

Ян Сяо (Китай), Бурлаченко А. Г. (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Буякова Светлана Петровна,  
д-р техн. наук, профессор

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ NbB<sub>2</sub>

**Abstract.** In this study, we performed NbB<sub>2</sub> and NbB<sub>2</sub>-SiC samples by hot pressing sintering and investigated the effect of SiC addition on the mechanics and properties of the samples. The addition of SiC firstly increased and then decreased the density of the samples. Besides, the microhardness and elastic modulus of NbB<sub>2</sub>-based ceramic composites decreased with the increase of SiC powder content.

### 1. Введение

Диборид ниобия (NbB<sub>2</sub>) представляет собой гексагональное соединение, обладающее высокой температурой плавления (~3050°C), твердостью (21 ГПа) и высокой электропроводностью. Композиты SiC-NbB<sub>2</sub> демонстрируют высокую вязкость разрушения (до 7 МПа·м<sup>1/2</sup>) и твердость (25-30 ГПа) в эвтектических областях [1]. Карбид кремния (SiC) эффективен для существенного улучшения механических свойств, так как его применение также может предотвратить чрезмерный рост зерен диборида и тем самым позволяет получать мелкозернистые композиционные материалы [2]. Таким образом, композиты NbB<sub>2</sub>-SiC могут быть отличными кандидатами в конструкционные материалы [3].

Цель исследования – определение механических свойств керамических систем NbB<sub>2</sub>-SiC при различном содержании SiC.

### 2 Материалы

Исходные образцы компонентов представляют собой порошки NbB<sub>2</sub> и SiC со средним размером частиц 40±2 мкм и 11±1 мкм, соответственно. Исследование проводилось на керамических образцах систем NbB<sub>2</sub>-SiC с содержанием SiC 0, 5, 10, 20 и 25 объемн. %. Механическую обработку порошковых композиций проводили с помощью планетарной мельницы в среде аргона в течение 3 минут. Спекание образцов производилось методом горячего прессования при температуре 1800°C и давлении 30 МПа с изотермической выдержкой 30 минут. Полученные образцы имели форму цилиндров диаметром 15 мм и высотой 4 мм.

### 3 Результаты и обсуждения

На рисунке 1 показана плотность в зависимости от содержания SiC. Низкая плотность образцов из чистого NbB<sub>2</sub> обусловлена малой активно-

стью к спеканию. При содержании SiC до 10 объемн. % наблюдалось увеличение плотности композитов, так как добавление SiC активирует процесс спекания. Когда содержание SiC превышает 10%, плотность образца снижается из-за низкой исходной плотности самого SiC.

Видно, из результатов испытания, что по мере увеличения содержания SiC, оба модуля упругости и микротвердость уменьшались.

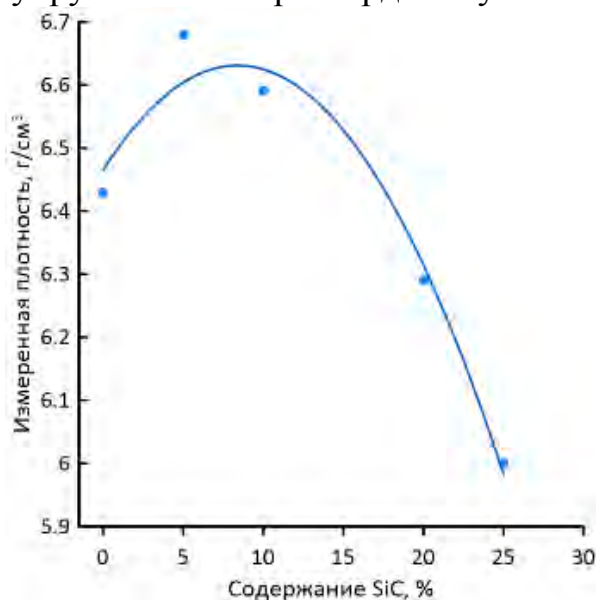


Рис. 1. Зависимость измеренной плотности

На рисунке 2 приведены модули упругости и вязкость разрушения от содержания SiC. Вязкость разрушения увеличивается с ростом содержания SiC, из-за низкой упругости SiC.

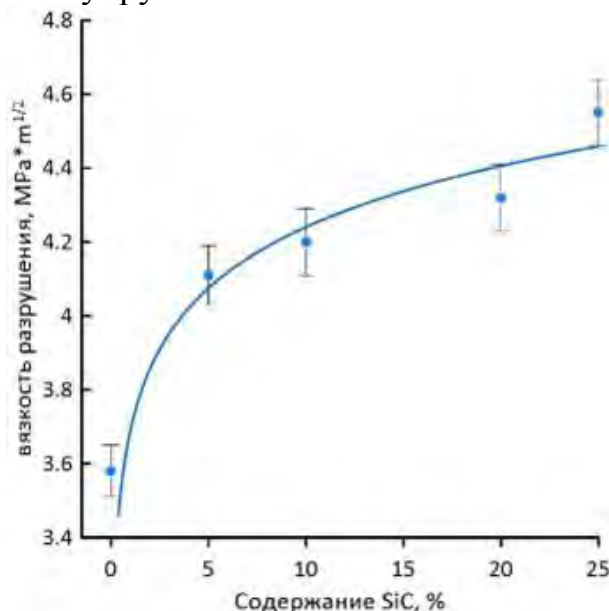


Рис. 2. Зависимость вязкости разрушения от содержания SiC

#### 4 Выводы

В целом, плотность образца уменьшается по мере увеличения содержания добавленного SiC. Однако, при содержании SiC до 10 объемн. %, плотность образцов повышалась, потому что добавление SiC активирует процесс спекания, но когда содержание SiC превышает 10%, плотность образцов снижается из-за низкой исходной плотности SiC.

С увеличением содержания SiC модули упругости и микротвердость уменьшались. Это зависит от анизотропии гексагональных зерен и несоответствия коэффициентов теплового расширения.

Вязкость разрушения увеличивается с ростом содержания SiC, из-за низкой упругости SiC.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sairam, K., Sonber, J. K., Murthy, T. C., Subramanian, C., Fotedar, R. K., & Hubli, R. C. (2014). Reaction spark plasma sintering of niobium diboride. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 43, 259-262.
2. King, D. S., Fahrenholtz, W. G., & Hilmas, G. E. (2013). Microstructural Effects on the Mechanical Properties of SiC-15 vol% TiB<sub>2</sub> Particulate-Reinforced Ceramic Composites. *Journal of the American Ceramic Society*, 96(2), 577-583.
3. Li, W. J., Tu, R., & Goto, T. (2005). Preparation of TiB<sub>2</sub>-SiC eutectic composite by an arc-melted method and its characterization. *Materials transactions*, 46(11), 2504-2508.
4. Moore, P. (ed.), *Nondestructive Testing Handbook*, Volume 7, 2007, pp. 319-321.
5. King DS, Fahrenholtz WG, Hilmas GE. Microstructural effects on the mechanical properties of SiC-15 vol% TiB<sub>2</sub> particulate-reinforced ceramic composites. *J Am Ceram Soc.* 2013; 96:577-583.
6. Kumashiro Y, edited by. *Electric refractory materials*. New York: Taylor & Francis; 2005.