

УДК 539.422.5:004.94

DOI: 10.17223/00213411/64/6/118

*Г.М. ЕРЕМИНА, А.Ю. СМОЛИН, И.П. МАРТЫШИНА***ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ
ДВОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ***

Рассмотрены керамические композиты на основе матрицы ZrB_2 с включениями частиц SiC и $MoSi_2$. Варьировались объемная доля обоих типов включений, их размер и расположение в пространстве. Для изучения влияния структуры композитов на их прочность при сжатии была разработана компьютерная модель элементарной ячейки соответствующих композитов на основе метода подвижных клеточных автоматов. В результате моделирования выявлены особенности механического поведения композитов $ZrB_2-X(SiC)-Y(MoSi_2)$ с различным дизайном структурно-фазовой иерархии. Показано, что керамика с двойной композитной структурой, где включения $MoSi_2$ формируют мезоскопические гранулы, демонстрирует лучшие механические характеристики за счет торможения микротрещин по сравнению с материалом, обладающим равномерным расположением обоих типов включений в объеме композита.

Ключевые слова: керамические композиты, иерархическая структура, прочность, торможение трещин, моделирование, метод подвижных клеточных автоматов.

Введение

Современные технологии производства конструкционных и функциональных материалов позволяют получать высокоэффективные композиты, обладающие сложной многоуровневой структурой на различных пространственных масштабах. Так, металломатричные композиты с керамическими включениями уже нашли широкое применение во многих отраслях промышленности, в частности в машиностроении [1]. Однако, несмотря на хорошие перспективы использования керамических материалов, до сих пор актуальной остается проблема изначально присущей им хрупкости и низкой устойчивости к микротрещинам и порам. Повышенная чувствительность к дефектам является причиной низкой живучести и надежности керамических изделий. Неконтролируемое распространение трещин определяет ограниченное использование керамики в несущих конструкциях и узлах трения, хотя они значительно превосходят металлы по сопротивлению ползучести и износостойкости.

Решение проблемы низкой живучести и надежности керамических конструкций может быть основано на формировании специальной структуры, обеспечивающей адаптационный отклик керамического материала на внешнее воздействие. В качестве эффективных процессов адаптации материалов к приложенным нагрузкам следует рассматривать увеличение работы распространения трещин, и, соответственно, их торможение. В настоящее время существует несколько способов формирования структуры керамических композитов: композиты с равномерным случайным распределением включений, с градиентным расположением включений, двойные композиты, причем отвечающий английскому «dual composite» термин еще не устоялся в русскоязычной научной литературе [2]. Создание двойных композитов основано на применении двух типов включений с различной их организацией в пространстве и является одним из новых и перспективных способов получения материалов с эффективной внутренней структурой. По литературным данным иерархическая структура двойных композитов способствует торможению трещин и повышению прочностных свойств по сравнению с композитами с равномерным распределением включений [3].

К настоящему времени основные результаты по двойным композитам получены экспериментально. Однако ряд ограничений натурального эксперимента, в частности, невозможность варьировать в широких пределах долю и пространственное расположение включений, не позволяет установить определенные зависимости свойств этих композитов от их структуры. В таких случаях для выявления влияния конкретных факторов на механическое поведение материалов со сложной структурной иерархией применяется компьютерное моделирование [4–10], но моделирование механических свойств двойных композитов до сих пор не проводилось.

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0009.

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>