

ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

УДК 538.94

DOI: 10.17223/00213411/65/4/25

ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ВЯЗКОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ГЕТЕРОМОДУЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ ОДНООСНОМ СЖАТИИ*

М.О. Еремин, А.А. Пажин

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Создание новых композиционных керамических материалов на основе карбида циркония является одной из эффективных методик борьбы с имманентной хрупкостью материала. Одним из ключевых физических параметров, характеризующих способность материала сопротивляться росту трещин, является вязкость разрушения. В работе представлена численная методика оценки данного параметра для гетеромодульных керамических материалов на основе карбида циркония при одноосном сжатии. Показано также, что введение низкомодульных частиц, по сравнению с матрицей, задерживает разрушения и снижает интегральную хрупкость материала за счет реализации дополнительных механизмов разрушения. Показано, что на основе механического отклика мезообъема материала с явным учетом структуры при одноосном сжатии можно выполнить оценку вязкости разрушения в удовлетворительном согласии с экспериментальными данными.

Ключевые слова: карбид циркония, вязкость разрушения, математическое моделирование, разрушение, одноосное сжатие, гетеромодульная керамика.

Введение

Керамические материалы на основе оксидов, карбидов, боридов и нитридов некоторых металлов получили широкое распространение в настоящее время в качестве термобарьерных материалов [1]. Область применения керамик не ограничивается способностью выдерживать высокие температуры вплоть до 2500 °С. Свойства керамик позволяют применять их для защиты от износа, коррозии, ударных нагрузок и т.д. При соизмеримых значениях прочности, в сравнении с классическими конструкционными материалами, керамики обладают значительно меньшим весом. При этом существенным недостатком керамических материалов является их хрупкость, обусловленная типом химической связи [2]. Появление в материале растягивающих напряжений приводит к зарождению и нестабильному распространению трещин. Полностью избавиться от растягивающих напряжений не представляется возможным, поскольку, даже в условиях всестороннего сжатия, внутренняя структура обеспечивает возникновение локальных растягивающих напряжений. Тем не менее способы торможения и/или стабилизации растущих трещин, посредством различных механизмов упрочнения, постоянно разрабатываются и исследуются. Таким образом, фактически высокая практическая значимость разработки новых способов увеличения вязкости разрушения циркониевых керамик обеспечивает высокую научную значимость и актуальность решения обозначенной проблемы.

Влияние упрочняющих частиц на увеличение вязкости, механизм и закономерности разрушения керамических материалов на основе карбида циркония, а также оксидов, нитридов и т.д. активно исследуется в мировой литературе [3–10].

В настоящее время разрабатываются различные методы повышения вязкости разрушения различных керамик [6]. Так, одним из методов является добавление частиц оксида циркония и карбида кремния, позволяющих добиться эффекта самозалечивания дефектов при термической активации [9]. Механизм упрочнения основан на формировании тонкого стеклянного слоя, препятствующего окислению карбида циркония. В работе [7] исследовано увеличение ряда свойств гетеромодульной керамики на основе карбида бора при добавлении меди и марганца в порошки карбида на этапе пиролиза. Отмечается немонотонный характер влияния объемной доли низкомодульного материала на свойства всей композиции, что позволяет делать оптимальный выбор для обеспечения необходимых свойств. Авторы работы [8] исследовали влияние содержания частиц

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0002.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>