

ПРОДУКТЫ СГОРАНИЯ В ВОЗДУХЕ СМЕСЕЙ НАНОПОРОШКА АЛЮМИНИЯ С ПЕНТАОКСИДОМ НИОБИЯ

А.О. ЧУДИНОВА, А.П. ИЛЬИН
Томский политехнический университет
Институт физики высоких технологий
E-mail: chudinova.1509@mail.ru

SYNTHESIS OF NIOBIUM NITRIDE BY COMBUSTION OF MIXTURE OF NIOBIUM PENTOXIDE AND ALUMINIUM NANO POWDER IN AIR

A.O. CHUDINOVA, A.P. ILYIN
Tomsk Polytechnic University
Institute of High Technology Physics
E-mail: chudinova.1509@mail.ru

Annotation. Development of new methods for synthesis of nitrides is currently relevant because these nitrides, and nitrides of other metals are commonly used in industry.

Введение

При сгорании нанопорошка алюминия в воздухе конечные продукты содержат более 30 мас. % нитрида алюминия, что не соответствует термодинамическим расчетам: нитрид должен доокисляться. Исследование продуктов сгорания нанопорошка алюминия в воздухе с добавкой пентаоксида ниобия показало, что в продуктах сгорания стабилизируются соответствующие нитриды. Образование нитридов из оксидов при горении нанопорошка алюминия предполагает восстановление оксидов, по крайней мере, до субоксидов алюминием при высокой температуре с последующим взаимодействием субоксидов (металлов) с азотом воздуха и образованием нитридов.

В последнее время, было принято много усилий к синтезу нитридов из-за их фундаментальных и технологических значений. [1]. По сравнению с оксидами, они имеют некоторые превосходные свойства, такие как высокую твердость, высокую температуру плавления, высокие электронные свойства. Например, VN имеет множество экстремальных свойств, таких как высокая химическая инертность, а также теплопроводность и высокую диэлектрическую прочность, что делает его уникальным материалом для многих областей применения [1,2]. Он широко используется в качестве отличного катализатора для гидроочистки реакций.

Большинство переходных металлов образуют промежуточные нитриды, стабильность которых уменьшается с увеличением атомного номера металла в каждом периоде [5]. Разнообразие в химической связи также находит свое отражение в его свойствах [1,4].

Процесс синтеза сгорания использует сильно экзотермическую реакцию с образованием различных керамических, металлических и композиционных материалов. Экзотермический химический процесс, протекающий в автоволновом режиме типа горения в смесях порошков, и приводящий к образованию полезных конденсированных неорганических продуктов, называется самораспространяющимся высокотемпературным синтезом (СВС). СВС представляет собой режим протекания экзотермической реакции, в котором тепловыделение локализовано в узком слое и пе-

редается от слоя к слою путём теплопередачи [9]. Полученный в результате продукт сгорания может быть в виде порошка или плотной прессовки. Чистота полученного порошка продукта в значительной степени зависит от чистоты исходных реагентов. Продукт может быть раздроблен, измельчен, очищен или его могут классифицировать в зависимости от конечного применения продукта [3].

Нитрид ниобия представляет собой соединение ниобия и азота (NbN). При низких температурах (около 16 К), нитрид ниобия становится сверхпроводником, и используется в детекторах для инфракрасного света. Основное использование нитрида ниобия является - сверхпроводник. Детекторы на его основе могут обнаружить один фотон в разделе 1-10 микрометров инфракрасной области спектра, что имеет важное значение для астрономии и телекоммуникаций. Он может обнаружить изменения до 25ГГц.

Целью данной работы является изучение содержания промежуточных продуктов горения в воздухе из нанопорошка алюминия с добавлением порошка пентаоксида ниобия. Ранее было показано, что при сгорании смесей нанопорошка алюминия с диоксидами элементов IV группы побочной подгруппы образовывались соответствующие нитриды (MeN). Это является следствием восстановления диоксидов и взаимодействия продуктов восстановления с азотом воздуха.

Цель работы: определение параметров активностей продуктов сгорания в воздухе смесей нанопорошка алюминия с добавками пентаоксида ниобия.

Методы исследования. Для расчетов параметров химической активности смесей использовали дифференциально-термический анализ.

Результаты эксперимента

Исследуемые смеси на основе нанопорошка алюминия, производимого из алюминия методом электрического взрыва проволоки (ЭВП) в газовой среде аргона. Нанопорошки были изготовлены на установке УДП-4Г в Институте физики высоких технологий НИ ТПУ. Схема установки приведена на рисунок 1.

Порошки для исследования получали взрывом проволок диаметром 0,3 мм длиной 60 мм в среде аргона. Величина введенной в проводник энергии составила 1,5 энергии его сублимации при напряжении 26 кВ. Содержание примесей металлов в исходном проводнике алюминия составляло 0,3 мас. %. Полученные НП пассивировали в среде аргона при медленном окислении малыми добавками воздуха.

При нагревании в воздухе, согласно дифференциально-термическому анализу (ДТА) (рисунок 2), НП алюминия проявляет высокую активность в сравнении с другими, используемыми в данной работе порошками. В то же время, частицы НП алюминия защищены достаточно плотной и термически устойчивой оксидно-гидроксидной оболочкой.

Для изучения продуктов сгорания исследуемого НП алюминия образец массой 4 г был сожжен в воздухе. [6].

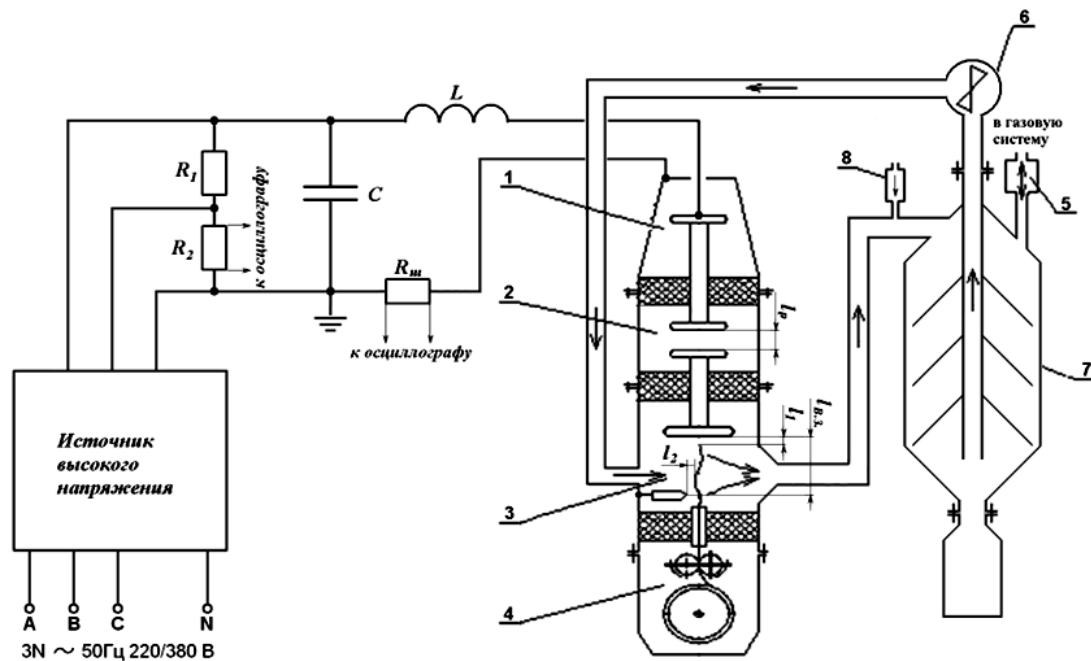


Рисунок 1 – Схема установки УДП-4: 1 - высоковольтный ввод, 2 - коммутатор, 3 - реактор, 4 - устройство подачи проволоки, 5 - фильтр напуска и забора газа, 6 – вентилятор, 7 – устройство улавливания порошка

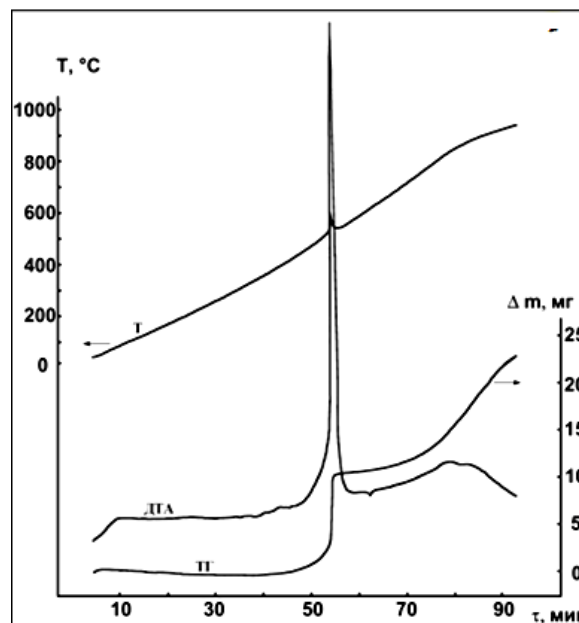


Рисунок 2 – Термограмма нанопорошка алюминия

В эксперименте использовали промышленный порошок пентоксида ниобия с содержанием пентоксида ниобия в порошке более чем 99 мас.% со средним размером частиц приблизительно 20-40 микрон.

Дифференциальный термический анализ (ДТА). Термический анализ изучаемых образцов проводили с использованием термоанализатора Q600 STD Научно-аналитического центра Томского политехнического университета [7].

Для изучения активности нанопорошка алюминия использовали 4 параметра:

1. Температура начала окисления;
2. Максимальная скорость окисления (V_{max});
3. Степень окисления (α);
4. Удельный тепловой эффект теплоотдача (H).

Смеси нанопорошка алюминия и пентаоксида ниобия подвергались термическому анализу, на основе которого были определены четыре параметра активности, необходимые для оценки устойчивости к окислению и к химическому воздействию компонентов (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры активности продуктов сгорания смеси нанопорошка алюминия с пентаоксидом алюминия

№ образца	Composition Nb ₂ O ₅ :Al NP	T _{o.s.} , °C	V _{max} , 10 ⁻⁴ mg/s	α , % (660°C)	ΔH_1 , J/g	α , % (1000°C)	ΔH_2 , J/g
1	1:03	425	2,54	0,3785	1425	0,8247	578,2
2	1:04	430	1,77	0,1850	804,4	0,3569	276,4
3	1:05	445	2,99	0,2151	1081	0,4322	446,4
4		390	31,67	0,2766	3811	0,5773	1959

Сжигание смесей НП алюминия с Nb₂O₅ производилось в свободно насыпанном состоянии на воздухе. Компонентный состав смесей и визуально фиксируемые особенности горения отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Описание процесса горения смесей Nb₂O₅ - НП Al

Содержание компонентов (Nb ₂ O ₅ - НП Al) мас. г	Характер горения	Хронометраж процесса горения
3,33-0,67	Горит медленно, но различаются две стадии	1-я стадия 0 с 2-я стадия – 0,05 с (начало) 2-я стадия – 0,20 с (завершение) Общее время горения – 0,30 с
3,07-0,93	Горит очень ярко в две стадии	1-я стадия 0 с 2-я стадия – 0,09 с (начало) 2-я стадия – 0,29 с (завершение) Общее время горения – 0,38 с
2,90-1,10	Горит в две стадии. Над порошком факел (искрит)	1-я стадия 0 с 2-я стадия – 0,02 с (начало) 2-я стадия – 0,15 с (завершение) Общее время горения – 0,17 с
2,66-1,34	Горит в одну стадию, очень ярко	1-я стадия 0 с Время свечения – 0,06 с Общее время горения – 0,11 с

Заключение

При нагревании в воздухе, согласно дифференциально-термическому анализу (ДТА) (рисунок 2), НП алюминия проявляет высокую активность. Сжигание сме-

сей НП Al с Nb₂O₅ производились в свободно насыпанном состоянии на воздухе. Анализ данных приведенных в таблица 2 показывает, что с увеличением содержания алюминия в смеси Nb₂O₅ - НП Al сокращается время свечения при горении.

Список литературы

1. Y. Guojun, C. Guangde, L. Huiming Solid-state metasyntesis and characterization of AlN nanocrystals International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 26 (2008), pp. 5–8.
2. Назаренко О.Б. Электровзрывные нанопорошки: получение, свойства, применение / Под ред. А.П. Ильина. Томск: Изд-во Том. политех. ун-та, 2005. 148 с.
3. Громов А.А., Хабас Т.А., Ильин А.П. и др. Горение нанопорошков металлов / Под ред. А.А. Громова. Томск: Дельтаплан, 2008. 382 с.
4. Лернер М.И. Электровзрывные нанопорошки неорганических материалов: технология производства, характеристики, области применения / Дисс. д.т.н., Томск: ТПУ, 334 с, 2007 г.
5. Роот Л.О., Ильин А.П., Звягинцева Е.С. Зависимость выхода нитрида алюминия от массы навески и давления воздуха при горении нанопорошка алюминия. - Известия Томского политехнического университета - №3. 2013г.
6. Громов А.А., Ильин А.П., Дитц А.А. и др. Физика и химия горения нанопорошков металлов в азотсодержащих средах – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. - 332 с.
7. Уэндландт У. Термические методы анализа. - М.: Мир, 1978. -218 с.
8. Боборыкин В.М., Гремячкин В.М. и др. О влиянии азота на горение алюминия // Физика горения и взрыва. 1983. №3. С. 22-29.
9. Мержанов А.Г.. «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. Современные проблемы». Физическая химия. М. «Химия» 1983 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТАЛИ Fe-C-Cr-Ni-W, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

ПАНЬ ЛЭЙ^{1,2}, ШПАРКОВИЧ А.А.², БОЛЬШУНОВА А.Б.², ВАУЛИНА О.Ю.², ТУРУНТАЕВ И.В.³

¹Шэньянский политехнический университет,

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

³ООО "Куранты" г. Москва

E-mail: kolgay@tpu.ru

INVESTIGATION OF STRUCTURE STEEL FE-C-CR-NI-W, OBTAINED BY POWDER METALLURGY

PAN LEY^{1,2}, SHPARKOVICH A.A.², BOLSHUNOVA A.B.², VAULIN O.YU.², TURUNTAEV I.V.³

¹China Shenyang Polytechnic University,

²National research Tomsk Polytechnic University,

Company "Kuranty", Moscow

Annotation. The paper presents the results of investigations of austenitic stainless steel obtained by powder metallurgy. Metallographic investigations were conducted and determined the average pore size of