

УДК 546.05+536.46

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА SiC И НИТРИДО-КАРБИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ МЕТОДОМ АЗИДНОГО СВС

© Шоломова А.В., Титова Ю.В., Майдан Д.А.

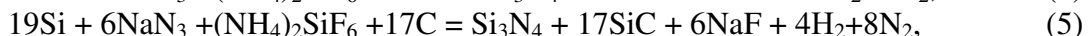
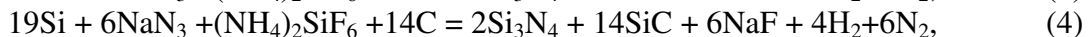
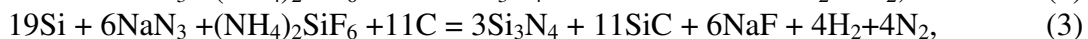
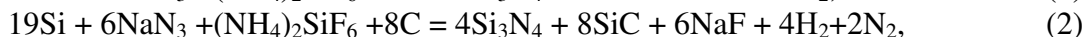
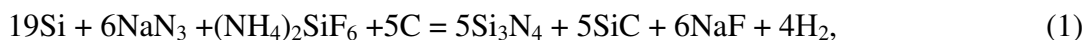
*Самарский государственный технический университет,
г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: sholomovaav@gmail.com

Керамика на основе высокодисперсного карбида кремния обладает большим потенциалом для широкого использования в качестве конструкционного материала, в качестве носителей катализатора, теплообменников, фильтров для горячих газов, в качестве конструкционного материала для высокотемпературных устройств. На основе порошкообразного SiC производят высокотемпературные нагреватели, ингибронные поджигатели и волноводные поглотители. Карбид кремния также нашел широкое применение в машиностроении для футеровки термических печей; в химическом аппаратостроении, где он подвержен абразивному воздействию твердых пылевидных продуктов в газовых потоках [1–3]. Известны различные способы получения карбида кремния. Основную часть SiC получают по методу Ачесона [4]. Для производства нанопорошков используются золь-гель способ [5], плазмохимические методы [6] и высокотемпературный синтез [7–10].

Целями данной работы являются исследование закономерностей физико-химических процессов, протекающих при горении азидных составов СВС, и разработка способа синтеза нанопорошка карбида кремния без применения различных видов «активации» процесса.

Известен состав смеси $19\text{Si} + 6\text{NaN}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 + 5\text{C}$, позволяющий синтезировать композицию карбид кремния – нитрид кремния [7], содержащую 50 % Si_3N_4 и 50 % SiC. Для получения чистого карбида кремния предлагается увеличить содержание углерода в исходной шихте до 20 молей. Уравнения получения карбида кремния будут выглядеть следующим образом:



Для предварительного анализа температуры горения смеси исходных компонентов и состава продуктов синтеза выполняли термодинамические расчеты с помощью программы Thermo, разработанной в Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН. Из анализа результатов термодинамических расчетов следует, что шихта $19\text{Si} + 6\text{NaN}_3 + (\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6 + 20\text{C}$ является оптимальной для синтеза карбида кремния, так как в результате горения этой смеси образуются целевой карбид кремния и газообразные побочные продукты – азот, водород и фторид натрия, которые легко удаляются и не загрязняют конечный продукт. Адиабатическая

температура горения и изменение энтальпии системы в реакции достаточны для образования карбида кремния в процессе самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Результаты экспериментальных исследований показали, что с увеличением содержания сажи в исходной смеси, снижаются температура и скорость горения, что согласуется с результатами термодинамических расчетов.

При горении смесей с содержанием углерода до 17 молей образуются 4 фазы: β -SiC, α -Si₃N₄, β -Si₃N₄ и NaF. Фторид натрия полностью удаляется в результате промывки в дистиллированной воде. При дальнейшем увеличении сажи в продуктах реакции появляется свободный кремний. Максимальный выход карбида кремния наблюдается при горении смеси $19\text{Si}+6\text{NaN}_3+(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6+20\text{C}$. Из результатов микроструктурного анализа синтезированных порошков можно сделать вывод, что образуется типичная для нитрида кремния форма столбчатых кристаллов диаметром от 100 до 200 нм, карбид кремния синтезируется в виде равноосных частиц размером от 80 до 150 нм, объединенных в агломераты размером до 50 мкм.

Таким образом, применение азидной технологии СВС позволило получить из шихты состава $19\text{Si}+6\text{NaN}_3+(\text{NH}_4)_2\text{SiF}_6+20\text{C}$ продукт, состоящий практически полностью из β -SiC – 89,4 % с примесью α -Si₃N₄ – 5,5 % и Si – 5,1 %, представляющий собой наноразмерные частицы карбида кремния (80-150 нм), объединенные в агломераты размером до 50 мкм.

Библиографический список

1. Агеев О.А. Карбид кремния: технология, свойства, применение / О.А. Агеев, А.Е. Беляев, Н.С. Болтовец [и др.]. Харьков: ИСМА, 2010. 532 с.
2. Chen Yuanzhi, Liang Yong, Zheng Feng, et. al. The dispersion behavior of Si–C–N nanopowders in organic liquids // *Ceramics International*. 27 (2001). P. 73–79.
3. Coupea A., Maskrot H., Buet E., et. al. Dispersion behaviour of laser-synthesized silicon carbide nanopowders in ethanol for electrophoretic infiltration // *Journal of the European Ceramic Society*. 32 (2012). P. 3837–3850.
4. Химическая технология керамики: учеб. пособие для вузов / Н.Т. Андрианов, В.Л. Балкевич, А.В. Беляков [и др.]; под ред. И.Я. Гузмана. М.: ООО «РИФСтройматериалы», 2011. 496 с.
5. Затиростами А., Муминов Х.Х., Холов А. Синтез нанопорошка карбида кремния методом золь-гель и его структурный анализ // *Доклады Академии наук Республики Таджикистан*. 2013. Т. 56, № 4. С. 286–289.
6. Никитин Д.С., Сивков А.А. Плазмодинамический синтез карбида кремния и управление составом продукта // *Современные техника и технологии: сборник докладов XX Международной юбилейной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т. Т. 2*. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. С. 71–72.
7. Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов / под науч. ред. В.Н. Анциферова. М.: Машиностроение, 2007. 567 с.
8. Московских Д.О., Мукасян А.С., Рогачев А.С. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез нанопорошков карбида кремния // *ДАН*. 2013. Т. 449, № 2. С. 176–179.
9. Mukasyan A.S. Combustion Synthesis of Silicon Carbide. N. Y.: InTech, 2011. P. 389–409.
10. Kata D., Lis J., Pampuch R., Stobierski L. Preparation of fine powder in the Si–C–N system using SHS method // *International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis*. 1998. Vol. 7, № 4. P. 475–485.