

УДК 621.762

## СВС НАНОПОРОШКА НИТРИДА АЛЮМИНИЯ ИЗ СМЕСИ «AL + (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> + NaN<sub>3</sub>»

© Уварова И.А., Титова Ю.В., Майдан Д.А.

e-mail: mr.simple2@mail.ru

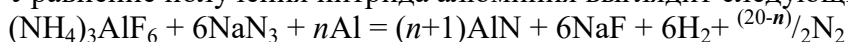
Самарский государственный технический университет,  
г. Самара, Российская Федерация

Нитрид алюминия является единственным техническим керамическим материалом, который обладает чрезвычайно интересным сочетанием крайне высокой теплопроводности и отличных изоляционных свойств. Этими свойствами обусловлено широкое применение AlN в энергетике и микроэлектронике, а также в качестве армирующей фазы в алюмоматричных композиционных материалах. Высокодисперсный порошок AlN трудно получить с помощью обычного механического измельчения, поэтому было разработано большое количество химических и физико-химических методов его получения, таких как прямое азотирование, плазмохимический синтез, карботермический синтез, химическое осаждение из газовой фазы, взрыв алюминиевой проволоки и др. [1-5]. Однако из-за большого энергопотребления, сложного оборудования, высокой стоимости сырья, большинство из этих методов не используется для производства нано- и ультрадисперсного порошка AlN.

В связи с этим несомненный интерес представляет технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), характеризующаяся малым энергопотреблением, простым малогабаритным оборудованием, возможностью использования недорогого сырья [6]. Для решения задачи получения нанопорошка AlN по ресурсосберегающей технологии СВС перспективно использование такого ее варианта как азидная технология СВС, которая основана на использовании азида натрия (NaN<sub>3</sub>) и галоидных солей. Среди неорганических галоидных солей, которые могут быть использованы в системах СВС-Аз (AlF<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, K<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>), наибольшего внимания заслуживает комплексная соль галогенида азотируемого элемента – гексафторалюминат аммония.

Целью данной работы является исследование возможности получения микро- и наноразмерного порошка нитрида алюминия по технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с использованием азида натрия и галоидной соли (NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>.

Уравнение получения нитрида алюминия выглядит следующим образом:



Количество алюминия в исходной смеси варьировали от 0 до 20 молей. На рисунках 1 и 2 представлены результаты термодинамического анализа горения смеси «(NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> + 6NaN<sub>3</sub> + nAl» при различном содержании Al.

В таблице представлены результаты количественного рентгенофазового анализа продуктов горения смеси «(NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> + 6NaN<sub>3</sub> + nAl».

Таблица. Соотношение фаз в промытых продуктах горения

Содержание Al, <i>n</i> , моль	AlN, масс. %	Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub> , масс. %
0	39,0	61,0
10	80,5	19,5
20	95,0	5,0

На рисунке представлены результаты микроструктурного анализа продуктов горения смеси  $\langle(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6 + 6\text{NaN}_3 + n\text{Al}\rangle$ .

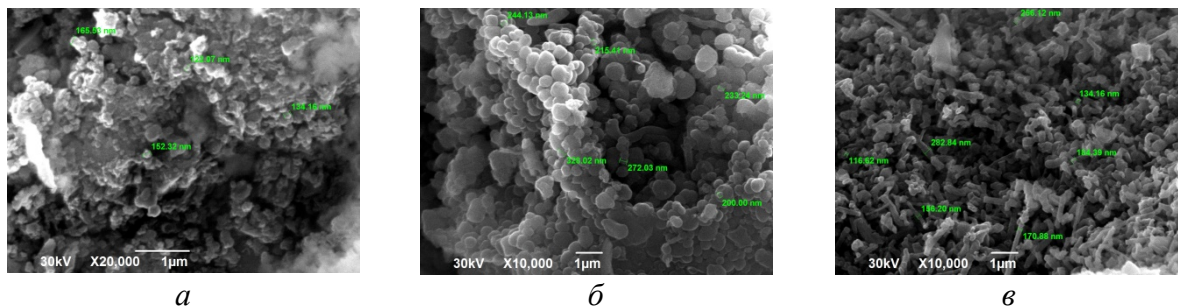


Рис. Морфология частиц порошков  $\text{AlN}$ , синтезированных из различных смесей:  
а)  $m = 0$ , б)  $m = 10$ , в)  $m = 20$

Из представленных данных видно, что при варьировании соотношения исходных компонентов изменяется не только содержание целевой фазы  $\text{AlN}$ , но и размер и морфология частиц порошка нитрида алюминия. В отсутствие энергетической добавки порошка  $\text{Al}$  продукт горения представляет собой агломераты равноосных наночастиц размером около 100 нм. При содержании  $\text{Al}$  в шихте в количестве 10 молей,  $\text{AlN}$  представляет собой ультрадисперсные частицы сферической формы, диаметром 200-400 нм. При увеличении содержания  $\text{Al}$  до 20 молей, синтезируется в виде ультрадисперсных волокон диаметром 100-300 нм и длиной до 3 мкм. Это обусловлено увеличением температуры и скорости горения смесей с увеличением содержания  $\text{Al}$ .

### Библиографический список

1. Ремпель А.А. // Успехи химии. 2007. № 76(5). С. 474.
2. Kim K. // Journal of Crystal Growth. 2005. V. 283. P. 540.
3. Wu N., Tsai M., Wang M., Liu H. // Journal of Crystal Growth. 2000. V. 208. P. 189.
4. Wang H.L., Lv H.M., Chen G.D., Ye H.G. // Journal of Alloys and Compounds. 2009. V. 477. P. 580.
5. Бекетов И.В. // Вторая Всероссийская конференция по наноматериалам «НАНО 2007» (13-16 марта 2007 года, Новосибирск). 2007. С. 109.
6. Амосов А.П., Бичуров Г.В. Азидная технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза микро- и нанопорошков нитридов. М.: Машиностроение-1, 2007. 526 с.