

СРОЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 536.46

О ФОРМООБРАЗОВАНИИ В ПРОЦЕССЕ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА ПЕНОМАТЕРИАЛОВ

М. А. Пономарев, Ю. А. Сапронов, А. С. Штейнберг

Институт структурной макрокинетики РАН, 142432 Черноголовка

Осуществлен самораспространяющийся высокотемпературный синтез цилиндрических образцов относительно большой длины ($l/D \gg 1$) из пенообразной металлокерамики. Использовалась шихта $Ti + 0,6C$, содержащая газообразующую добавку $Na_2V_2O_7 \cdot 10H_2O$. Исходные прессовки были заключены в сгорающие бумажные оболочки, что позволяло при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе получать прямые стержни из пенокерамики, отличающиеся ровной поверхностью. Установлена зависимость относительного удлинения образцов от толщины оболочки. Рассмотрена возможность управления формой пенообразного СВС-продукта путем вариации угла наклона плоскости фронта горения к оси образца.

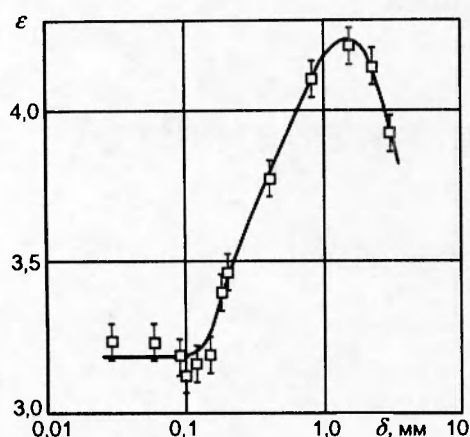
Возможность проведения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) высокопористых керамических и металлокерамических материалов в условиях космического пространства (невесомость и высокий вакуум) делает реальным получение этим методом изделий, необходимых при создании космических станций. В процессе СВС используется химическая энергия, аккумулированная в исходной шихте, что может позволить решить проблему получения непосредственно в космосе пенокерамических материалов, требующую высоких энергозатрат. Предполагаемая технологическая схема включает доставку на орбиту высокоплотных образцов, прессованных из специально подготовленных шихт. Последние наряду с традиционными для СВС энергоемкими компонентами содержат газообразующую добавку, обеспечивающую сильное вспенивание образующегося при горении продукта СВС [1, 2]. В условиях микрогравитации возможно получение пеноматериала с высокой кратностью вследствие медленного процесса гравитационного утоньшения жидких пленок, разделяющих пузыри, взвешенные в расплавленной металлокерамике* [3, 4]. В этой связи получение готовых изделий из пеноматериалов методом СВС в космических условиях является

весьма перспективной задачей.

В настоящей работе проведено две серии экспериментов. В первой серии осуществлен СВС цилиндрических образцов относительно большой длины из пенообразной металлокерамики. В опытах использовали шихту $Ti + 0,6C$ с 5 %-м массовым содержанием газообразующей добавки ($Na_2V_2O_7 \cdot 10H_2O$). Качественно новым в этих опытах являлось использование послойного запрессовывания шихты в бумажную гильзу на послойнопрессующей установке [5]. Внутренний диаметр оболочек $D_0 = 10$ мм, длина (l_0) достигала 200 мм. Относительная плотность прессовок составляла 0,58 теоретической плотности смеси. Однородность плотности по длине прессовок была не хуже $\pm 2\%$. Процесс СВС пенокерамики осуществлялся в сгорающей бумажной гильзе. Бумажные оболочки дополнительно упрочняли прессовки и, в то же время, сами легко разрушались по мере прохождения волны горения, давая возможность образцу расширяться.

Опыты показали, что использование сгорающей гильзы, окружающей исходный образец, позволяет получать прямые стержни из пенокерамики с очень ровной поверхностью. При этом их длина (l) может значительно превышать длину образцов, сгорающих без оболочки. В экспериментах варьировалась толщина стенки бумажной оболочки. Зависимость относительного удлинения образцов ($\epsilon = (l - l_0)/l_0$)

*Первые эксперименты по СВС пористых материалов в условиях микрогравитации были проведены 16 января 1990 г.



Зависимость относительного удлинения СВС-образца от толщины оболочки

от толщины оболочек δ при их горении в горизонтальном положении представлена на рисунке. Отличительными характеристиками зависимости являются:

— наличие начального участка с $0 < \delta < 0,15$ мм, для которого ϵ практически не меняется: при малых значениях δ бумажная оболочка не препятствует продольному расширению образца, начиная разрушаться до того, как интенсивное газовыделение в волне горения вызывает удлинение продукта горения;

— возрастание ϵ на участке с $0,15 \text{ мм} < \delta < 1,5$ мм;

— существование максимального значения ϵ при $\delta = 1,5$ мм.

Во второй серии экспериментов проверяли возможность управления формой пенообразного СВС-продукта путем вариации угла наклона плоскости фронта горения к оси цилиндрического образца из СВС-шихты. Образцы в бумажных оболочках ($l_0 = 50 \div 140$ мм, $D_0 = 10$ мм, $\delta = 0,1$ мм) сжигали на горизонтальной плоскости. Вектор силы тяжести был перпендикулярен оси образца и параллелен плоскости фронта горения. Плоскость торцевой поверхности, на которой осуществлялось инициирова-

ние, располагали под углом α к оси исходного образца. Эффект направленного изменения формы конечного продукта СВС в экспериментах воспроизводился. В частности, при горении образцов (при $\alpha = 45^\circ$) с закрепленным со стороны поджига концом из прямых цилиндрических прессовок получались дугообразные и S-образные образцы СВС-пенокерамики с радиусами дуг $3 \div 7$ см ($\epsilon = 2 \div 2,5$).

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 95-02-05027-а) и NASA-RKA Program (Project «ТМ-13», N 980/13(5208/95)).

ЛИТЕРАТУРА

1. Штейнберг А. С., Щербаков В. А., Мартынов В. В. и др. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез высокопористых материалов в невесомости // Докл. АН СССР. 1991. Т. 318, № 2. С. 337–341.
2. Merzhanov A. G., Sytshev A. E. SHS under microgravity: space experiment // 4th Intern. Symp. on Self-Propagating High-Temperature Synthesis: Book of Abstr. Toledo, Spain, October 6–9, 1997. P. 144.
3. Shteinberg A. S., Shcherbakov V. A. Self-propagating high-temperature synthesis of high porosity foam materials in microgravity // Third Intern. Microgravity Combustion Proc. of a Workshop, Hosted by NASA Lewis Research Center, Cleveland, Ohio, USA, April 11–13, 1995. P. 171–174. (NASA Conference Publication, 10174).
4. Щербаков В. А., Мержанов А. Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез металлокерамического пеноматериала // Докл. РАН. 1997. Т. 354, № 3. С. 346–349.
5. Пономарев М. А., Малочкин В. Н., Сапронов Ю. А., Штейнберг А. С. Высокооднородные пористые стержни из тугоплавких СВС-продуктов для выращивания монокристаллов // Черногловка, 1995. (Препр. / РАН; ИСМ).

Поступила в редакцию 6/1 1998 г.