

Изучение структуры керамического материала TiC-Cu, полученного твердопламенным горением на воздухе

Study of the structure of TiC-Cu ceramic material obtained by solid-flame combustion in air gorenje

УДК 666.3

Получено: 19.04.2024

Одобрено: 15.05.2024

Опубликовано: 25.06.2024

Латухин Е.И.

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» Самарского государственного технического университета
e-mail: evgelat@yandex.ru

Latukhin E.I.

Candidate of technical sciences, associate professor, department of «Metal science, powder metallurgy, nanomaterials» of Samara state technical University
e-mail: evgelat@yandex.ru

Кондратьева Л.А.

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» Самарского государственного технического университета
e-mail: schiglou@yandex.ru

Kondratieva L.A.

Doctor of technical sciences, professor of the department of «Metal science, powder metallurgy, nanomaterials» of Samara state technical University
e-mail: schiglou@yandex.ru

Аннотация

Представлены данные экспериментальных исследований по получению керамического материала в режиме твердопламенного горения на воздухе из смеси Ti + C с добавлением в шихту 30% меди. Синтезированный продукт представлял собой пористый каркас, образованный из мелких и крупных округлых или многогранных частиц TiC. Фаза меди была обнаружена только между мелкими многогранными частицами TiC.

Ключевые слова: СВС, карбид кремния, медь, керамика, микроструктура.

Abstract

The data of experimental studies on the production of ceramic material in the mode of solid-flame combustion in air from a mixture of Ti + C with the addition of 30% copper to the charge are presented. Gorenje The synthesized product was a porous framework formed of small and large rounded or polyhedral TiC particles. The copper phase was detected only between small polyhedral TiC particles.

Keywords: SHS, silicon carbide, copper, ceramics, microstructure.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) является процессом получения материалов в твердопламенной волне горения, которая возникает при локальном подогреве образца, его воспламенению в конкретной точке и дальнейшем самопроизвольному распространению по реагентам, превращая их в готовые целевые

продукты. К самым значительным преимуществам этого метода можно отнести низкую стоимость, высокую энергоэффективность, простоту в эксплуатации и высокую чистоту синтезированных продуктов [1, 2].

Материалы из карбида титана (TiC) имеют хорошие свойства: низкую плотность, высокую температуру плавления, хорошую термическую и химическую стабильность, высокую твердость и износостойкость. TiC-керамика можно получать из смесей титановых и углеродных порошков методом СВС, но данный метод имеет недостатки: очень высокая температура воспламенения бинарной системы Ti-C, приближающаяся к значениям температуры плавления титана. Из-за чего в исходную шихту для снижения температуры воспламенения вводятся дополнительные металлы, но с низкой температурой плавления. Это приводит к образованию легкоплавких интерметаллидов. В источнике [2] описано, что в композите с матрицей TiC была повышена вязкость его разрушения за счет добавления пластичного металла в качестве непрерывной фазы, например Cu.

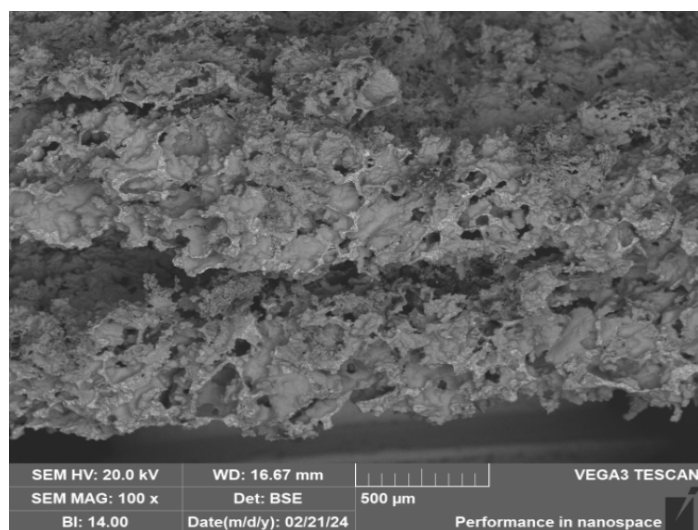
Система Cu-Ti-C привлекает к себе все большее внимания из-за ее потенциального применения в качестве электрических скользящих контактов, электродов контактной сварки, высокопроизводительных переключателей, двигателей, теплообменников и электродов. Поэтому в качестве металла-добавки в смесь титана с углеродом была выбрана медь, которая не только сможет способствовать легкому протеканию СВС-реакции, но и улучшить конструктивное применение. В работах [3-6] были проведены исследования по взаимодействию углерода с расплавом Cu-Ti. Рост зерен TiC происходил одновременно с увеличением содержания углерода в частицах TiC при охлаждении [7].

В данной работе исходные порошки титана (марки ТПП-7) и углерода (графит марки С-2) взвешивались и подвергались смешиванию между собой. Затем в перемешанную смесь добавлялось по массе 30% порошка меди (марка ПМ1) и все перемешивалось до тех пор, пока не получится однородной массы. Полученная исходная реакционная смесь (Ti+C) + 30%Cu засыпалась в пресс-форму для последующего ее прессования. Шихта подвергалась одностороннему прессованию при давлении 20 МПа, в результате чего получался цилиндрический образец диаметром 23 мм. Масса образца составляла 10 г. В печи, нагретой до температуры 300 °С, цилиндрический образец нагревался, далее вынимался и впоследствии быстро размещался на слое речного песка. Реакцию горения в образце инициировали электрической спиралью накаливания, подведенной к поверхности шихты. Весь процесс подготовки шихты, синтеза и охлаждения сгоревших образцов проводился на воздухе. Для исследования структуры и состава использовался скол из центральной части образца. Все исследования микроструктуры проводились на растровом электронном микроскопе TescanVega3 с приставкой локального микрорентгеноспектрального анализа X-act.

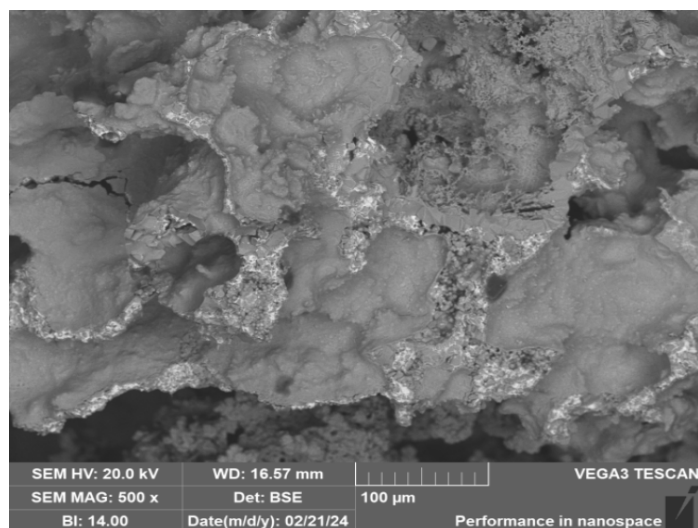
На рис. 1 показана микроструктура продукта TiC-Cu, полученного в режиме горения из смеси Ti+C с добавкой 30%Cu, предварительно перед синтезом нагретой в печи до 300 °С. После осуществления твердопламенного горения на воздухе, образец можно было охарактеризовать как высокопористый продукт (рис. 1а), с большим количеством закрытых пор (рис. 1б). Поры отделялись друг от друга тонкими стенками. Микроструктура стенок пор, а именно каркас высокопористого продукта состоял из частиц разной химической природы, разного размера и структуры, располагающихся в определенных участках разломов (рис. 1в). Крупные многогранные частицы размером до 30 мкм располагались в центральной части стенки, а более мелкие частицы размером до 4 мкм, как округлой формы, так и многогранной, расположены были ближе к поверхности или на поверхности стенки, т.е. ближе к поре (рис. 2).

Элементный химический анализ, проведенный в нескольких целенаправленно выбранных на микроструктуре точках, позволил определить фазовый состав конечного продукта (рис. 2 и табл. 1). Из табл. 1 видно, что в точках 1 и 2 микроструктура конечного продукта состоит из Ti и C, что говорит об идентификации мелких частиц округлой формы, а также мелких и крупных частиц многогранной формы как частиц карбида кремния TiC. А светло-серые

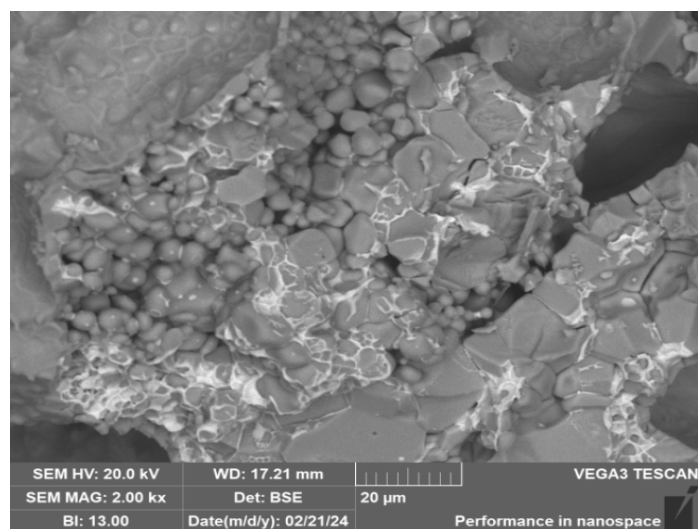
участки, расположенные на поверхности наиболее мелких частицах карбида титана, представляли собой пленки из меди с небольшим количеством включений - С и Ti (табл. 1).



а)



б)



в)

Рис. 1. Микроструктура синтезированного продукта при увеличении: а) 100х; б) 500х; в) 2000х

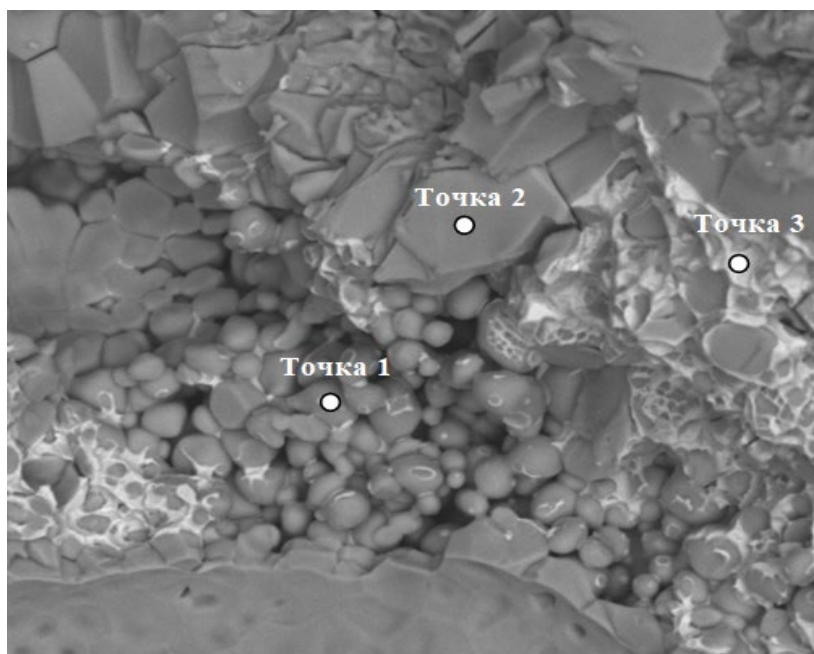


Рис. 2. Микроструктура продукта с обозначением точек, в которых проводилось определение элементного химического состава

Таблица 1

Результаты элементного химического состава конечного продукта, полученного в режиме СВС из реакционной смеси Ti+C с добавлением 30% Cu

Элемент	Атом. %		
	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Ti	45,45	46,96	6,32
C	54,06	53,04	13,16
Cu	0,49	-	80,52

Так как микроструктура конечного продукта неоднородна, то это говорит и о разных механизмах получения карбида титана, что в принципе соответствует другим источникам информации [2-7] по изучению взаимодействия компонентов в системе Cu-Ti-C. Образованию мелких округлых зёрен TiC способствует реакция между частицами углерода и расплавленными частицами титана, а крупные многогранные частицы TiC получаются за счет диффузии титана из расплава Ti-Cu к частицам углерода или карбида титана.

Литература

1. Мержанов А.Г., Мукасян А.С. Твердопламенное горение. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2007. – 336 с.
2. Yunhong Liang, Zhiwu Han, Zhaohua Lin, Luquan Ren. Study on the reaction behavior of self-propagating high-temperature synthesis of TiC ceramic in the Cu-Ti-C system // Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials. Vol. 35 (2012).- pp. 221-227.
3. N. Frage, N. Froumin, M. Aizenshtein, L. Kutsenko, D. Fuks, M.P. Dariel. Reactive wetting in titanium carbide/non-reactive metal systems // Current Opinion in Solid State and Materials Science. Vol. 9 (2005).- pp. 189-195.
4. S. Rathod, O.P. Modi, B.K. Prasad, A. Chrysanthou, D. Vallauri, V.P. Deshmukh, A.K. Shah. Cast in situ Cu–TiC composites: Synthesis by SHS route and characterization // Materials Science and Engineering. Vol. 502 (2009).- pp. 91-98.

5. Haimin Ding, Qing Liu, Xianlong Wang, Xiaoliang Fan, Matthew Krzystyniak, Nicolas Glandut, Chong Li. Effects of boron addition on the microstructure and properties of in situ synthesis TiC reinforced Cu-Ti-C composites // *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 766 (2018).- pp. 66-73.
6. Y.H. Liang, H.Y. Wang, Y.F. Yang, Y.Y. Wang, Q.C. Jiang. Evolution process of the synthesis of TiC in the Cu-Ti-C system // *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 452 (2008).- pp. 298-303.
7. B. Cochevin, V. Gauthier , D. Vrel , S. Dubois. Crystal growth of TiC grains during SHS reactions // *Journal of Crystal Growth*. Vol. 304 (2007).- pp. 481-486.