджера на основе зависимости температуры максимального эффекта тепловыделения от скорости нагрева”*. На мой взгляд, это не совсем обосновано, так как ур. Киссинджера, строго говоря, применимо для случаев линейного нарастания температуры,
2. Было бы желательно провести технико-экономическую оценку эффективности разработанных технологий и их рентабельности.

Эти замечания, однако, имеют частный характер и не умаляют достоинства диссертационной работы, которая выполнена на высоком научном и экспериментальном уровне.

Считаю, что представленная на защиту диссертационная работа по теме: «Получение бинарных и многокомпонентных карбидов с использованием СВЧ, высокоэнергетической механической обработки и искрового плазменного спекания» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС», а ее автор, Московских Дмитрий Олегович,

заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Ведущий научный сотрудник ИХФ НАН РА

Доктор физ.-мат. наук, Специальность: 01.04.17 "химическая физика, в том числе физика горения и взрыва"

Адрес: г. Ереван 0014 ул. „П. Севака, 5/2

Харатян Сурен Левонович

«31» марта 2026 г.



Эл. почта: suren@ichph.sci.am

Тел: +374 55 583 519

Автор отзыва дает согласие на обработку персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Московских Д.О.

Подпись С.Л. Харатяна удостоверяю.

Ученый секретарь ИХФ НАН РА



Л. Седракян