

9. Xueliang Yan Loic Constantin Yongfeng Lu Jean-François Silvain Michael Nastasi Bai Cui. (Hf<sub>0.2</sub>Zr<sub>0.2</sub>Ta<sub>0.2</sub>Nb<sub>0.2</sub>Ti<sub>0.2</sub>)C high-entropy ceramics with low thermal conductivity.
10. Weichen Hong, Fei Chen, Qiang Shen, Young-Hwan Han, William G. Fahrenholtz, Lianmeng Zhang. Microstructural evolution and mechanical properties of (Mg,Co,Ni,Cu,Zn)O high-entropy ceramics.

### КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ZrC-BN: СТРУКТУРА И СВОЙСТВА

*А.Р. ДОБРОВОЛЬСКИЙ<sup>1</sup>, Ю.А. МИРОВОЙ<sup>1,2</sup>, С.П. БУЯКОВА<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: artdobrov@mail.ru

**Введение.** Одной из важнейших задач современного материаловедения является создание материалов для работы в экстремальных условиях при высоких температурах и напряжениях, под воздействием агрессивных сред и других факторов.

В решении этих задач существенная роль принадлежит использованию тугоплавких металлов и их соединений боридов, карбидов, нитридов и силицидов, которые, наряду с высокой твердостью и тугоплавкостью, обладают жаростойкостью и жаропрочностью, специфическими физическими и химическими свойствами. Карбидные соединения имеют достаточно богатую историю, однако, их потенциал остаётся нераскрытым и по сей день.

Среди карбидов тугоплавких металлов высокими эксплуатационными свойствами обладает карбид циркония, что делает его потенциально пригодным для решения многих задач современного материаловедения: в качестве компонентов и легирующих добавок твердых сплавов, разнопрофильных композиционных материалов, для защитных покрытий, поверхностного и объемного модифицирования металлических сплавов и материалов. Примером этому может служить исследование покрытий из карбида циркония, согласно которому дереворежущий инструмент, модифицированный подобным способом, обладает повышенной устойчивостью к объёмному износу на 30% [1]. Благодаря своим высоким показателям износостойкости карбид циркония вызывает большой интерес со стороны научного сообщества.

В качестве объекта исследования выбран композиционный материал на основе карбида циркония ZrC с добавлением графитоподобной модификации нитрида бора.

**Материалы и методики.** Морфология порошков BN и ZrC, используемых при получении данных композиционных материалов, представлена на рисунке 1. Порошок карбида циркония состоит из мелких частиц размером от 1 до 7 мкм. Порошок нитрида бора состоит из мелких частиц размером от 1 до 10 мкм. Перед производством компактов на аппарате горячего прессования было необходимо подготовить шихту из имеющихся порошков. Производство шихты включает в себя взвешивание и смешивание порошков нитрида бора и карбида циркония в необходимых соотношениях 1, 3, 5, 10 и 15% об. по три представителя каждого состава. Смешивания состава производилось в планетарной мельнице периодического действия АГО-2 с частотой вращения 1290 об/мин в течение 3 минут.

Композиты получены методом горячего прессования по схеме одноосного одностороннего нагружения в графитовой пресс форме. Температура спекания составила около 2000 °С, давление прессования составляло 8 тонн. Синтез проведен в инертной атмосфере аргона.

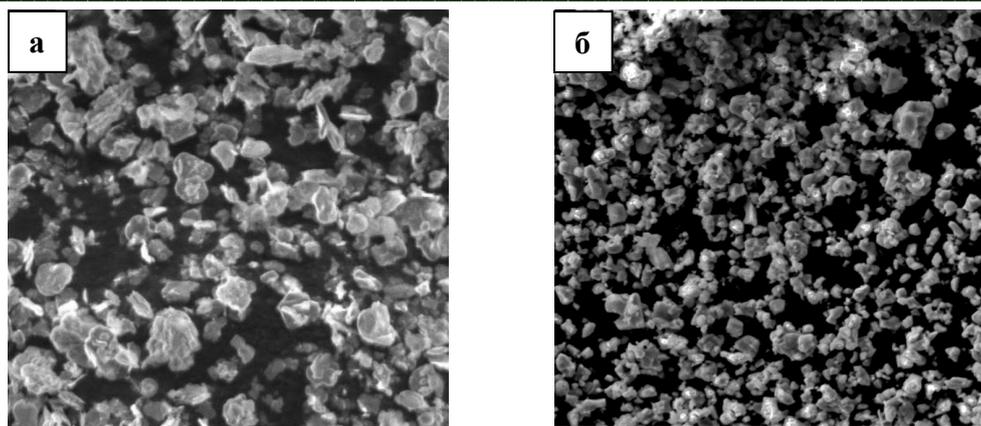


Рисунок 1 – РЭМ изображения исходных порошков: а – нитрид бора; б – карбид циркония

**Результаты и обсуждения.** Увеличение объемной доли нитрида бора в составе композита 0-5 % об. приводит к повышению относительной плотности с 94 до 100 %, с дальнейшим повышением содержания BN от 5 до 15% об. относительная плотность уменьшается со 100 до 94 %. Увеличение объемной доли нитрида бора в составе композита от 0 до 15 % об. приводит к снижению твердости с 13,5 до 7,06 ГПа.

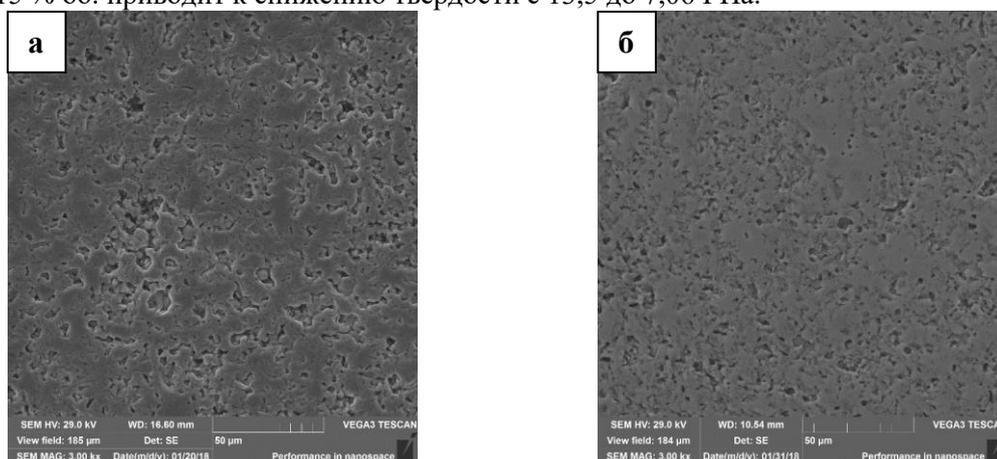


Рисунок 2 – РЭМ изображения поверхностной структуры композитов I-ZrC-BN: а – объемная доля BN 1 об.%; б – объемная доля BN 15 об.%

Измерения коэффициента трещиностойкости композитов ZrC-BN методом SEVNB демонстрируют повышение  $K_{IC}$  с 3,39 до 4,215 МПа\*м<sup>1/2</sup> в промежутке от 0 до 3% об. с последующим увеличением содержания BN  $K_{IC}$  снижается до 3,7 МПа\*м<sup>1/2</sup> при объемной доле BN 15%.

*Исследования выполнены при финансовой поддержке министерства науки и высшего образования Соглашение № 14.584.21.0026 от 18.10.19 (RFMEFI58417X0026).*

#### Список литературы

1. Чаевский В.В., Рудак П.В., Кулешов А.К./ Износ лезвий ножей дереворежущего фрезерного инструмента с ZrC-, ZrC-Ni-УДА-покрытиями // Труды БГТУ. 2017. №1. С.46-51.
2. Курдюмов А.В., Пилянкевич А.Н., Фазовые превращения в углероде и нитриде бора. – Киев: Наукова думка, 1979.
3. Рыгин А.В. Функциональные материалы ZrC/C: получение, свойства: дисс. на соиск. ст. маг. (07.06.17)/Рыгин Александр Влад-вич; ТПУ - Томск, 2017 - 121 с.