

## **Отзыв**

### **официального оппонента Лемперта Давида Борисовича**

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

#### **Актуальность избранной темы**

Оксинитрид алюминия ( $\gamma$ -AlON) является одним из лучших прозрачных керамических материалов для использования в качестве оптически прозрачной брони. Помимо высокой твердости и прочности, а также высоких оптических свойств, AlON обладает хорошей химической стойкостью и стойкостью при высоких температурах. Получение порошкового сырья для производства оптической керамики классическими методами порошковой металлургии – трудоемкий и энергозатратный процесс. Разработка новых энерго- и ресурсосберегающих методов получения порошков AlON, пригодных для получения прозрачной керамики, является важной задачей, обеспечивающей актуальность диссертационной работы Акопджаняна Т.Г.

#### **Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка цитируемой литературы (144 наименования) и приложений. Общий объем работы составляет 155 страниц, в том числе 73 рисунка, 7 таблиц и 2 приложения, содержащих техническую справку, по разработке технологии получения прозрачных керамических изделий из материала AlON, полученного в рамках данной диссертации, а также содержащих акт

об использовании экспериментальных результатов исследований, проведенных в работе.

Введение диссертации включает в себя обоснование актуальности работы, формулировку ее цели и задачи, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, а также перечень основных публикаций по теме диссертации.

Первая глава диссертации посвящена литературному обзору по исследуемой теме. Стоит отметить, что в данной главе отражена не только информация по исследуемому оксинитриду алюминия, но также достаточное внимание уделено самораспространяющемуся высокотемпературному синтезу (СВС), как общему понятию, так и СВС при высоких давлениях газов.

Вторая глава посвящена материалам и методам синтеза, используемым в работе. Подробно описаны и методы анализа полученных материалов.

Третья глава включает в себя результаты по синтезу оксинитрида алюминия в режиме термически сопряженных реакций горения. В главе показано, что для проведения процесса азотирования основной смеси  $Al-Al_2O_3$  в режиме СВС необходимо наличие дополнительного источника тепла. Описано большое количество экспериментальных данных, что подтверждает достоверность результатов работы. Стоит отметить, что внимание уделено не только оксинитриду алюминия, но и продуктам горения так называемых «химических печей». В конце главы приведены выводы по ней.

Четвертая глава описывает результаты экспериментов по получению оксинитрида алюминия в режиме горения с использованием химически сопряженных СВС процессов. Хорошо прослеживаются этапы работы. Представлено большое число экспериментальных данных. Как очень важный результат следует отметить то, что наряду с исследованием влияния множества параметров процесса (состав шихты, начальное давление газа) были проведены эксперименты по его масштабированию вплоть до синтеза

400 г оксинитрида за один раз, что является надежным подтверждением возможности реального промышленного получения оксинитрида алюминия разработанным способом.

Заключительная пятая глава логически завершает работу исследованием возможности получения плотных керамических материалов. В результате работы автору удалось получить оптически прозрачную керамику из порошков, полученных методами, описанными в предыдущих главах. Данная глава подтверждает возможность использования метода СВС для получения порошков оксинитрида алюминия, пригодных для производства оптической керамики. В выводах данной главы приведены результаты спекания и горячего прессования порошков AlON.

Представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, связанную с созданием метода синтеза оксинитрида алюминия на основе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в режиме фильтрационного горения, имеющего важное значение в различных отраслях науки и практики.

### **Оценка новизны и достоверности полученных результатов**

Приведенные в диссертации результаты о закономерностях структуро- и фазообразования оксинитрида алюминия обладают несомненной научной новизной. К числу более существенных результатов диссертации следует отнести:

- Создание метода синтеза оксинитрида алюминия в режиме фильтрационного горения, с использованием термически и химически сопряженных процессов;
- Экспериментального определения влияния различных параметров процесса (включая начальное давление азота, состав шихты, различные

энергетические добавки и т.д.) на структуро- и фазообразование конечных продуктов;

– Определение оптимальных условий синтеза сырья, пригодного для получения оптически прозрачной керамики;

– Получение оптически прозрачной керамики из полученного методом СВС сырья.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов, рекомендаций и заключений**, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием современных взаимодополняющих аттестованных физико-химических методов и методик, в частности: рентгенофазовым анализом, сканирующей электронной микроскопией, химическим анализом и других методик.

Отраженные в диссертации научные положения соответствуют области исследования специальностей 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

### **Практическая значимость результатов**

Практическая значимость результатов заключается в создании метода синтеза порошков оксинитрида алюминия высокой чистоты, пригодных для получения оптически прозрачной керамики, а также подтверждение возможности ее получения из синтезированного сырья.

### **Замечания по диссертационной работе**

Могу отметить лишь очень мелкие недостатки. Это синтаксические ошибки (отсутствие запятых в некоторых местах и наличие излишних в других), которые я не считаю нужным перечислять (их совсем немного), технические ошибки, например "..отмечено снижение скоростей горения снижается с ростом давления". Иногда употребляются жаргонные выражения, например, " Низкие исходные значения данных элементов ". Есть

небольшое количество опечаток, которые я тоже не считаю нужным указывать конкретно.

Есть, на мой взгляд, не совсем корректные термины, например, утверждение о том, что «химическая печь служит для переноса дополнительного тепла». Она служит для **создания** тепла, а не для переноса. То же касается и фразы "РФА анализ продуктов горения смесей с  $\text{KClO}_4$  показал, что образуется однофазный  $\gamma\text{-AlON}$ . При этом побочным продуктом также является  $\text{KCl}$ ". Конечно,  $\text{KCl}$  является нежелательной примесью в целевом продукте, но он никак не побочный продукт. Я считаю, что фраза в автореферате "Химический анализ показал максимальное содержание хлора  $\leq 0,15\%$  при начальном давлении 60 МПа, что говорит о более полном испарении хлорида магния в сравнении с хлоридом калия, что может быть связано с гигроскопичностью перхлората магния" некорректна. Хлорид магния в присутствии воды (и не только той, которая присутствует в виде примеси в перхлорате магния, гидролизует, образуя  $\text{HCl}$ , он-то и улетает первым из конденсированной фазы. Правда, в тексте самой диссертации достаточно досконально анализируется причина отличия поведения систем с  $\text{KClO}_4$  и  $\text{Mg}(\text{ClO}_4)_2$ .

Тем не менее, указанные недостатки и замечания ни в коей мере не снижают ценности полученных результатов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на 9 научно-технических конференциях, в том числе с международным участием, и опубликованы в 5 научных трудах соискателя в реферируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК. Структура диссертационной работы Акопджаняна Т.Г. в полной мере раскрывает содержание. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

### Заключение

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что

представленная диссертационная работа Акопджаняна Тиграна Гагиковича «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез оксинитрида алюминия в режиме фильтрационного горения при высоких давлениях азота» удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Акопджанян Тигран Гагикович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Официальный оппонент

Заведующий лабораторией термодинамики высокотемпературных процессов  
ФГБУН Институт проблем химической физики Российской академии наук

кандидат химических наук

Д.Б. Лемперт

«31» января 2018 г.

Лемперт Давид Борисович

Кандидат химических наук

Заведующий лабораторией термодинамики высокотемпературных процессов  
ФГБУН Институт проблем химической физики Российской академии наук  
142432, Московская область, г. Черноголовка, пр. Академика Семенова, 1.  
8 (496) 522 25 95. [lempert@icp.ac.ru](mailto:lempert@icp.ac.ru)

«Подпись Д.Б. Лемперта заверяю»

Ученый секретарь ФГБУН Институт проблем химической физики РАН

Доктор химических наук



*Б.Л. Психа*

Б.Л. Психа