

СИНТЕЗ Ta₂N СЖИГАНИЕМ В ВОЗДУХЕ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ПЕНТАОКСИДОМ ТАНТАЛА

С.В. ИВАХНЮК

Научный руководитель: профессор А.П. Ильин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

sofya_viktorovna_1993@mail.ru

Аннотация:

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 [1].

Цель данной работы заключалась 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 металлообработки в машиностроении для радиофизики, микроэлектроники и т. д. Получение нитрида тантала осуществляется различными способами: электролитическими, плазмохимическими, с помощью самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и др., которые имеют ряд недостатков, связанных с необходимостью использования сложного оборудования, высокого давления и азота высокой чистоты в процессе синтеза. Продукты синтеза представляют собой плотно спечённые 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 смесей нанопорошка алюминия с оксидами металлов [2] имеет ряд преимуществ, в сравнении с промышленными способами и СВС: процессы осуществляются при атмосферном давлении и в качестве реагента используется азот воздуха.

Методика эксперимента и характеристики исследований:

В качестве объектов исследования использовали грубодисперсные порошки оксида тантала (Ta₂O₅) марки «чда», а также нанопорошок алюминия (НПА1), полученный с помощью электрического взрыва проводников в аргоне. НПА1 был получен с использованием опытно-промышленной установки УДП-4Г в Томском политехническом университете.

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

Дифференциальный термический анализ (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: температура начала окисления ($t_{н.о.}$), максимальная скорость окисления (V_{max}), степень окисленности (α), удельный тепловой эффект (ΔH).

Всего приготовлено 4 образца со следующим соотношением компонентов: $Ta_2O_5:Al=2:1;3:1;4:1;5:1$. Нанопорошок без добавок использовали в качестве образца для сравнения.

Результаты экспериментов

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

Таблица – Параметры активности смесей НПАИ и оксида тантала

№ образца	$t_{н.о.}, ^\circ C$	$\alpha, \%$	$V_{max}, \text{МГ/МИН}$
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 $400^\circ C$, 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. Все приготовленные смеси имели температуру начала окисления выше $400^\circ C$, поэтому не пирофорны.

Согласно рентгенофазовому анализу в состав промежуточных продуктов горения исследуемых смесей входят Ta_2N , $AlTaO_4$, Al_2O_3 . На рисунке представлена рентгенограмма образца № 3. Согласно рентгенофазовому анализу в состав промежуточных продуктов горения смеси № 3 входят Ta_2N , Ta_2O_5 , Al_2O_3 . Рентгенограмма образца с максимальным выходом нитрида тантала представлена на рисунке.

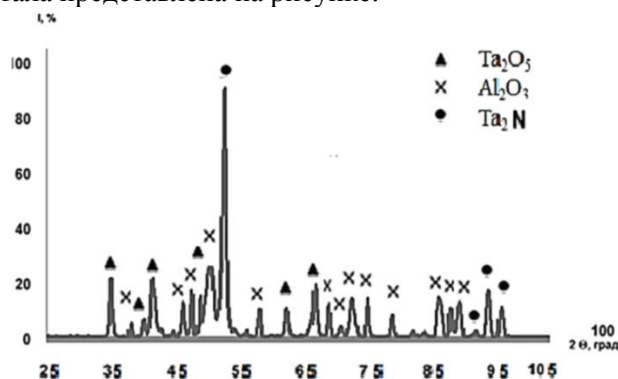


Рисунок – Рентгенограмма продукта сгорания смеси №3

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.

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. Синтезирован нитрид тантала (Ta_2N) при горении в воздухе смесей НПАИ 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. Nobuzo Terao. Structure des Nitrures de Tantale. Jap.J. of Applied Physics, vol.6, No.1, 1967, p. 21 – 34
2. Горение нанопорошков металлов / А.А. Громов, Т.А. Хабас, А.П. Ильин. – Томск: Дельта-план, 2008. – 382 с.