

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Уваровой Ирины Александровны на тему:
«Самораспространяющийся высокотемпературный синтез высокодисперсных керамических нитридно-карбидных композиций $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$, AlN-SiC и TiN-SiC с применением азидов натрия и политетрафторэтилена», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Композиционные керамические материалы на основе карбида кремния, упрочненные нитридами алюминия, кремния и титана, обладают нетривиальным сочетанием механических, термических, химических, полупроводниковых и электромагнитных свойств, что обуславливает большие перспективы их применения в машиностроении, металлургии, химической промышленности, атомной энергетике, авиации, космонавтике, военном деле, электротехнике, электронике, фотонике, оптоэлектронике и оптических системах. В настоящее время композиты указанного класса получают, в основном, спеканием соответствующих смесей исходных керамических порошков карбида кремния с нитридами Al, Si или Ti. Такая технология подразумевает необходимость предварительной подготовки исходных смесей дисперсных порошков различного наперед заданного состава, что является сложной задачей. Перспективными в этом плане являются химические методы прямого синтеза керамических порошков внутри нужной композиции из смеси исходных, значительно более дешевых реагентов. Одним из таких перспективных методов является развиваемый в Самарском государственном техническом университете азидный процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) с использованием порошка азидов натрия NaN_3 в качестве азотирующего реагента и порошков газообразующих галогенидных солей фторидов и хлоридов. Процесс характеризуется низкими температурами горения, образованием большого количества промежуточных паро- и газообразных продуктов реакций, а также конечных побочных конденсированных и газообразных продуктов, разделяющих частицы целевых порошков, что позволяет синтезировать высокодисперсные порошки различных нитридов и карбида кремния. К числу недостатков разработанных технологий следует отнести трудность достижения расчетных теоретических фазовых составов и наличие большого количества примесей побочных фаз. Для решения указанной проблемы целесообразно при реализации СВС в целях химической активации образования карбида кремния использовать каталитическую добавку порошкового фторорганического полимера политетрафторэтилена (ПТФЭ). Однако количество исследований в этом направлении ограничено.

Изложенные выше соображения обуславливают актуальность диссертационной работы Уваровой И.А., посвященной совершенствованию процесса азидного СВС высокодисперсных композиций керамических порошков $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$, AlN-SiC , TiN-SiC за счет замены неорганических газообразующих галогенидных солей фторидов на активирующую и карбидизирующую добавку органического фторсодержащего полимера политетрафторэтилена в сжигаемых исходных смесях порошков из соответствующих элементов и азидов натрия, для получения фактического содержания синтезируемых целевых фаз в каждой композиции в соответствии с заданным теоретическим содержанием без примесей побочных фаз.

Среди наиболее значимых научных достижений автора следует отметить, прежде всего, установленную возможность использования органического фторсодержащего полимера политетрафторэтилена в азидном СВС взамен неорганических газообразующих галогенидных солей фторидов в качестве активирующей и карбидизирующей добавки в исходных смесях порошковых реагентов для синтеза высокодисперсных порошковых нитридно-карбидных композиций $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$, AlN-SiC и TiN-SiC .

ФГБОУ ВО "СамГТУ"	
" 25 " 09 2026	
Вход. № 8/н	

Отзывом отмечено. 29.09.2026

Автором обоснована возможность использования азидов натрия, разлагающегося в волне горения и связывающего фтор в менее опасную твердую водорастворимую соль NaF , удаляемую из твердых продуктов горения водной промывкой, – для нейтрализации токсичных газов фтора и фторидов кремния, выделяющихся при термическом разложении ПТФЭ и образующихся в волне горения в процессах СВС.

На основе проведенных термодинамических расчетов установлено существенное превышение адиабатических температур реакций образования нитридно-карбидных композиций с использованием ПТФЭ и азидов натрия по сравнению с реакциями с использованием галоидных солей, что обуславливает возможность протекания реакций в режиме горения. Показано, что реакции с использованием ПТФЭ сопровождаются активным образованием различных газовых фаз.

Экспериментально определены параметры горения насыпных и прессованных шихт (максимальные температуры (1960–3270 К) и давления (3,00–7,05 МПа), потери масс целевых продуктов и шихт (2,2–99,2 % и 0,11–99,0 % соответственно) в лабораторном реакторе азидного СВС в атмосфере газообразного азота при начальном давлении 3 МПа, а также фазовые составы и микроструктуры промытых продуктов горения шихт.

Положительной оценки заслуживает также практическая часть работы, связанная с совершенствованием процесса азидного СВС высокодисперсных композиций керамических порошков $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$, AlN-SiC , TiN-SiC за счет замены неорганических газообразующих галоидных солей фторидов на активирующую и карбидизирующую добавку органического фторсодержащего полимера ПТФЭ в сжигаемых исходных смесях порошков из соответствующих элементов и азидов натрия.

Установлено, что применение ПТФЭ при частичной замене технического углерода в азидной технологии СВС нитридно-карбидных композиций может значительно сокращать расход дорогого и токсичного азидов натрия. Разработаны рекомендации по организации технологического процесса азидного СВС композиций высокодисперсных порошков нитридов с карбидом кремния $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$, AlN-SiC и TiN-SiC на основе применения опытно-промышленного реактора СВС-Аз объемом 19,4 литра с учетом особенностей, связанных с использованием ПТФЭ. Результаты диссертационного исследования нашли практическое применение в Самарском государственном техническом университете при изготовлении новых бинарно армированных алломатричных композитов и новых абразивных инструментов на бакелитовой связке с синтетическими бинарными абразивными материалами.

Представленные результаты достоверны, поскольку теоретические исследования выполнялись с использованием базовых положений и фундаментальных основ современного материаловедения, химической физики и физики экстремальных состояний вещества, а экспериментальные – с применением стандартных и оригинальных методик, современной технологической и аналитической аппаратуры.

Замечания:

1. Не совсем понятно, из каких соображений были выбраны молярные соотношения нитридной и карбидной фаз, а также составы карбидизирующих смесей (с. 10, 3-й абзац сверху)?

2. На с. 14 (последний абзац) при обсуждении причин более интенсивного горения при синтезе композиций AlN-SiC с полной заменой углерода на ПТФЭ по сравнению с синтезом композиций $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-SiC}$ автор отмечает возможность образования очень большого количества различного рода нецелевых, в основном газообразных продуктов, приводящих к интенсивному разбросу твердых целевых продуктов, однако экспериментальные результаты определения состава газообразных продуктов не приводятся.

Указанные замечания не затрагивают основных положений рецензируемой работы и не сказываются на её общей положительной оценке. Диссертационная работа отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, в том числе п. 9, предъявляемым к кандидат-

ским диссертациям, а ее автор Уварова Ирина Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заслуженный деятель науки РФ,

доктор технических наук по специальности

05.16.06 – Порошковая металлургия и композиционные материалы,

профессор, профессор кафедры «Технологический инжиниринг»

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

346428, Ростовская область, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, д.132;

Тел. +7 (8635) 255 486. E-mail: dvyu56.56@mail.ru.

Я, Дорофеев Владимир Юрьевич, согласен на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации Уваровой И.А.

Дорофеев Владимир Юрьевич

Подпись д. т. н., проф. Дорофеева Владимира Юрьевича заверяю:

Учёный секретарь
ученого совета
ЮРГПУ (НПИ)



Холодкова Нина Николаевна