

СИНТЕЗ Ta₂N СЖИГАНИЕМ В ВОЗДУХЕ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ПЕНТАОКСИДОМ ТАНТАЛА

С.В. Ивахнюк

Научный руководитель: проф. А.П. Ильин
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: sofyu_viktorovna_1993@mail.ru

В настоящее время активно развивается технологическое производство нитридов и нитридной керамики. Нитрид тантала (Ta₂N) представляет интерес для обрабатывающей промышленности, в частности, как компонент в режущем инструменте, для обработки металлов и сплавов. Актуальность связана с поиском удобной и менее энергозатратной технологии получения нитрида тантала.

Цель данной работы заключается в экспериментальном обосновании условий получения нитрида тантала с максимальным выходом при сгорании нанопорошка алюминия с пентаоксидом тантала в воздухе.

Ключевые слова: нанопорошок алюминия, нитрид тантала, продукты сгорания, рентгенофазовый анализ, параметры химической активности, синтез сжиганием, дифференциально-термический анализ

Введение

В настоящее время предъявляются высокие требования к материалам: они должны выдерживать эксплуатацию при высоких температурах и давлениях, быть устойчивыми в химически агрессивных средах. Керамика на основе нитрида тантала представляет интерес в различных областях науки и техники: для радиофизики, микроэлектроники, для металлообработки в машиностроении и т. д. Получение нитрида тантала осуществляется различными способами: электролитический, плазмохимический, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) и др., которые имеют ряд недостатков связанных с необходимостью использования сложного оборудования и высокого давления в процессе синтеза покрытий. При этом также необходим азот высокой чистоты. Продукты синтеза представляют собой плотно спеченные материалы, поэтому их обычно измельчают в шаровых мельницах. Все это приводит к высоким энергозатратам. Разрабатываемый в Томском политехническом университете синтез нитридосодержащих керамических порошков сжиганием в воздухе порошкообразных металлов [3, 4] имеет ряд преимуществ, в сравнении с промышленными способами и СВС.

Методика эксперимента и характеристики исследований

В качестве объектов исследования использовали грубодисперсные порошки оксида тантала (Ta₂O₅) марки «чда», а также нанопорошок алюминия (НПА), полученный с помощью электрического взрыва проводников в аргоне. НП были получены в опытно-промышленной установке УДП-4Г, Томского политехнического университета [9].

Для выполнения качественного и количественного фазового анализа использовали дифрактометр ДРОН-3,0 [10]. Диапазон сканирования углов составлял 20–90 град. В работе применяли излучение медной трубки Cu_{Kα}. Для идентификации кристаллических фаз использовали картотеку JCPDS-ICDD.

Дифференциальный термический анализ [10] (ДТА) проводили с использованием термоанализатора SDT Q600 Научно-аналитического центра ТПУ. Исходные смеси нанопорошка алюминия с оксидом тантала проверяли на пирофорность путем расчета по ДТА четырех параметров активности [10]: температура начала окисления ($t_{н.о.}$), максимальная скорость окисления (V_{max}), степень окисленности (α), приведенный тепловой эффект (ΔH). Все приготовленные смеси имеют температуру начала окисления выше 400 °С, поэтому не пирофорны [8-9].

Всего приготовлено 4 образца соотношение Ta₂O₅:Al=2:1;3:1;4:1;5:1. Нанопорошок без добавок использовали в качестве образца сравнения.

Результаты экспериментов

Для проверки нанопорошка алюминия и его смесей с оксидом кальция на пирофорность была исследована их термическая устойчивость. Параметры активности смесей НП Al и оксида тантала представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры активности смесей НП Al и оксида тантала

№ образца	$t_{н.о.}$, °С	α , %	V_{max} , мг/мин
1	450	88,79	0,037
2	420	88,88	0,029
3	420	89,06	0,040
4	510	88,89	0,038

Все приготовленные смеси имели температуру начала окисления выше 400 °С, поэтому не пирофорны. α практически не менялось, V_{max} для образца № 3 скорость максимальна, она мало отличается от образца № 4, но в 1,5 раза выше чем для образца № 2.

Согласно рентгенофазовому анализу в состав промежуточных продуктов горения исследуемых смесей входят Ta_2N , $AlTaO_4$, Al_2O_3 . На рисунке 1 представлена рентгенограмма образца № 3. Согласно рентгенофазовому анализу в состав промежуточных продуктов горения смеси № 3 входят Ta_2N , Ta_2O_5 , Al_2O_3 . Из рентгенограммы видно, что Ta_2N соответствует 100% рефлекс. Выход нитрида тантала Ta_2N максимален в образце, исходный состав которого $Ta_2O_5:Al$ равен 4,0:1,0. Рентгенограмма образца с максимальным выходом нитрида тантала представлена на рисунке 1.

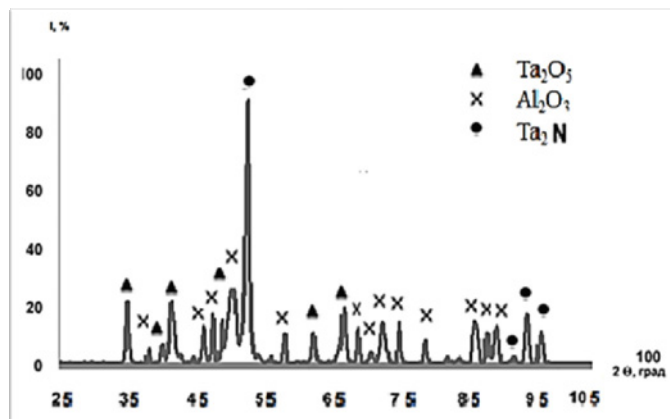


Рис. 1. Рентгенограмма продукта сгорания смеси № 3

Выводы

1. По результатам определения параметров активности установлено, что смеси нанопорошка алюминия с оксидом тантала не пирофорны и не взрывоопасны: температура начала окисления выше $400^{\circ}C$
2. Впервые синтезирован нитрид тантала (Ta_2N) при горении в воздухе смесей НПА1 с оксидом тантала Ta_2O_5 .
3. Выход нитрида тантала Ta_2N максимален в продуктах сгорания третьего образца, исходное соотношение $Ta_2O_5:Al = 4,0:1,0$

Список литературы

1. Григорович В.К, Шефтель Е.Н.. Дисперсионное упрочнение тугоплавких металлов. – М. : Наука, 1980. – 305 с.
2. Ильин А.П., Проскуровская Л.Т. Двухстадийное горение ультрадисперсного порошка алюминия на воздухе // Физика горения и взрыва. – 1990. – Т. 26, № 2. – С. 71–74.
3. Химия синтеза сжиганием / пер. с яп. ; под ред. М. Коидзуми. – М. : Мир, 1998. – 247 с.
4. Ильин А.П., Громов А.А., Толбанова Л.О. Явление химического связывания азота воздуха с образованием кристаллических фаз нитридов при горении порошкообразных металлов, бора и кремния // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 4. – С. 13–18.
5. Громов А.А., Хабас Т.А., Ильин А.П. Горение нанопорошков металлов. – Томск : Дельтаплан, 2008. – 382 с.