

ВОЗДЕЙСТВИЕ УГЛЕРОДА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОЙ 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}

Научный руководитель: профессор, д.т.н. С.П. Буякова

¹Национальный Исследовательский Томский Политехнический университет
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Национальный Исследовательский Томский Государственный Университет

³Институт Физики прочности и Материаловедения СО РАН

E-mail: alexandr.rygin@gmail.com

Введение. Экстремальные условия эксплуатации элементов машин и механизмов требуют разработки новых материалов с увеличенным ресурсом службы, особенно в условиях высокотемпературного трения. Традиционных схемы, использующие в качестве смазки органические соединения, не способны удовлетворить предъявляемым требованиям. При пониженных температурах металлические изделия склонны к хладноломкости, что также требует особого решения.

Керамические композиционные материалы с твердофазной смазывающей добавкой способны стать решением сложившейся ситуации. Значительно улучшают трибологические характеристики, в том числе на основе керамических матриц, углеродные добавки различных аллотропных модификаций [1]. Температура плавления карбида циркония составляет 3400 °С, что позволит его использование в условиях высокотемпературного трения [2].

Материалы и методики. Исходными компонентами при получении композитов являлись порошки карбида циркония ZrC и технического углерода С марки «П-234». Порошок ZrC (рисунок 1.а) преимущественно представлен частицами неправильной формы размером от 0,2 до 3,0 мкм (максимальный размер частиц 9,9 мкм) и средним диаметром равным 1,4 мкм. Распределение частиц по размерам носит унимодальный характер со смещением вправо, величина стандартного отклонения 1,2 мкм.

Средний размер частиц карбида циркония ZrC (рисунок 1.б), подвергнутых механической обработке в планетарной мельнице механических смесей, составил 1,1 мкм. Основная часть находится в диапазоне 0,3-2,5 мкм, образуются крупные агломераты размером до 10 мкм, модальный диаметр частиц равен 0,8 мкм. Распределение частиц по размерам носит унимодальный характер. Результаты рентгеноструктурного анализа ранее были представлены в работе [3]. Морфология частиц технического углерода представлена в работе [4].

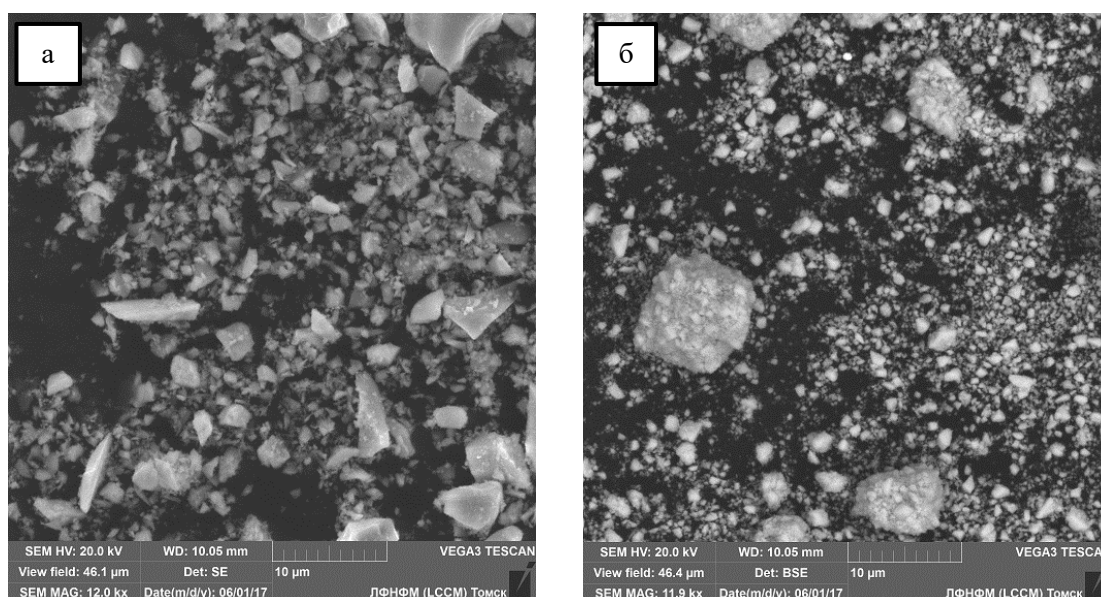


Рис. 1. РЭМ изображения исходных порошков ZrC: а – до механической обработки; б – после механической обработки

Результаты и обсуждения. Рентгеноструктурный анализ (рисунок 2) показал присутствие в составе композита ГЦК структуры ZrC, иных веществ в составе композита не обнаружено.

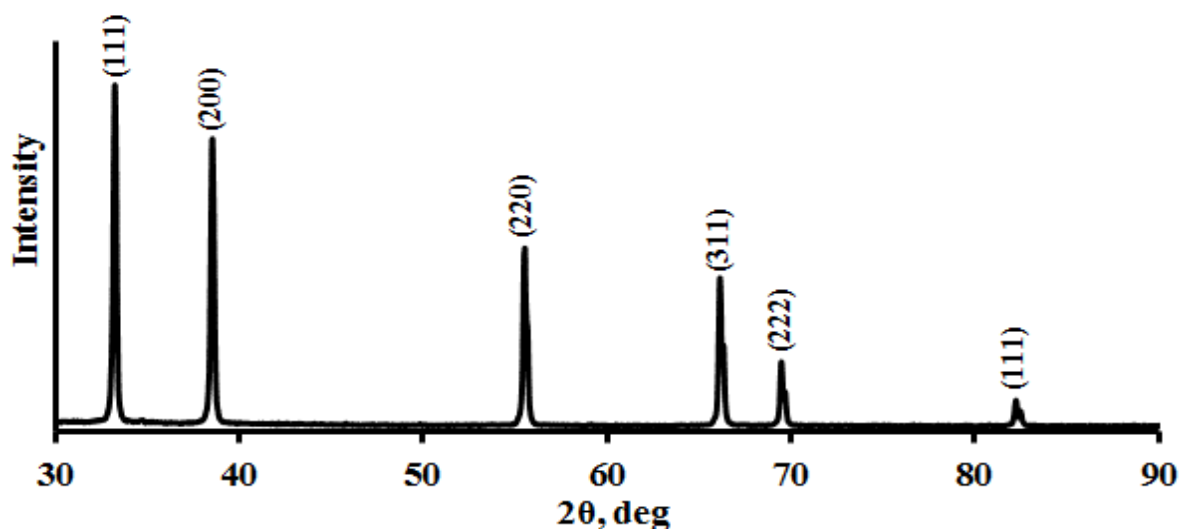


Рис. 2. Рентгенограмма композиционного материала ZrC/C (15 об.% С)

Увеличение содержания углерода в диапазоне 0-3 об.% С в составе композита ZrC/C приводит к увеличению относительной плотности с 90 до 94 %. При последующем увеличении объемной доли углерода до 15 об.% значение относительной плотности снижается до 82 %. Увеличение относительной плотности достигается за счет заполнения пустот частицами углерода, а последующее снижение связано с тем, что С препятствует спеканию частиц ZrC, температура сублимации которого выше температуры плавления ZrC.

Изменение твердости в диапазоне 0-5 об.% не наблюдается и равняется значению около 12,4 ГПа, при дальнейшем увеличении содержания С до 15 об.% снижается до 4,2 ГПа. Модуль упругости полученных композитов снижается с 464 до 213 ГПа при объемной доле С 0 и 15 об.%.

Механическая обработка не приводит к значительному изменению параметров полученных композитов. Относительная плотность увеличивается с 91 до 95 % в диапазоне 0-3 об.%, при объемной доле 15 об.% плотность снижается до 87 %.

Твердость в диапазоне 0-5 об.% имеет значение около 11,6 ГПа, при содержании углерода равном 15 об.% твердость имеет значение 3,7 ГПа.

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 Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Россия, Томск, 25–28 апреля 2017 г. / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой.* – Томск: Изд-во – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2017. – с.303-305
4. Рыгин А.В., Мировой Ю.А., Бурлаченко А.Г., Бужкова С.П., Кульков С.Н. Влияние углерода на свойства высокотемпературной керамики карбид циркония / углерод (ZrC/C) // *Современные технологии и материалы новых поколений – сборник трудов Международной конференции – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017.*