

Influence of zirconia on thermal parameters SHS in the Ni-Al system
Aliev A.¹, Sannikov D.², Evseev F.³, Bogdanova E.⁴
Влияние оксида циркония на теплофизические параметры процесса СВС
в системе Ni-Al

Алиев А. Э.¹, Санников Д. В.², Евсеев Ф. А.³, Богданова Е. В.⁴

¹Алиев Азим Энверович / Aliev Azim - студент;

²Санников Дмитрий Валерьевич / Sannikov Dmitriy - студент;

³Евсеев Фёдор Александрович / Evseev Fedor - студент;

⁴Богданова Екатерина Владимировна / Bogdanova Ekaterina - студент,

кафедра физики и общетехнических дисциплин,

Институт технических систем и информационных технологий

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Аннотация: в статье исследована зависимость теплофизических параметров процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, скорости и температуры от массовой доли инертной добавки оксида циркония в системе Ni-Al.

Abstract: in the article the dependence of thermal parameters of the process of SHS, speed and temperature of the mass fraction of zirconium oxide inert additives in Ni-Al system.

Ключевые слова: температура, скорость, инерт, порошки, самораспространяющийся высокотемпературный синтез.

Keywords: temperature, speed, inert additives, powders, self-propagating high-temperature synthesis.

Введение

Метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), открытый в 1967 г. в Институте химической физики Академии наук СССР под руководством академика А. Г. Мерджанова [1], позволяет в режиме безгазового горения получать практически любые композиционные соединения, в том числе и с тугоплавкими металлами. Такая технология СВС разработана в Китае и России, которая обеспечивает технологическую возможность регулирования фазового состава, размера зерна и пористости в ходе прямого СВС – спекания композитов типа интерметаллидов [2-3]. Уникальность метода СВС заключается в простоте его практической реализации, не требующей дорогостоящего энергоёмкого плавильного оборудования. Таким образом, материалы на основе никелида алюминия, полученные методом СВС, являются актуальными для современного производства.

Методы исследования

Для регистрации температуры и скорости фронта горения был использован быстродействующий программно-аппаратный комплекс визуализации тепловых полей волны горения СВС, который был реализован с помощью телевизионной измерительной системы наносекундного разрешения, цифровой канал обработки сигнала, включающий в себя коррекцию шумов фотоприемника и калибровку яркости по вольфрамовому эталону ТРУ – 1100. Для определения температуры волны горения СВС применялись методы яркостной и спектрально-яркостной пирометрии, основное отличие которой состоит в том, что за счет применения встроенной самокалибровки она становится нечувствительной к изменению излучательной способности нагретых частиц порошка в ходе реакции СВС. Скорость волны горения определялась время – пролетным методом и методами тепловизионной хроноскопии наносекундного разрешения с помощью стрик-камеры «ВидеоСпринт – Nano Gate». Этот прибор позволяет проводить измерения времяпролетным методом интегральных и локальных скоростей, оценивать интегральное температурное распределение в двух точках, измерять температуру фронта горения с коррекцией на коэффициент перекрытия, определять среднюю скорость распространения волны горения СВС смеси дисперсных материалов, а так же измерять температурную динамику реакции высокоэнергетических смесей.

Проведение и результаты эксперимента

В работе рассматривается зависимость влияния инертной добавки ZrO_2 на теплофизические параметры процесса СВС и структуру полученных образцов. Эксперименты проводили с шихтой, полученной из смеси алюминия массовой доли 31,5% и никеля 68,5% при атмосферном давлении в кварцевой трубке и диаметром 16 мм. Для спекания были взяты порошки никеля марки ПНК-УТ1 дисперсностью от 2 до 15 мкм и алюминия марки ПА-4 со средним размером 50 мкм. В порошоквую смесь с кажущейся плотностью 2,5 г/см³ добавлялась инертная добавка ZrO_2 с изменением градации до 30% с шагом 5%. В результате проведения экспериментов было синтезировано 7 образцов спеков. Результаты расчёта состава шихты образцов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Стехиометрия изготовленных образцов

Номер образца	Массовая доля Ni, (%)	Массовая доля Al, (%)	Массовая доля инерта ZrO ₂ , (%)
1	69	31	0
2	65,5	29,5	5
3	62,1	27,9	10
4	58,6	26,4	15
5	55,2	24,8	20
6	51,7	23,3	25
7	48,3	21,7	30

Для исследования микроструктуры фронта горения СВС и измерения теплофизических параметров был использован диагностический комплекс, описанный в работах [4-6], позволяющий определять адиабатическую температуру и скорость фронта горения.

Установлена зависимость изменения скорости фронта горения и температуры от массовой доли инертной добавки ZrO₂. Зависимость положения фронта реакции от времени позволила получить выборку средних температур в волне горения на разных участках образцов (рис. 2. а). Уменьшение средних значений температур связано с увеличением инертной добавки оксида циркония, а также отличающимся условиями выделения и распределения тепла на участках разных образцов.

При изменении состава шихты с добавлением инертной добавки ZrO₂ скорость фронта волны СВС в системе Ni-Al уменьшается (рис. 2. б) пропорционально уменьшению температуры.

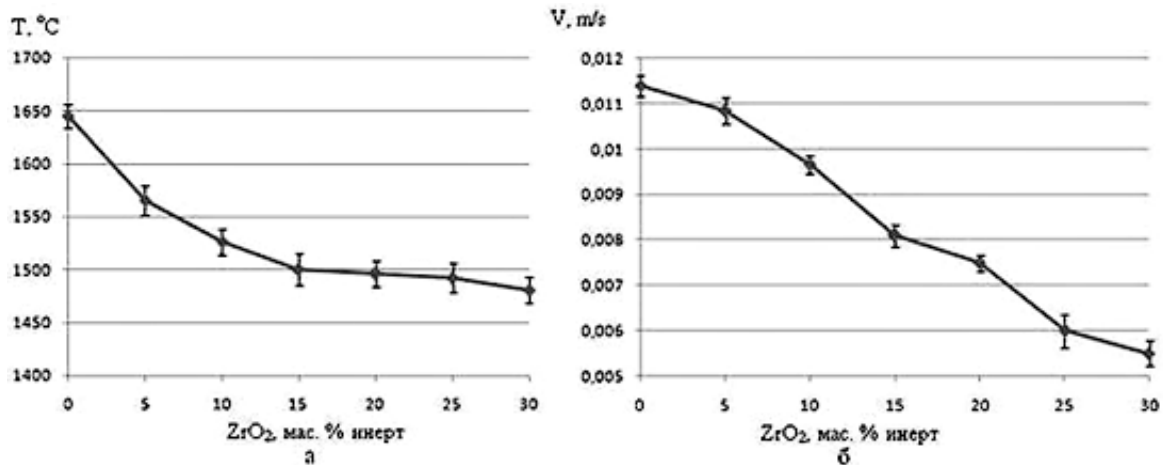


Рис. 1. Зависимость теплофизических характеристик процесса СВС от массовой доли инертной добавки ZrO₂ в системе Ni-Al

Следует отметить, что температура и скорость волны горения СВС по-разному чувствительны к инертной добавке. Так, например, из рисунка 1а и 1б видно, что линейная зависимость температуры резко изменяется в интервале массовой доли инертной добавки от 0 до 15 %, а у скорости этот интервал лежит в пределах от 0 до 15 % и от 20 до 25 %. Следовательно, имеется два различающихся критических значения состава шихты, соответствующих изменению механизмов переноса тепла и диффузии вещества в волне горения.

Выводы:

1. Обнаружена зависимость скорости и температуры волны горения СВС от массовой доли инертной добавки оксида циркония, которая говорит об их уменьшении с ростом добавления инерта.
2. Следует прогнозировать, что существует нижний предел плотности шихты, при разбавлении инертном, когда горение станет неустойчивым и синтез прекратится при некотором критическом значении деформации и уплотнении структуры порошка.

Литература

1. Мержанов А. Г. Твердопламенное горение. Черноголовка: ИСМАН, 2000. 224 с.
2. Евсеев Ф. А., Алиев А. Э., Богданова Е. В., Санников Д. В. Исследование кинетики фазовых и структурных превращений сплава на основе никелида титана, полученного методом СВ-синтеза //

- Современные научные исследования и инновации, 2016. № 10 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/10/72917/> (дата обращения: 09.11.2016).
3. *Богданова Е. В., Гуляев П. Ю., Евсеев Ф. А., Имамов Р. Р., Милюкова И. В.* Структурно-фазовые изменения продуктов СВС в системе Ni-Al при различной степени уплотнения исходной шихты // Современные научные исследования и инновации, 2016. № 6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/06/68821/> (дата обращения: 15.11.2016).
 4. *Гуляев П. Ю., Долматов А. В.* Физические принципы диагностики в технологиях плазменного напыления // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2009. Т. 11. № 5-2. С. 382-385.
 5. *Бороненко М. П., Гуляев И. П., Гуляев П. Ю. и др.* Измерение скорости и температуры частиц в потоке низкотемпературной плазмы // Известия высших учебных заведений. Физика, 2014. Т. 57. № 3-2. С. 73-77.
 6. *Богданова Е. В., Бороненко М. П., Евсеев Ф. А., Юрукин П. А.* Зависимость температуры и скорости горения волны СВ-синтеза от плотности шихты // Современная техника и технологии, 2016. № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2016/05/9935/> (дата обращения: 01.06.2016).