ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»,

посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина

в рамках
Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»

5–9 октября 2020 года
Томск, Россия

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/212

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ГЕТЕРОМОДУЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ ZRC/C SEVNB-МЕТОДОМ

[1,2]Мировой Ю.А., [1]Бурлаченко А.Г., [1,2,3]Буякова С.П.
[1]Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск
[2]НИ Томский политехнический университет, Томск
[3]НИ Томский государственный университет, Томск

Сверхвысокотемпературные керамики на основе карбидов, нитридов, боридов металлов IV-V групп периодической системы химических элементов благодаря сочетанию высокой температуры плавления, высокого модуля упругости, твердости и абляционной устойчивости нашли широкое применение в различных отраслях промышленности. Такие материалы используются в космической, энергетической, обрабатывающей и др. Карбид циркония ZrC обладает температурой плавления около 3400 ˚С, модулем упругости 412 ГПа, и твердостью 24 ГПа. Основным недостатком ZrC, как и других керамических материалов, является чувствительность к дефектам. Решением данной проблемы может стать создание структуры, обеспечивающей торможение или полную остановку трещин. Например, гетеромодульная керамика на основе высокомодульной матрицы с низкомодульными включениями.

В работах [1-3] подробно изложены механизмы, препятствующие распространению трещин в керамике на примере карбида титана. Углеродные включения обеспечивают увеличение трещиностойкости путем блокировки трещин на границе раздела углерод-карбидная матрица.

Целью работы является исследование трещиностойкости гетеромодульных композитов на основе ZrC с включениями частиц технического углерода от 1 до 15 об.%.

В определении критического коэффициента интенсивности напряжений (K_{IC}) гетеромодульных композитов, в работе использован SEVNB-метод, который заключается в формировании узкого V-образного надреза на одной из самых больших поверхностей образца, перпендикулярного длинной оси образца. Для получения V-образного профиля, первичный надрез был осуществлен с помощью электроэрозионной резки с шириной раскрытия 200 мкм, окончательный V-образный надрез был сформирован на вершине U-образного под углом 18˚. Схематичное изображение формы V-образного надреза (где, a – 0,8-1,2 мм, b – 0,5 мм, c – 200 мкм, β – 18˚) и изображение с полированной поверхности образца ZrC – 5 об. % C, подготовленным по методу SEVNB к исследованию, представлены на рис. 1.

Рис. 1. Схематическое изображение профиля V-образного надреза (а) и изображение поверхности образца ZrC – 5 об. % C, подготовленным по методу SEVNB (б)

Трещиностойкость, определялась для каждого образца по следующей формуле (1):

$$K_{IC} = F/b\sqrt{w} * S/w * 3\sqrt{\alpha}/2(1-\alpha)^{1.5} * Y \qquad (1)$$

где F – разрушающая нагрузка, МН; b – ширина образца, м; w – толщина образца, м; S – расстояние между опорами испытательного стенда, м; α – относительная глубина V-образного надреза; Y – коэффициент фактора интенсивности нагрузки образца.

Коэффициент интенсивности нагрузки зависит от формы образца и схемы разрушения балки. Для его вычисления была использована следующая формула (2):

$$Y = 1.9109 - 5.1552\alpha + 12.6880\alpha^2 - 19.5736\alpha^3 + 15.9377\alpha^4 - 5.1454\alpha^5 \quad (2)$$

где Y – коэффициент фактора интенсивности нагрузки образца; α - относительная глубина V-образного надреза.

Вычисления были проведены для всех образцов, подвергнутых испытанию. Были вычислены средние значения K_{IC} с округлением результатов до трех знаков после запятой. Коэффициент интенсивности критических напряжений для исходной керамики ZrC был равен 3,39 МПа*м$^{1/2}$. Наибольшее влияние на трещиностойкость оказало введение добавки 3 об. % частиц технического углерода в матрицу ZrC, значение K_{IC} составляло 4,535 МПа*м$^{1/2}$.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований СО РАН, проекта III.23.2.3 и РФФИ в рамках научного проекта №19-03-00160.

1. Popov O., Chornobuk S., Vishnyakov V. Structure formation of TiB2-TiC-B4C-C hetero-modulus ceramics via reaction hot pressing //International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2017. – Т. 64. – С. 106-112.
2. Popov O., Vishnyakov V. Fracture toughness in some hetero-modulus composite carbides: carbon inclusions and voids //Advances in Applied Ceramics. – 2017. – Т. 116. – №. 2. – С. 61-70.
3. Shabalin I. L. et al. Physicomechanical properties of ultrahigh temperature heteromodulus ceramics based on group 4 transition metal carbides //Advances in Applied Ceramics. – 2010. – Т. 109. – №. 7. – С. 405-415.