

СИНТЕЗ НИТРИДОВ ME_2N ЭЛЕМЕНТОВ ПЯТОЙ ГРУППЫ ПОБОЧНОЙ ПОДГРУППЫ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛООВОГО ВЗРЫВА В ВОЗДУХЕ СМЕСЕЙ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ПЕНТАОКСИДАМИ

А.О. ЧУДИНОВА, А.П. ИЛЬИН

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: chudinova.1509@mail.ru

Тугоплавкие нитриды представляют большой интерес для материаловедения: изготовление режущего инструмента, получение керамики, наномерных полимеров [1]. Большинство из этих тугоплавких нитридов (V_2N , Nb_2N , Ta_2N , Si_3N_4 , AlN и др.) имеют высокие температуры плавления, который составляют около $3000\text{ }^\circ\text{C}$. Нитриды могут использоваться практически во всех технологических областях [2]: в микроэлектронике, аддитивных технологиях, оптике, медицине и т.п.

Нитриды ванадия, ниобия и тантала были получены синтезом сжигания в режиме теплового взрыва. Характерной особенностью процесса является распространение тепловой волны, которая проходит через весь образец, при этом образуя нитриды металлов [3]. Температура во фронте волны горения может достигать высоких значений ($2000\text{--}4000\text{ }^\circ\text{C}$).

Исследовано влияние состава смесей нанопорошка алюминия с V_2O_5 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 на процесс нитридообразования и состав продуктов горения в воздухе. Для расчета четырех параметров активности исходных смесей нанопорошка алюминия с V_2O_5 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 использовали дифференциальный термический анализ (ДТА) [4], т.е. для проверки смесей на пирофорность. Методом рентгенофазового анализа (РФА) [5], с использованием дифрактометра «Дифрей-401» был изучен фазовый состав продуктов сгорания смесей нанопорошка алюминия с пентаоксидами ванадия, ниобия и тантала.

Из полученных данных, рисунок 1, а) видно, что в образце, содержащем пентаоксид ниобия, выход нитрида составляет $Nb_2N = 42,7$ отн. %. При этом в образце присутствует кристаллическая фаза $Al_2O_3 = 31,6$ отн. % и невосстановленный $Nb_2O_5 = 45,9$ отн. %. Согласно штрих-рентгенограмме (рис. 1, б) видно, что рефлексу интенсивностью 100 % соответствует рефлекс фазы $Ta_2N = 63,1$ отн. %.

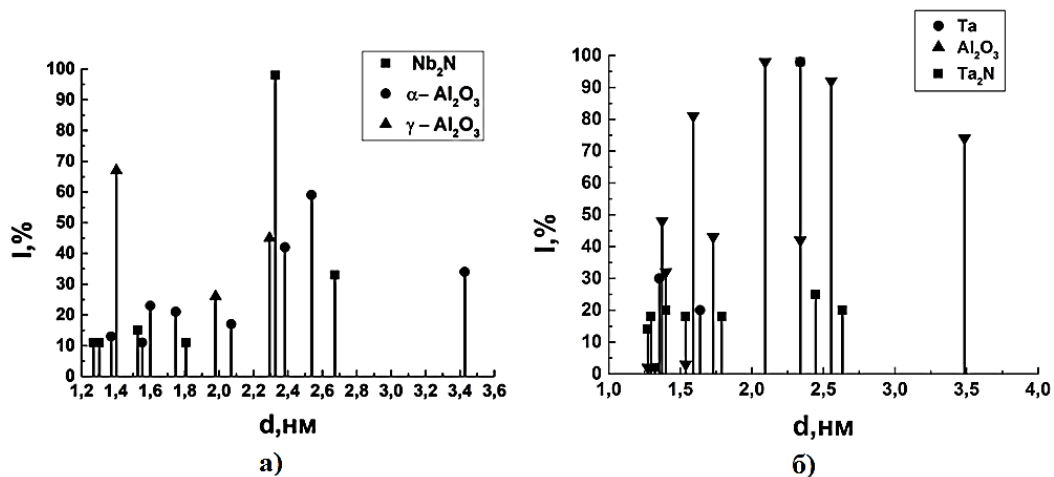


Рисунок 1 - Штрих-рентгенограммы продуктов сгорания в воздухе смесей нанопорошка алюминия: а) с пентаоксидом ниобия; б) с пентаоксидом тантала

Сжиганию подвергалась смесь нанопорошка алюминия с пентаоксидом ванадия. В отличие от предыдущих смесей навеска была представлена в виде ленты длиной $l = 25$ см. В полученном продукте сгорания была идентифицирована кристаллическая фаза нитрида

ванадия (V_2N). Выход данного нитрида V_2N в продукте сгорания смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом ванадия, согласно рентгенофазовому анализу, рисунок 2, достигает $V_2N = 61,0$ отн. %.

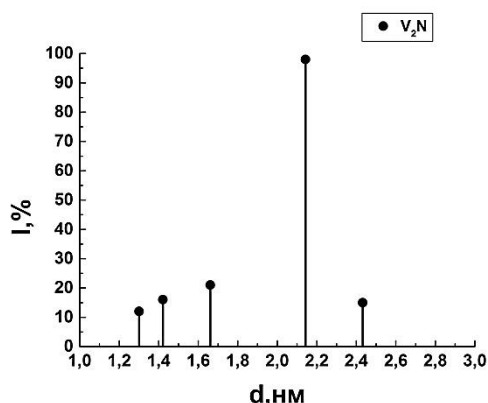


Рисунок 2 - Штрих-рентгенограмма продукта сгорания в воздухе смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом ванадия

Процесс горения смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом ванадия имел особенность по сравнению с горением образцов, содержащих оксиды ниобия и тантала. В случае конической формы навески нитриды образовались из-за резкого увеличения температуры и скорости горения. В случае навеска в форме ленты, температура и скорость горения снижалась, что послужило сохранению нитрида ванадия.

Таким образом, химическое связывание азота воздуха играет большую роль в нитридообразовании, так как определяет состав продуктов сгорания и синтеза тугоплавких нитридов металлов. Выход нитридов ниобия и тантала в продуктах сгорания смесей нанопорошка алюминия с пентаоксидами ниобия и тантала, согласно рентгенофазовому анализу, достигает $Nb_2N = 42,7$ отн. % и $Ta_2N = 63,1$ отн. %.

При горении в воздухе смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом ванадия в режиме теплового взрыва в составе продуктов сгорания содержится кристаллическая фаза нитрида ванадия, содержание которой достигает $V_2N = 61,0$ отн. %.

Работа выполнена при поддержке Государственного задания «Наука», проект № 11.1928.2017/4.6.

Список литературы

1. Nobuzo Terao. Structure des Nitrides de Niobium. Japanese Journal of Applied Physics. V.64, N.5. 1965. pp. 353-367.
2. Said Laassiri, Constantinos D. Zeinalipour-Yazdi, C. Richard A. Catlow, Justin S. J. Hargreaves. Nitrogen transfer properties in tantalum nitride based materials // School of Chemistry, University of Glasgow, Glasgow. Catalysis Today, Volume 286, 15 May 2017, Pages 147-154.
3. Химия синтеза сжиганием / под ред. М. Коидзуми // пер. с японск. – М.: Мир, 1998.
4. Уэндландт У. Термические методы анализа. – М.: Мир, 1978. – 218 с.
5. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. – М.: МГУ, 1976. – 232 с.