

Исследование возможности получения керамических нитридно-карбидных нанопорошковых композиций Si_3N_4 -TiC, AlN-TiC И TiN-TiC методом СВС-АЗ с применением азида натрия и галоидных солей

А.П. Амосов, Ю.В. Титова, А.Ф. Якубова

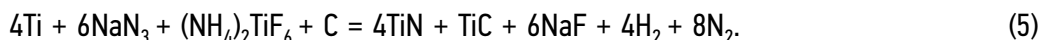
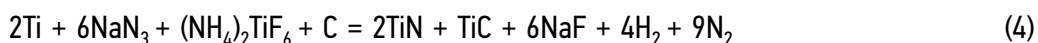
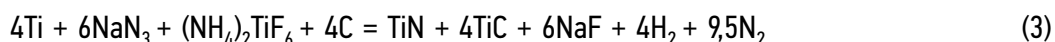
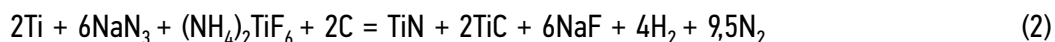
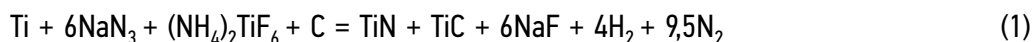
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. В последнее время металлокерамика на основе TiC–TiN привлекает большое внимание в качестве материалов для режущего инструмента из-за их превосходной износостойкости и ударной вязкости, которые превосходят показатели металлокерамики TiC–Mo (или Mo_2C)-Ni [1, 4]. В работе [5] исследовано влияние добавки TiC на микроструктуру и механические свойства металлокерамики на основе TiN. Содержание TiC оказало значительное влияние на изменение микроструктуры и механические свойства металлокерамики. По мере увеличения содержания TiC с 0–20 мас.% прочность на поперечный разрыв, относительная плотность и вязкость при разрушении первоначально увеличивались, достигали максимума, а затем снижались, в то время как твердость монотонно увеличивалась. Металлокерамика с добавлением 10 мас.% TiC обладала превосходными механическими свойствами с прочностью на поперечный разрыв 2223 МПа, вязкостью разрушения $15,7 \text{ МПа м}^{1/2}$, твердостью по Роквеллу 88,7 и относительной плотностью 99,87 %, что в основном объяснялось однородной микроструктурой, умеренной толщиной краевых фаз и относительно низким содержанием раствора [5].

Цель — исследование возможности применения азидной технологии СВС для получения субмикронной и наноразмерной порошковой композиции TiN-TiC с применением галоидной соли $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$.

Методы. Одним из перспективных *in situ* процессов является процесс самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) самых разнообразных тугоплавких соединений, в том числе нитридов и карбидов, который идет за счет собственного тепловыделения горения в простом малогабаритном оборудовании и занимает мало времени [6].

Результаты. Для синтеза композиции TiN-TiC методом СВС использовались уравнения:



В качестве исходного сырья использовались: порошок NaN_3 классификации «Ч» (содержание основного вещества $\geq 98,71$ мас.%), порошок $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ классификация «Ч» (содержание основного вещества 99,0 мас.%), сажа марки П701 (содержание основного вещества ≥ 88 мас.%), порошок Ti марки ПТМ-3 (содержание основного вещества 99,5 мас.%). Экспериментальные исследования возможности получения композиции TiN-TiC проводились в лабораторном реакторе СВС в атмосфере азота при сравнительно небольшом давлении 4 МПа и насыпной плотности смесей исходных порошков [7]. Результаты исследования микроструктуры, энергодисперсионного и рентгенофазового анализов показали, что продукты горения всех исходных смесей состоят из высокодисперсных субмикронных равноосных частиц размером от 100 до 600 нм.

Выводы. При использовании метода азидного СВС удается синтезировать целевую керамическую нитридно-карбидную порошковую композицию TiN-TiC. Однако в состав продуктов синтеза, наряду с целевыми фазами TiN и TiC, также входит карбонитрид титана ($\text{TiN}_{0,5}\text{C}_{0,5}$), как и в работе [7]. Однако, количество карбонитрида титана уменьшилось в 2 раза по сравнению со значениями, представленными в работе

[7], и составляет от 2,6 до 23,8 масс.%. Это свидетельствует о том, что использование галоидной соли $(\text{NH}_4)_2\text{TiF}_6$ в реакции позволяет синтезировать композицию TiN-TiC с меньшим количеством побочного продукта, а именно карбонитрида титана. Планируется провести дальнейшие исследования в этом направлении с целью получения чистой керамической нитридно-карбидной нанопорошковой композиции TiN-TiC.

Ключевые слова: СВС; нитридно-карбидная композиция; азид натрия; нитрид титана; карбид титана; композит.

Список литературы

1. Zhang S., Khor K.A., Lu, L., Preparation of Ti(C,N)-WCTaC solid solution by mechanical technique // J. Mater. Proc. Technol. 1995. Vol. 48. P. 779–780. DOI: 10.1016/0924-0136(95)91416-Z
2. Ettmayer P., Lengauer W. The story of cermets // Powder Metall. Int. 1989. Vol. 2. P. 37–38.
3. Humenik M., Parikh N.M. Cermets: fundamental concepts related to microstructure and physical properties of cermet systems // J. Am. Ceram. Soc. 1956. Vol. 39, No. 2. P. 60–63. DOI: 10.1111/j.1151-2916.1956.tb15624.x
4. Moskowitz D., Humenik M. Modern Development of P/M // Plenum Press. NY, 1966. Vol. 13.
5. Wenmiao Zeng, Xueping Gan, Zhiyou Li, Kechao Zhou. Effect of TiC addition on the microstructure and mechanical properties of TiN-based cermets // Ceramics International. 2017. Vol. 43, Iss. 1. Part B. P. 1092–1097. DOI: 10.1016/j.ceramint.2016.10.046
6. Левашов Е.А., Рогачев А.С., Курбаткина В.В., и др. Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Москва: Изд. домМИСиС, 2011.
7. Амосов А.П., Титова Ю.В., Минеханова А.Ф., и др. Применение горения смеси порошков Ti-Na₃-NH₄Cl-C для синтеза высокодисперсной композиции TiN-TiC // Proceedings of 8th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE-2022). Tomsk, Russia. C. 1272–1277. DOI: 10.56761/EFRE2022.N1-O-016405

Сведения об авторах:

Алсу Фаридовна Якубова — аспирантка, 2-УПНК-03-3, факультет машиностроения, металлургии и транспорта; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: minekhanovaaf@mail.ru

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

Александр Петрович Амосов — научный руководитель, доктор физико-математических наук, профессор; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: egundor@yandex.ru