УДК 539.37;539.42

DOI: 10.17223/00213411/63/5/38

*Ю.А. МИРОВОЙ, А.Г. БУРЛАЧЕНКО, С.П. БУЯКОВА***СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ГЕТЕРОМОДУЛЬНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ КОМПОЗИТОВ ZrC/C ***

Изучено влияние свободного углерода на уплотнение и механические свойства гетеромодульных композитов ZrC/C. Показано, что содержание свободного углерода до 3 об. % приводит к снижению остаточной пористости в гетеромодульном композите, в то время как концентрация свободного углерода более 3 об. % увеличивает остаточную пористость. Помимо этого, увеличение содержания углерода в композитах ZrC/C повышает трещиностойкость спеченного материала. Трещиностойкость для чистого карбида циркония составляла $K_{Ic} = 4.3 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, для состава с содержанием углерода 3 об. % $K_{Ic} = 7 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. Наименьшей вязкостью разрушения обладал состав с содержанием углерода 15 об. %, $K_{Ic} = 5.3 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$.

Ключевые слова: керамический композит, карбиды, трещиностойкость, твердость, упругость, гетероструктуры.

Введение

Высокая температура плавления, устойчивость к окислению, высокая химическая стойкость, удовлетворительная теплопроводность делают карбид циркония весьма перспективным материалом для разных областей использования – ракетостроение, энергетическое машиностроение, металлообработка [1–3]. Однако избыточная хрупкость ZrC ($K_{Ic} \approx 3\text{--}4 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$) [4–6] и, как следствие, неконтролируемое развитие повреждений являются существенным препятствием для его использования.

Увеличение вязкости разрушения хрупких керамических материалов достигается созданием в них диссипативных структур, обеспечивающих торможение или остановку развития трещин [7, 8]. Одним из механизмов эффективного увеличения вязкости разрушения является механизм торможения трещин на относительно слабых внутренних границах между матрицей и армирующим компонентом в полифазных керамиках. Этот механизм описан Джеймсом Гордоном и Джоном Куком [9], и его особенность состоит в разветвлении трещины на границе матрица – включение при выполнении неравенства для отношения энергии адгезионного разрыва границы раздела матрица – включение к энергии разрушения матрицы. Основной предпосылкой к реализации механизма Кука – Гордона является разнородность материалов матрицы и включений. В последнее время такого рода материалы относят к классу гетеромодульных материалов (НМС – Heteromodulus Composite Materials), в которых матрица и включения имеют существенное отличие по величине модуля упругости [10–17].

Цель настоящей работы – выявление влияния низкомодульных включений в высокомодульной матрице ZrC на механические свойства гетеромодульных композитов ZrC/C.

Материалы и методики исследований

В качестве исходных компонентов керамических композитов ZrC/C были использованы промышленные порошки карбида циркония ZrC стехиометрического состава (средний размер частиц $\langle d \rangle = 1.4 \text{ мкм}$) и порошок технического углерода С (средний размер частиц $\langle d \rangle = 1.2 \text{ мкм}$). Смешивание порошков ZrC и С производилось в барабанном смесителе в растворе этилового спирта, содержание углерода в порошковых смесях ZrC–С составляло от 1 до 15 об. %. Образцы керамики ZrC и керамических композитов ZrC/C получены горячим прессованием порошковых смесей в атмосфере аргона при давлении 23 МПа с изотермической выдержкой в течение 15 мин при температуре 1800 °С.

Анализ фазового состава исходных порошков ZrC и С и композитов ZrC/C производили по рентгеновским дифрактограммам, полученным с использованием монохроматического $\text{CuK}\alpha$ -излучения в интервале углов дифракции $2\theta = 10\text{--}120^\circ$. Морфология порошков и структура компо-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.3.

Уважаемые читатели!

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

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