

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКАЛЕНИЯ $Al_2O_3-ZrB_2$ С ДОБАВЛЕНИЕМ 30% КАРБИДА КРЕМНИЯ

А.А. ГРИКОВА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: qwwwap@mail.ru

На сегодняшний день композиты $Al_2O_3-ZrO_2$ широко используются в различных отраслях промышленности [1]. Однако, композиты $ZrO_2 - Al_2O_3$ уже не удовлетворяют современным требованиям машиностроения. Актуальными на сегодняшний день направлением работ в области развития композиционных материалов, является создание керамических композиционных материалов нового класса обладающих высокой твердостью, химической инертностью способных выдерживать длительное воздействие агрессивных сред, высокого давления, с повышенной стойкостью к хрупкому разрушению и трещиностойкостью при температуре эксплуатации более 1600 градусов. Существует ряд работ, показывающих улучшение свойств керамических композитов на основе $Al_2O_3-ZrO_2$ за счет добавления в них более тугоплавких и высокомодульных соединений типа WC, TiC, TiB_2 , ZrB_2 , ZrO_2 , и SiC волокон [2, 3].

Наибольший интерес вызывает ZrB_2 , который является членом семейства материалов, известных как ультра-высокотемпературная керамика, а так же имеет уникальное сочетание высокой твердости, химической стабильности, высокой электропроводности и теплопроводности. Композиционные материалы $Al_2O_3-ZrO_2-ZrB_2$ еще мало изучены, что говорит о перспективах в исследовании. В связи с этим, целью исследования является получить трехкомпонентный композит на основе оксида алюминия и добавок в него диоксида циркония и диборида циркония, и исследовать его структуру и физико-механические свойства. В данной работе были использованы нано порошки оксида алюминия со средним размером частиц 4,7 мкм, гранулированный нанопорошок диоксида циркония с размером гранул 50 мкм, и размером частиц 30нм, и порошок диборида циркония со средним размером частиц 2,5 мкм. Получение однородной порошковой композиции достигалось следующим образом: создавали водные суспензии отдельных компонентов, смешивали их друг с другом с помощью магнитной мешалки, с последующей обработкой суспензии ультразвуком. Осаждение полученной композиции производили путем флокуляции частиц из раствора за счет повышения уровня pH, с последующей вакуумной сушкой. В результате были получены композиционные смеси оксида алюминия с добавлением диборида циркония до 30%, а так же трех компонентные смеси, в которые добавили 10% диоксида циркония. Керамические композиты получены методом горячего прессования в среде аргона. Прессование проходило при температурах спекания 1400, 1500, 1600 градусов, давление прессования 50 МПа. Скорость нагрева варьировалась от 300 до 150 °/с, время выдержки изменялось от 5 до 20 минут.

Исследование структурно-фазового состояния, механических характеристик полученных композитов в зависимости от содержания в них дисперсных включений тугоплавких соединений проводили методами рентгеноструктурного анализа, фазового анализа, оптической, растровой и комплексом испытаний на твердость, трещиностойкость. Установлено, что при горячем прессовании керамических композитов $Al_2O_3-ZrB_2-ZrO_2$ происходит окисление диборида циркония с последующим испарением через газовую фазу. Следовательно, необходимо уделить внимание рабочей атмосфере и способам ограничения активного взаимодействия диборида циркония с кислородом находящемся в оксиде алюминия, одним из способов может быть добавление карбида кремния, который образует защитный слой на поверхности материала[4]. В результате, методом горячего прессования в среде азота, при температуре спекания 1800°C и выдержке 5 минут, удалось получить композиты системы $Al_2O_3-ZrB_2(SiC 30\%)$ с ультрамелкозернистой структурой и минимальной пористо-

стью. Рентгенофазовый анализ показал, что в результате горячего прессования композитов $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrB}_2(\text{SiC})$, их исходный фазовый состав сохраняется.

Растровая электронная микроскопия свидетельствует о равномерном распределении компонентов в матрице из оксида алюминия (рисунок 1). Видно, что все структурные составляющие распределены равномерно по всему объему матрицы из оксида алюминия. Микроанализ изображений отпечатков алмазной пирамиды Вickers (рисунок 1 а) и трещин выходящих из вершин отпечатков (рисунок 1 б), показал, что при движении трещины через зерна матрицы наблюдается транскристаллитный путь, когда трещина натывается на зерна диборида циркония, то возможны два варианта движения трещины, в первом случае если зерно ZrB_2 меньше 3 мкм, то трещине энергетически выгодно пройти по границе зерна, в обратном случае, трещина движется сквозь зерно.

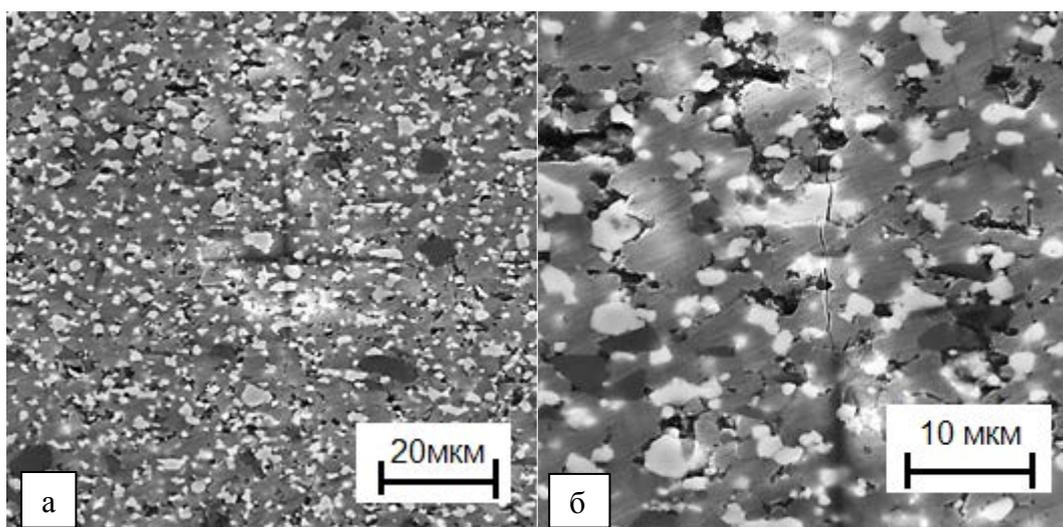


Рисунок 1 - Типичные изображения структуры композита $80\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}20\text{ZrB}_2(\text{SiC})$ шлиф – отпечаток пирамиды Вickers (а), характер движения трещины из угла отпечатка (б)

Показано, что твердость и вязкость линейно возрастают с увеличением температуры горячего прессования. Оптимальное сочетание механических свойств показал состав $80\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}20\text{ZrB}_2(\text{SiC})$ его твердость и вязкость разрушения составили 19.1 ГПа и 5,5 $\text{МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ соответственно. Анализ механизмов упрочнения показал, что происходит значительное ветвление трещины по границам зерен $\text{ZrB}_2(\text{SiC})$ и как следствие уменьшение ее энергии, что приводит к торможению трещины и повышению вязкости разрушения композита в целом.

Список литературы

1. Sato T, Shiratori A, Shimada M. Sintering and fracture behavior of composites based on alumina–zirconia(yttria)–nonoxides. *J de Physique* 1986;47:733–7.
2. Dibyendu Chakravarty, G. Sundararajan Microstructure, mechanical properties and machining performance of spark plasma sintered $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-TiCN}$ nanocomposites // *Journal of the European Ceramic Society* 33 (2013) 2597–2607.
3. Dong Q, Tang Q, Li W. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC-ZrO}_2$ nanocomposite fabricated by combustion synthesis followed by hot pressing. *Mater Sci Eng* 2008;A475:68–75.
4. Fahrenholtz, William G. [Thermodynamic analysis of \$\text{ZrB}_2\text{-SiC}\$ oxidation: formation of a SiC-depleted region](#) // *J. Am. Ceram. Soc.*, 90 [1] 143–148 (2007).