

# Самораспространяющийся высокотемпературный синтез высокодисперсной порошковой композиции TiN-SiC

В.В. Егорилова

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

**Обоснование.** Изделия из карбида кремния (SiC) применяют при высоких температурах в качестве износостойкого материала, где используются преимущества фазовой стабильности и высокой теплопроводности. Высокопроизводительные автомобильные тормозные диски изготовлены из композитов SiC-SiC. Поскольку SiC является полупроводником, его электронные свойства можно регулировать с помощью подходящего легирования. Добавление электропроводящих частиц TiN способствует улучшению свойств керамики на основе SiC. Добавление электропроводящих частиц к полупроводникам позволяет адаптировать электрические свойства. Добавление TiN в керамику SiC привело к улучшению механических свойств. При использовании нанопорошка TiN достигнута прочность композита TiN-SiC 686 МПа, в результате чего наблюдали, как добавки TiN подавляют уплотнение и уменьшают рост зерен при спекании без давления. Прочность была оптимизирована при добавлении 5 мас. % [1]. Применены нано-TiN в сочетании с нитевидными кристаллами SiC для получения композитов с вязкостью разрушения  $8,69 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{-0,5}$  и прочностью 1123 МПа при спекании без давления [2].

В данном исследовании для получения композиционного порошка TiN-SiC применен метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Общеизвестно, что технология СВС является новой технологией синтеза многих видов материалов. Метод простой и недорогой. Самое главное, что он может производить большое количество высокодисперсных и нанопорошковых материалов с высокой чистотой и хорошим выходом целевого продукта синтеза.

**Цель** — экспериментальное изучение возможности синтеза композиционного порошка TiN-SiC методом СВС в газообразном азоте. Изучение параметров горения (распространение и скорость волны горения, температуры реакции и ее догорания) с целью получения фундаментальных знаний о реакции СВС TiN-SiC.

**Методы.** Самораспространяющийся высокотемпературный синтез — простой и недорогой метод получения широкого спектра керамических материалов. Этот метод основан на использовании сильно экзотермических реакций для достижения самоподдерживающейся системы. После запуска фронт реакции проходит через весь исходный образец до тех пор, пока не будет получен конечный продукт TiN-SiC [3, 4].

**Результаты.** Для проведения синтеза композиции TiN-SiC методом СВС была выбрана система в соотношении целевых фаз от 1:1 до 1:4 целевых фаз:  $x\text{Si} + y\text{Ti} + 4\text{NaN}_3 + \text{Na}_2\text{SiF}_6 + x + 1\text{C}$ .

Рассчитанная адиабатическая температура для композиций, использованных в этих экспериментах, составила от 1670 до 2300 К, энтальпия реакции от  $-1790$  до  $-3451$  КДж. Проведены исследования в ходе различных экспериментов синтеза в режиме горения в лабораторном реакторе СВС-Аз при максимальном давлении 4 МПа.

Эксперименты показали, что с увеличением содержания Ti (y) температура и скорость горения возрастают, что согласуется с результатами термодинамических расчетов. При увеличении содержания Ti температура и скорость горения составляют от  $1634$  °С, скорость горения —  $0,78$  см/с, увеличиваясь до  $1776$  °С и скорости горения до  $0,85$  см/с.

В результате экспериментальных исследований синтеза целевые продукты состоят из четырех фаз: целевых фаз нитрида титана (TiN) и карбида кремния (SiC), побочных фаз нитрида кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) а также свободного углерода (C).

**Выводы.** Проведено комплексное исследование синтеза стехиометрических композиций TiN-SiC с различным соотношением целевых фаз методом СВС в газообразном азоте. Процесс СВС получения TiN-SiC характеризуется равномерным распространением фронта горения и реакцией догорания после прохождения фронта пламени.

В процессе горения были синтезированы высокодисперсные композиции TiN-SiC, однако в состав наряду с целевыми фазами входит нитрид кремния ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) и свободный углерод (C). Запланированы дальнейшие исследования на повышение степени чистоты синтезированных композиций.

**Ключевые слова:** самораспространяющийся высокотемпературный синтез; СВС; нитридно-карбидная композиция; нитрид титана; карбид кремния; композиция.

### Список литературы

1. Guo X., Yang H., Zhang L., Zhu X. Sintering behavior, microstructure and mechanical properties of silicon carbide ceramics containing different nano-TiN additive // *Ceram Int.* 2010. Vol. 36, N 1. P. 161–165. doi: 10.1016/j.ceramint.2009.07.013
2. Zhang L., Yang H., Guo X., et al. Preparation and properties of silicon carbide ceramics enhanced by TiN nanoparticles and SiC whiskers // *Scr Mater.* 2011. Vol. 65, N 3. P. 186–189. doi: 10.1016/j.scriptamat.2011.03.034
3. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Курбаткина В.В., и др. Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Москва: Изд. дом МИСиС, 2011. 377 с.
4. Амосов А.П., Боровинская И.П., Мержанов А.Г. Порошковая технология самораспространяющегося высокотемпературного синтеза материалов / под ред. В.Н. Анциферова. Москва: Машиностроение-1, 2007. 567 с.

### *Сведения об авторе:*

**Виктория Витальевна Егорикова** — магистр, 1-ФММТ-23ФММТ-106М, факультет машиностроения, металлургии и транспорта; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: egorikova.vv@yandex.ru

### *Сведения о научном руководителе:*

**Юлия Владимировна Титова** — доцент, кандидат технических наук; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: titova600@mail.ru