

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-076

СИНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ МЕХАНИЗМОВ УВЕЛИЧЕНИЯ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ZrO_2

Буякова С.П., Бурлаченко А.Г., Мировой Ю.А., Буяков А.С., Дедова Е.С.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Прочность большинства керамик значительно превышает прочность конструкционных металлов, однако присущая керамике имманентная хрупкость существенно ограничивает их использование не только в качестве конструкционных, но и в качестве функциональных материалов. В настоящее время известны разные механизмы увеличения ударной вязкости керамических материалов, действие которых заключается в увеличении работы распространения трещин. Между тем, приращение ударной вязкости, обеспечиваемое каждым из механизмов в отдельности, недостаточно для многих потенциальных областей практического использования керамик. В связи с этим возникает необходимость исследования возможности синергетического действия нескольких механизмов увеличения ударной вязкости керамических материалов.

Целью данной работы стало исследование одновременного действия разных механизмов увеличения ударной вязкости керамики на основе $ZrO_2(3Y)$. Для этого в керамическую матрицу $ZrO_2(3Y)$ вводились многослойные углеродные нанотрубки (MWCNTs), частицы гексагонального нитрида бора (h)BN в отдельности и совместно. Были получены образцы для испытаний монолитной керамики $ZrO_2(3Y)$, композитов $ZrO_2(3Y)$ -MWCNTs, композитов $ZrO_2(3Y)$ -(h)BN и композитов $ZrO_2(3Y)$ -MWCNTs-(h)BN. Содержание в композитах каждого из компонентов MWCNTs и h-BN варьировалось как 0.25, 0.5, 1, 3, 5 объемн.%. В композитах, содержащих одновременно MWCNTs - (h)BN, их суммарное содержание составляло 0.25, 0.5, 1, 3, 5 объемн.%. Измерение вязкости разрушения (коэффициента интенсивности напряжений (K_{1C})) керамики $ZrO_2(3Y)$ и композитов производилось методом V-образного надреза (SEVNB).

Анализ фазового состава поверхности разрушения керамики $ZrO_2(3Y)$ и композитов $ZrO_2(3Y)$ -MWCNTs-(h)BN показал, что доля моноклинной модификации ZrO_2 на поверхности разрушения для всех рассматриваемых материалов больше, чем зафиксировано на полированной поверхности, что свидетельствует о реализации трансформационного перехода из тетрагональной в моноклинную модификацию ZrO_2 .

Величина K_{1C} для керамики $ZrO_2(3Y)$ составила $6.1 \pm 0.32 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Механизмом, сдерживающим распространение трещин в керамике $ZrO_2(3Y)$, является трансформационный переход из тетрагональной в моноклинную модификацию диоксида циркония. Присутствие в керамической матрице $ZrO_2(3Y)$ включений MWCNTs и (h)BN оказало положительное влияние на ударную вязкость, величина K_{1C} возрастала при увеличении содержания включений. Наибольшую вязкость разрушения имели композиты с включениями гексагонального нитрида бора. При содержании (h)BN в керамической матрице 5 wt. % коэффициент интенсивности напряжений составил $9.2 \pm 0.31 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Увеличение ударной вязкости в этих композитах обусловлено действием двух механизмов - трансформационным переходом ZrO_2 и полной остановкой и/или бифуркацией трещин на относительно слабых границах раздела «матрица-включение» (механизм Кука-Гордона). Для композита $ZrO_2(3Y)$ - 5 wt.% MWCNTs $K_{1C} = 7.8 \pm 0.29 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. В композитах с включениями углеродных нанотрубок распространение трещин сдерживалось трансформационным переходом ZrO_2 и вытягиванием MWCNTs при раскрытии трещин (мостикованием). Для композитов $ZrO_2(3Y)$ -MWCNTs-(h)BN наибольшая вязкость разрушения наблюдалась для состава с суммарным содержанием включений 5 %, $K_{1C} = 7.9 \pm 0.34 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Очевидно, что увеличение ударной вязкости в этих композитах обусловлено одновременным действием трех механизмов - трансформационным переходом диоксида циркония, вытягиванием MWCNTs из керамической матрицы и бифуркацией трещин на границах с (h)BN.

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