

ВЛИЯНИЕ УГЛЕРОДА НА СВОЙСТВА ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КЕРАМИКИ КАРБИД ЦИРКОНИЯ / УГЛЕРОД (ZrC/C)

А.В. РЫГИН^{1,3}, Ю.А. МИРОВОЙ^{1,3}, А.Г. БУРЛАЧЕНКО^{2,3}, С.П. БУЯКОВА^{1,2,3}, С.Н. КУЛЬКОВ^{1,2,3}

¹Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет

²Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет

³Институт Физики прочности и Материаловедения СО РАН

E-mail: alexandr.rygin@gmail.com

Введение. Детали машин и механизмов, работающие в экстремальных условиях трения при повышенных либо пониженных температурах, нуждаются в современном подходе к решению проблемы продления срока службы трибонагруженных элементов. Традиционные смазки, изготавливаемые из органических веществ, в условиях низких температур теряют вязкие свойства, а при высоких температурах склонны к диссоциации. Металлы из которых изготавливают данные детали при отрицательных температурах склонны к хладноломкости, а при высоких испытывают вязкую деформацию под нагрузкой.

Решением поставленных задач может явиться создание самосмазывающихся композиционных керамических материалов с добавлением твердофазного агента. Углеродные материалы различных аллотропных модификаций позволяют получать материалы с повышенным ресурсом износостойкости [1]. Карбиды металлов переходных IV и V групп обладают высокими механическими характеристиками, температура плавления превышает 3000 °С [2]. В качестве объекта исследования выбран композиционный материал на основе карбида циркония ZrC с добавлением технического углерода С марки «П-234».

Материалы и методики. Морфология порошков С и ZrC, используемых при получении данных композиционных материалов, представлена на рисунке 1. Средний размер исходного порошка ZrC составил 3,5 мкм при величине стандартного отклонения 1,7 мкм. Механическая обработка порошковых смесей (объемная доля углерода составила 0, 1, 3, 5, 10 и 15 об.%) в планетарной мельнице с частотой вращения ~1300 об/мин приводит к снижению среднего размера частиц ZrC до 1,6 с величиной стандартного отклонения 1,1 мкм. Результаты рентгеноструктурного анализа ранее были представлены в работе [3].

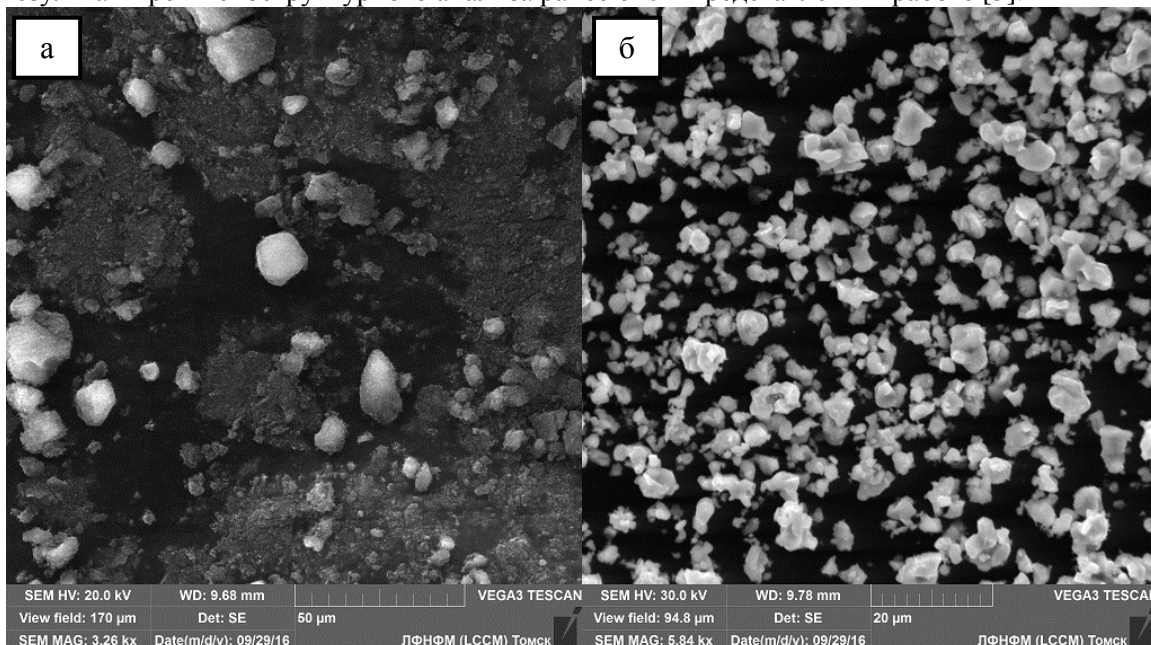


Рисунок 1 – РЭМ изображения исходных порошков: а – технический углерод марки «П-234»; б – карбид циркония

Композиты получены методом горячего прессования по схеме одностороннего нагружения в графитовой пресс форме. Температура спекания составила ~1800 °С, давление прессования равнялось 22,6 МПа. Синтез проведен в защитной атмосфере аргона.

Результаты и обсуждения. При увеличении объемной доли С в составе композита с 0 до 15 об.%, относительная плотность полученных композиционных материалов I-0-ZrC/C линейно уменьшилась с 0,84 до 0,78, соответственно. Для образцов I-I-ZrC/C, полученных из порошковых смесей прошедших механическую обработку, относительная плотность увеличивается с 0,83 до 0,86 в диапазоне 0-3 об.% доли С, затем снижается до 0,83 при 15 об.% добавки С. Изменение относительной плотности достигается за счет увеличения порового пространства в объеме керамики. Рисунок 2 демонстрирует поверхность структуры композитов I-0-ZrC/C, которая схожа с морфологией образцов I-I-ZrC/C, объемная доля С составляет 1 и 15 об.%.

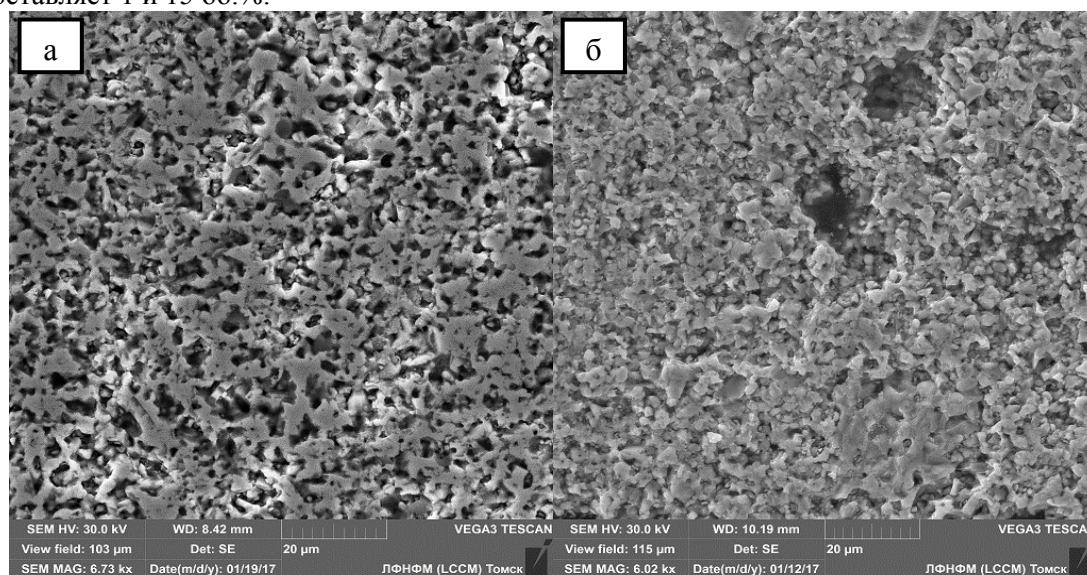


Рисунок 1 – РЭМ изображения поверхностной структуры композитов I-ZrC/C:
а – объемная доля С 1 об.%; б – объемная доля С 15 об.%

Величина твердости композитов I-0-ZrC/C и I-I-ZrC/C согласуется с изменением относительной плотности: для I-0-ZrC/C наблюдается линейное снижение твердости с 10,9 до 4,5 ГПа при увлечении доли С с 0 до 15 об.%; для I-I-ZrC/C наблюдается увеличение твердости с 7,7 до 9,5 ГПа в диапазоне с 0 до 3 об.% С и снижение до 2,8 ГПа при 15 об.%. Предел прочности при диаметральной сжатии с увеличением содержания углерода 1-15 об.% снижается с 233 и 305 МПа до 56 и 6 для образцов I-0-ZrC/C и I-I-ZrC/C, соответственно.

Список литературы

1. Su Y., Zhang Y., Song J. & Hu, L. Tribological behavior and lubrication mechanism of self-lubricating ceramic/metal composites: The effect of matrix type on the friction and wear properties // *Wear*. – 2017. – Vol. 372-373. – P. 130-138.
2. Yung D, Maaten B, Antonov M, Hussainova I. Oxidation of spark plasma sintered ZrC-Mo and ZrC-TiC composites // *Int J Refract Met Hard Mater*. – 2017. – Vol. 66. – P. 244-251.
3. Рыгин А.В., Мировой Ю.А. Получение композиционной системы карбид циркония – углерод (ZrC–C) методом горячего прессования // *Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XIV Межд. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Россия, Томск, 25–28 апреля 2017 г. / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой.* – Томск: Изд-во – ТПУ, 2017. – с.303-305.