

Список литературы

1. Полетика И. М., Голковский М. Г., Борисов М. Д., Салимов Р. А., Перовская М. В. Формирование упрочняющих покрытий в пучке релятивистских электронов // Физика и химия обработки материалов. – 2005. - №5 - С. 29-41.
2. Eunsub Yun, Sunghak Lee, Improvement of hardness and wear resistance in stainless-steel-based surface composites fabricated by high-energy electron beam irradiation./Surface & Coatings Technology 200 (2006) 3478–3485.
3. Радченко М. В., Батырев Н. И., Тимошенко В. Н. Структура и свойства индукционных и электронно-лучевых наплавов из порошкообразных материалов // МиТОМ. – 1987. -№7. – С. 58-60
4. Chenxin Jin, Chukwuma C. Onuoha, Zoheir N. Farhat, Georges J. Kipourous, K.P. Plucknett, Microstructural damage following reciprocating wear of TiC-stainless steel cermet./Tribology International 105 (2017) 201–218.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТА ZrO_2 -MgO С МНОГОУРОВНЕВОЙ ПОРОВОЙ СТРУКТУРОЙ

БУЯКОВ А.С.^{1,2}, КУЛЬКОВ С.Н.^{1,3,2}

¹ Томский государственный университет

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

³ Томский политехнический университет

E-mail: alesbuyakov@gmail.com

Керамика на основе диоксида циркония при определенных условиях обладает высокой вязкостью разрушения и способностью к трансформационному механизму упрочнения, индуцируемому высокими механическими напряжениями, и заключающемся в мартенситном превращении из тетрагональной в моноклинную структуру, например, во фронте распространения трещины. Из исследований ряда авторов известно, что рост концентрации MgO до 25% приводит к стабилизации ZrO_2 в кубической фазе, лишенной псевдоупругости и разрушение которой описывается как хрупкое. Дальнейшее увеличение концентрации MgO до 43% должно приводить к снижению предела прочности такого композита, ввиду того, что MgO обладает меньшей прочностью, чем ZrO_2 . Целью настоящей работы является исследование зависимости прочности от структурно-фазового состояния композита ZrO_2 -MgO с бимодальной пористостью в широком диапазоне концентраций компонент.

В работе исследованы пористые керамические материалы ZrO_2 -MgO с относительной концентрацией компонент 0, 25, 50, 75 и 100 мас. % и пористостью порядка 50 об. %, спеченные при 1600 °C.

Проведен рентгеноструктурный анализ, исследовано морфологическое строение керамик и определен предел прочности при сжатии.

Исследование поверхностей керамических образцов с помощью растровой электронной микроскопии показало, что внутренняя поровая структура имеет бимодальный характер со средним размером пор порядка 30 мкм и 110 мкм.

Анализ диаграмм «напряжение-деформация» образцов исследуемых материалов показал, что предел прочности при сжатии керамики MgO равен 33 МПа. С ростом концентрации кубической фазы ZrO_2 прочность снижается до 18 МПа. На основе совокупных данных о пределе прочности и микродеформациях кристаллической решетки построена зависимость между макронапряжениями, соответствующими нагрузке при разрушении, и микронапряжениями, соответствующими произведению микродисторсии и

теоретического модуля упругости, рисунок 1 а. Видно, что при достижении MgO в составе 25 мас. % величина микронапряжений резко снижается, почти не изменяясь с дальнейшим увеличением количества MgO.

При построении зависимости типа Холла-Петча между микронапряжениями и средним размером ОКР композита, рассчитанных по правилу смеси и принятых за средний размер кристаллитов, можно рассчитать коэффициент Холла-Петча K , равный $0.38 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, близкий по своему значению к коэффициенту свинца ($K_{\text{Pb}} = 0.33 - 0.43 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$), рисунок 1 б. Такое anomальное поведение пористой керамики при осевом нагружении может быть объяснено проявлением эффекта псевдо-пластичной деформации, соответствующего «мягкому разрушению» поровой структуры в приконтактной области с нагружающей плоскостью универсальной испытательной машины.

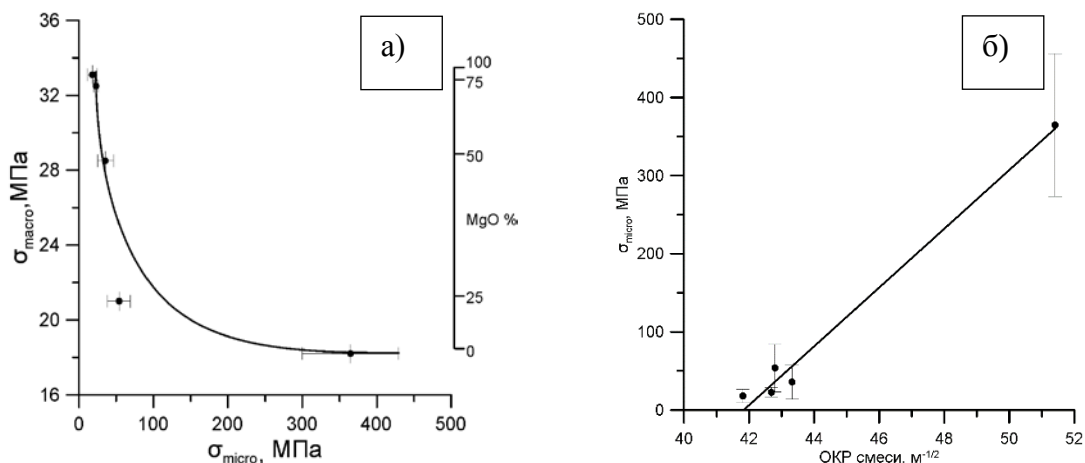


Рисунок 1. а. Зависимость предела прочности от микронапряжений: а. микронапряжения материала, рассчитанные по правилу смеси; б. Зависимость величины микронапряжений от ОКР композита

В работе показано, что с введением в порошковый состав $\text{ZrO}_2\text{-MgO}$ частиц СВМПЭ в качестве порообразователя возможно получение керамик с бимодальной поровой структурой, что обусловлено выгоранием порообразующих частиц, средний размер которых соответствует размеру крупных пор, и упаковке частиц керамического порошка, полости между которыми соответствуют порам меньшего размера

Прочность полученных керамик в большей степени определяется микронапряжениями кристаллической решетки, при росте которых предел прочности снижается.

Построение зависимости типа Холла-Петча величины микронапряжений от среднего размера областей когерентного рассеяния говорит о псевдо-пластичном поведении исследуемых керамических материалов при нагружении с коэффициентом $K=0.38 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Такое поведение нехарактерно для хрупких керамических материалов и соответствует пластичным металлам, однако может быть объяснено высокой пористостью, которая, возможно, препятствует распространению трещин в объем материала.

Список литературы

1. Кульков С. Н. и др. Негуковское поведение пористого диоксида циркония при активной деформации сжатием //Журнал технической физики. – 2002. – Т. 72. – №. 3. – С. 38-42.
2. Буякова С. П. Формирование структуры в нанокристаллической порошковой системе ZrO_2 (MeO_y) //Перспективные материалы. – 2007. – №. 6. – С. 74-78.