

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Акопджаняна Тиграна Гагиковича «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез оксинитрида алюминия в режиме фильтрационного горения при высоких давлениях азота», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Диссертационная работа Акопджаняна Т. Г. посвящена **актуальной проблеме** – созданию метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза порошков оксинитрида алюминия кубической модификации. Благодаря уникальным прочностным и оптическим свойствам  $\gamma$ -AlON занимает особое положение среди нитридных керамических материалов. Сфера его применения охватывает авиакосмическую отрасль, энергетику, электронику и другие области современной техники. Однако отсутствие эффективной технологии получения  $\gamma$ -AlON препятствует его широкому внедрению в промышленное производство. Известные методы получения порошков оксинитрида либо требуют высокочистых исходных реагентов (спекание AlN – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в атмосфере азота), либо целевой продукт содержит примеси (карботермическое восстановление Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

В работе была поставлена весьма сложная задача: разработка метода, позволяющего получить порошки оксинитрида алюминия, не содержащие примесных фаз, с регулируемым размером и формой частиц. Для ее решения автор использовал подход, предложенный А. Г. Мержановым – проведение термически и химически сопряженных процессов СВС.

Автором проведены многочисленные эксперименты по планомерному изучению влияния условий организации процесса СВС. В итоге были получены результаты, обладающие как научной новизной так и практической значимостью.

**Научная новизна** работы заключается в следующем:

1. Определены закономерности влияния основных параметров процесса горения (состава «химических печей», начального давления азота, температуры горения, начальной пористости) на химический и фазовый составы, микроструктуру продуктов горения, размер частиц оксинитрида алюминия при термически сопряженных СВС процессах. Показана возможность синтеза оксинитрида алюминия  $\gamma$ -AlON при горении смеси алюминия с оксидом алюминия с содержанием горючей составляющей ниже концентрационного предела горения. Установлено, что при термическом сопряжении СВС процессов состав и микроструктура продуктов горения зависят от начального давления газа и состава высокоэзотермичных смесей;

2. Определены факторы, влияющие на выход и морфологию однофазного  $\gamma$ -AlON при его получении в режиме химического сопряжения СВС процессов с участием перхлоратов калия и магния. Показано, что оптимальные значения содержания энергетических добавок и давления, при которых образуется монофазный оксинитрид алюминия с наибольшим содержанием азота, определяются природой металла в перхлорате;

3. Установлена зависимость параметра кристаллической решетки  $\gamma$ -AlON от количества азота. С увеличением концентрации азота в материале происходит смещение параметра кристаллической решетки в сторону его увеличения с  $a=7,945$  до  $a=7,953 \text{ \AA}$ ;

4. Установлена возможность получения оптически прозрачной керамики из СВС оксинитрида алюминия. Получена керамика со светопропусканием, достигающим  $\sim 25\%$  в среднем инфракрасном спектре (4000 нм);

5. В составе продуктов горения химической печи из бора обнаружены наноразмерные частицы нитрида бора с различной морфологией, впервые напрямую методом СВС получены нанотрубки BN. При использовании химической печи, содержащей кремний, получен нитрид кремния в виде спиралевидных жгутов из наночастиц и пучков нановолокон.

### **Практическая значимость работы:**

1. Разработан способ получения однофазного оксинитрида алюминия в ходе сопряженных СВС процессов, протекающих в режиме фильтрационного горения при высоком давлении азота;

2. Определены оптимальные технологические режимы проведения сопряженных СВС процессов, обеспечивающие 100%-ный выход  $\gamma$ -AlON;

3. Установлены технологические параметры проведения горячего прессования и свободного спекания СВС-порошков, позволяющие получать высокоплотную беспористую керамику в случае горячего прессования и оптически прозрачную керамику по методу спекания;

4. Показана возможность одновременного синтеза, наряду с целевым продуктом – оксинитридом алюминия, нанодисперсных нитридов бора, алюминия, кремния, образующихся в продуктах горения химических печей B/BN, Si/Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Al/AN;

Результаты работы вносят существенный вклад в развитие информационной базы СВС-процессов. Автором решена задача создания простой и низкочрезвычайно технологичной технологии изготовления безпримесного оксинитрида алюминия посредством организации термически и химически сопряженных процессов СВС. Полученные автором результаты масштабирования сопряженных СВС-процессов свидетельствуют о возможности промышленного применения данного способа синтеза однофазного  $\gamma$ -AlON.

При ознакомлении с работой возникли следующие замечания:

1. Вызывает сомнение заключение автора о разном характере стадии окисления алюминия перхлоратами калия и магния. Как утверждает автор, при использовании перхлората калия первая стадия заключается в окислении доли алюминия с выделением тепла, а в случае с перхлоратом магния окислению алюминия предшествует разложение перхлората. Однако известно, что первоначальным актом реакции взаимодействия перхлоратов различных металлов с алюминием является их экзотермическое разложение с выделением свободного кислорода и хлорида металла. Вероятно различия в характере

протекания процессов с участием перхлоратов калия и магния обусловлены различным тепловым эффектом разложения солей.

2. К сожалению в автореферате не приведены данные о скорости фильтрационного горения смеси алюминия с его оксидом в присутствии перхлоратов калия и магния, в связи с чем вывод о двухкратном превышении скорости горения при использовании перхлората магния не подтвержден экспериментальными данными.

Указанные замечания не являются принципиальными и не снижают научной и практической ценности работы.


Научная и практическая значимость работы подтверждается финансовой поддержкой Программы Президиума РАН № I.31 «Фундаментальные основы процессов горения и взрыва» (координатор программы академик РАН Михайлов Ю.М.) , проект «Разработка научных основ технологии получения высокотемпературной нитридной керамики целевого назначения на основе тугоплавких неорганических соединений с использованием термически и химически сопряженных реакций горения металлов с неметаллами в среде реагирующего или инертного газа»; Программы Президиума РАН № I.8 «Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов» (координатор программы академик РАН В.А. Тартаковский) , проект «Физико-химические основы создания новых керамических материалов на основе нитридной керамики с использованием ультрадисперсных и наноразмерных порошков нитридов и оксинитридов металлов и неметаллов».

По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 5 статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК и 9 тезисов докладов российских и международных конференций.

Достоверность результатов и обоснованность выводов опирается на большой экспериментальный материал и взаимодополняющие физические методы исследования, современное оборудование и программное обеспечение по проведению экспериментов и обработке полученных данных.


По объему проведенных исследований, актуальности, новизне и значимости полученных результатов, работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Акопджанян Тигран Гагикович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Доцент кафедры «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» Бийского технологического института (филиала) АлтГТУ им. И.И. Ползунова

 Сергиенко Алексей Викторович  
1 февраля 2018 г.

Сергиенко Алексей Викторович – кандидат технических наук по специальности 05.17.10 (05.17.07) (год присуждения 2003 )

Доцент кафедры «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» Бийского технологического института (филиала) АлтГТУ им. И.И. Ползунова

 Попенко Елена Михайловна  
1 февраля 2018 г.

Попенко Елена Михайловна – кандидат химических наук по специальности 05.17.10 (05.17.07) (год присуждения 1982)

Подписи А.В. Сергиенко и Е. М. Попенко заверяю.  
Ученый секретарь совета Бийского технологического института (филиала) АлтГТУ им. И.И. Ползунова, к.т.н., доцент



Е.В. Сыпин

«1» февраля 2018 г.

Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ) 659305 г. Бийск, ул. имени Героя Советского Союза Трофимова, 27 тел.(3854)432285, e-mail: info@bti.secna.ru.