

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА ТРЕЩИН В КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ V_4C

Евдокимов И. Н., Лещук А. А., Кайдаш О. Н.

Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины,
ул. Автозаводская, 2, г. Киев, 04074, тел. (044) 4326848, E-mail: ivv@ism.kiev.ua

Представлены результаты конечно-элементного моделирования процесса роста трещин в микроструктуре керамических материалов на основе V_4C . Проведен сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных. Показано, что высокое расчетное значение энергии роста трещины соответствует высокой трещиностойкости материала. Разработанная модель применима для оценки прочностных свойств разрабатываемых керамических материалов.

Инициация трещины в расчетном случае требует большего количества энергии, чем в реальной микроструктуре, т. к. в расчетной модели дефекты микроструктуры отсутствуют. С другой стороны, рост трещины в бездефектной структуре может быть менее энергоемким, т. к. единственным препятствием росту будет являться трещиностойкость и наличие более прочной фазы. Поэтому, полученные результаты более применимы для проведения сравнительного анализа.

Представлен анализ трех микроструктур: карбид бора, карбид бора с частицами TiB_2 , карбид бора с частицами оксида алюминия (табл.). Критерий инициации трещины – максимальное главное напряжение. Расчетная цель – прорастание трещины по всей длине микроструктурной области.

Таблица

Расчетные случаи

Структура	Описание материала
№ 1	Поликристаллический V_4C
№ 2	V_4C – основная фаза, до 15% TiB_2
№ 3	V_4C – основная фаза, до 7% оксида Al_2O_3

Итак, после инициации, рост трещины в бездефектной микроструктуре происходит за очень короткий промежуток времени, практически без потребности дополнительной энергии извне. Такое поведение характерно для хрупких керамических материалов.

Значение энергии, затраченной на рост трещины, разное для всех микроструктур. Однако полученные результаты позволяют прово-

дить сравнительный анализ сопротивления росту трещины в микроструктуре. На рисунке показаны энергетические затраты трещины при прорастании сквозь микроструктурную область для трех керамических образцов. Как видно, инициация трещин и рост трещин субкритических размеров энергетически малозатратны и требуют для роста постоянного увеличения внешней силы. Достигая критического порога длины, трещина растет почти без потребности в увеличении внешней силы, до полного разрушения.

Как видно, наиболее энергозатратный рост трещины наблюдается у структуры № 3 и наименее затратный – у структуры № 1. Т.к. основная фаза материалов – V_4C , очевидно, что дополнительные энергозатраты обеспечивают дополнительные фазы. Эти затраты могут обеспечиваться как за счет роста трещины в более прочной дополнительной фазе так и за счет дополнительной логистики трещины при гибании более жесткого включения.

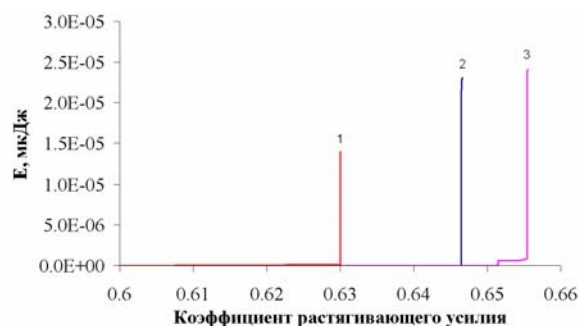


Рис. Энергия, затраченная на рост трещины

Проведены исследования керамических материалов на основе V_4C с добавками TiB_2 и Al_2O_3 . Путем моделирования поведения материала на микроструктурном уровне показано, что добавки оказывают положительное влияние на сопротивление росту трещины. Рост трещины в композите имеет интеркристаллитный характер, а в поликристаллическом карбиде бора – транскристаллитный характер. Полученные расчетные результаты качественно согласуются с экспериментальными данными.