

Хань Лян (Китай), И.А. Фотин (Россия), Ю.А. Мировой (Россия)
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск
Научный руководитель: С.П. Буякова, д.т.н., профессор

ВНЕДРЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИФАЗНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ZrB₂-ZrC-SiC-BN-CNT

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследований полифазных керамических материалов, обоснован выбор их состава. Было обнаружено, что добавление углеродных нанотрубок MWCNT в состав полифазной керамики обеспечивает увеличение твердости.

Annotation. This paper presents the results of studies of polyphase ceramic materials, justifies the choice of their composition. An X-ray phase study of the obtained composites has been carried out. It has been found that the addition of MWCNT carbon nanotubes to polyphase ceramics provides an increase in hardness.

Современное развитие пассажиро- и грузоперевозок направлено, в первую очередь, на увеличение скорости движения и тяговооруженности транспортных средств. Одним из большого числа факторов, определяющих скоростные режимы перемещения железнодорожного и авиационного транспорта, является стабильность эксплуатационных характеристик пар трибосопряжения. В связи с этим, актуальной является задача разработки материалов в структурно-фазовом состоянии, обеспечивающем сохранение требуемого в высоконагруженных условиях эксплуатации комплекса трибологических характеристик [1]. Доказано, что эффективное увеличение вязкости разрушения непластичных материалов может быть обеспечено посредством фазового превращения, введением в керамическую матрицу волокон, нанотрубок, низко модульных включений. Однако, несмотря на прогресс в управлении ударной вязкостью керамик, достигаемые значения коэффициента интенсивности напряжений (K_{Ic}) недостаточны для их применений в большинстве ответственных узлов машин и механизмов [2-3].

Цель исследований в рамках данной работы - получение полифазных композиционных материалов на основе ZrB₂-SiC в структурно-фазовом состоянии, обеспечивающем синергизм диссипативных механизмов на разных уровнях структурной иерархии.

Материалы и методики исследований:

Составы порошковых смесей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Состав порошковых смесей

№	Обозначение керамики	Состав порошковых смесей
1	ZZSB5	[85%(ZrC(50%) - ZrB2 (50%)) - SiC (15%)] - BN (5%)
2	ZZSC1	[85%(ZrC(50%) - ZrB2 (50%)) - SiC (15%)] - MWCNT (1%)
3	ZZSB5C1	[85 % (ZrC(50%) - ZrB2 (50%)) - SiC (15%)] - BN (5%) - MWCNT (1%)

Образцы керамических композитов ZrB₂-ZrC-SiC-BN-MWCNT были получены горячим прессованием порошковых смесей. Данные о морфологии порошковых смесей и структуре композитов были получены при помощи сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega. Анализ фазового состава исходных порошков и композитов был проведен по дифрактограммам. Твердость композитов определена при индентировании пирамиды Берковича.

Результаты и обсуждение:

Измеренные плотность и твердость всех полученных композитов представлены в таблице 2. РЭМ-изображения образцов показаны на рисунке 1. На рисунке 2 приведены рентгеновские дифрактограммы полученных полифазных керамик. Анализ снимков полированных поверхностей композитов показал, что, полученные образцы имеют однородные структуры. По результатам рентгенофазового исследования керамических композитов ZZSB5, ZZSC1 и ZZSB5C1 не наблюдаются фазовые превращения.

Таблица 2

Свойства образцов

Состав	Твердость, ГПа	порн
ZZSB5	18.72±0.1	0.97
ZZSBC1	21.52±0.1	0.96
ZZSB5C1	28.92±0.2	0.96

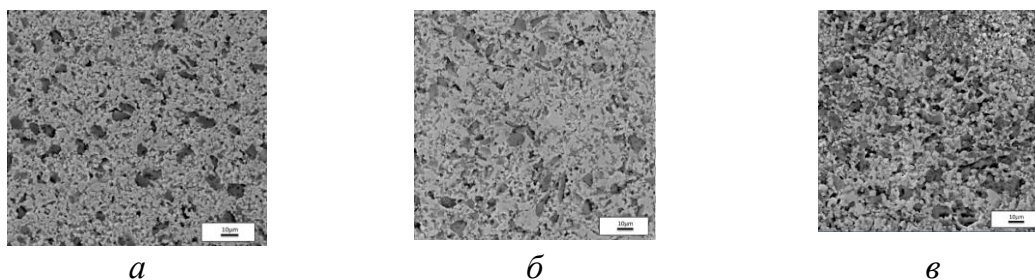


Рисунок 1. РЭМ изображения образцов: а - ZZSB5; б - ZZSC1; в - ZZSB5C1

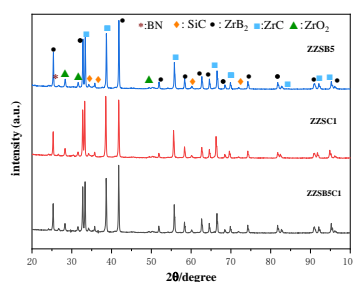


Рисунок 2. Рентгеновская дифрактограмма образцов

Заключение.

Установлено, что композиты ZZSB5C1 с содержанием 5% h-BN и 1% MWCNT имеют наибольшую твердость 28.92 ± 0.2 ГПа, по сравнению с композитами состава ZZSB5 и ZZSC1. Будущие исследования будут направлены на исследование механические свойства композитов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, номер проекта FWRW-2021-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang, X., Li, W., Hong, C., Han, W., Microstructure and mechanical properties of ZrB₂-based composites reinforced and toughened by zirconia, *Int. J. Appl. Ceram. Tech.*, 2008, vol. 5, no. 5, pp. 499–504.
2. Khoeini, M., Nemati, A., Zakeri, M., & Asl, M. S.. Pressureless sintering of ZrB₂ ceramics codoped with TiC and graphite. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2019.
3. А. С. Буюков, Ю. А. Мировой, С. П. Буюкова Влияние низкомолекулярных включений bn на свойства у-tzр керамики //Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. сварка. Инновации: материалы междунар. симпозиума, – Минск, 2019. – С. 2. – С.444-445.