

МИКРО- И МАКРОПРОЧНОСТЬ КЕРАМИКИ С БИМОДАЛЬНОЙ ПОРОВОЙ СТРУКТУРОЙ

А.С. Буяков, Е.О. Васильева, Д.А. Ткачев

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. С.Н. Кульков

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: alesbuyakov@gmail.com

MICRO- AND MACROSTRENGTH OF CERAMICS WITH A BIMODAL PORE STRUCTURE

A.S. Buyakov, E.O. Vasilyeva, D.A. Tkachev

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.N. Kulkov

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: alesbuyakov@gmal.com

***Abstract.** This paper presents the results of macro- and microstrength studying in ceramic composite materials ZrO_2 -MgO with 50% porosity. Pores had a bimodal structure with average sizes about 28 and 103 microns. It was shown that the material strength is mainly determined by grain boundaries stresses and reduce with increasing of the second type stress.*

Введение. Пористые керамики – особый класс материалов, эксплуатационные характеристики которых определяются объемом порового пространства и геометрией пор. Они нашли широкое применение в качестве фильтрующих элементов, носителей катализаторов, термостойких изоляторов и легких структурных компонентов. Большой интерес среди таких материалов вызывает композит, на основе оксидов циркония (ZrO_2) и магния (MgO) ввиду высоких прочностных свойств и стойкости к агрессивным средам. Рядом авторов уже проводились исследования по изучению этого материала композита с однородной поровой структурой [1, 2], однако в настоящее время наблюдается недостаток знаний того, как ведут себя механические и структурные параметры материала при полимодальной пористости и в широком диапазоне концентраций компонент.

Материалы и методы. В работе исследованы пористые керамические материалы ZrO_2 -MgO, полученные методом холодного одноосного прессования механических смесей исходных порошков с добавлением 50 об. % частиц сверхвысокомолекулярного полиэтилена (UHMW PE) и последующим спеканием при температуре 1600 °C и изотермической выдержкой в течение часа при 300 °C для удаления порообразователя.

Изучены тонкая кристаллическая структура материалов с помощью рентгеноструктурного анализа, морфология полированной поверхности керамик с помощью растрового электронного микроскопа и определен предел прочности материалов при сжатии.

Результаты и их обсуждение. Поровая структура материалов представлена двумя видами пор – обусловленными упаковкой частиц порошка при прессовании, и обеспеченными выгоранием порообразователя, со средним размером 28 мкм и 103 мкм соответственно.

В таблице 1 представлены зависимости среднего размера областей когерентного рассеяния (ОКР) и микроискажений кристаллической кубической модификации ZrO_2 и MgO от состава. Увеличение

концентрации MgO приводит к росту ОКР кубической фазы ZrO₂, в то время как микроискажения кристаллической структуры композита и ОКР MgO уменьшаются.

Таблица 1

Зависимости ОКР и микроискажений кристаллической решетки от состава композита

Концентрация MgO	ОКР ZrO ₂	ОКР MgO	Микроискажения ZrO ₂	Микроискажения MgO
0%	0.037		0.024	
25%	0.051	0.067	0.008	0.008
50%	0.053	0.053	0.009	0.004
75%	0.049	0.056	0.01	0.005
100%		0.057		0.002

Испытания по определению предела прочности керамик показали, что наибольший предел прочности соответствует MgO и равен 33 МПа. С ростом концентрации ZrO₂ предел прочности снижается до минимального значения 18 МПа.

Микронапряжения, возникающие в кристаллитах и на их границах, равны произведению модуля упругости, на величину микроискажений кристаллической решетки. На рис. 1.а показана зависимость прочности исследуемой керамики от напряжений второго рода, что говорит о высоком вкладе зёрновых границ в механические свойства.

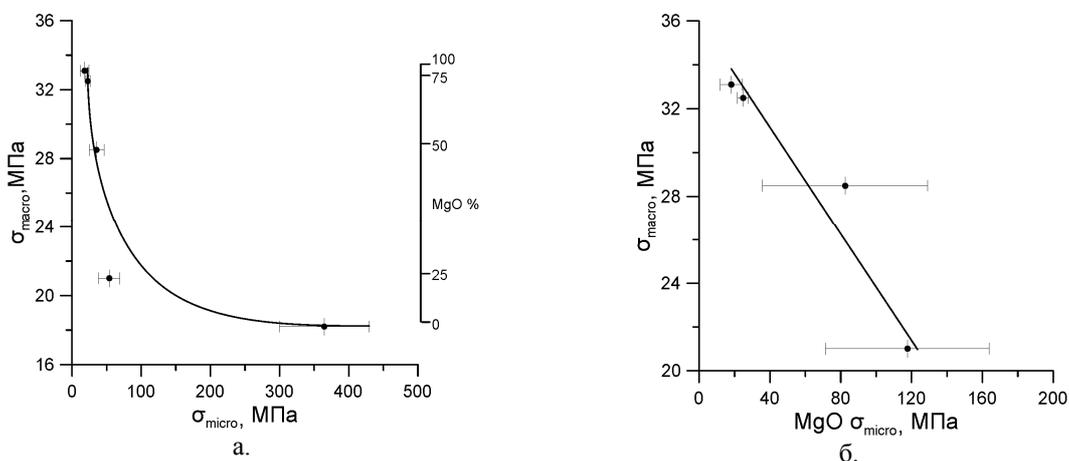


Рис. 1. Зависимость предела прочности от микронапряжений: а. композита; б. MgO.

Между микронапряжениями и пределом прочности в кристаллической решетке MgO прослеживается линейная зависимость, рис. 1.б, и с ростом напряжений второго рода прочность материала снижается, что согласуется с литературными данными по изучению подобных зависимостей в схожих кристаллических оксидных системах [3]. Зависимость прочности композита от напряжений второго рода в ZrO₂ установить не удалось.

Схожий вид имеют зависимости предела упругости, рассчитанного по правилу смеси, рис. 2, от микронапряжений в исследуемых материалах. Вид зависимости говорит о линейно-упругом разрушении: увеличение модуля упругости сопровождается уменьшением микронапряжений и увеличением предела прочности материала [4].

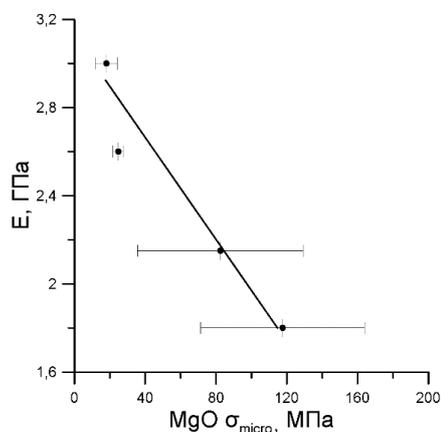


Рис. 2. Зависимость предела упругости от микронапряжений в кристаллической решетке MgO.

Выводы. В работе показано, что получение пористых керамических материалов путем введения порообразующих частиц UHMW PE позволяет достигнуть бимодальной пористости: со средним размером 28 и 103 мкм. Средний размер ОКР ZrO₂ увеличивается с ростом концентрации MgO, а микроискажения кристаллической решетки компонент композита и ОКР MgO уменьшаются. Значительный вклад в механические характеристики материалов вносят напряжения второго рода, с ростом которых прочность снижается. Зависимость предела прочности и модуля упругости от микронапряжений в MgO линейна. Зависимости этих параметров от микронапряжений в кристаллической решетке ZrO₂ не очевидны, однако суммарный вклад напряжений второго рода в компонентах композита придает описанным выше зависимостям вид логарифмической функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буюкова С.П. Свойства, структура, фазовый состав и закономерности формирования пористых наносистем на основе ZrO₂: автореф. дис. д-ра техн. наук. - Томск, 2008. – 11 с.
2. S. Kulkov, S. Buyakova, E. Kalatur. Porosity and mechanical properties of zirconium ceramics //AIP Conference Proceedings. – AIP, 2014. – Т. 1623. – №. 1. – С. 225-228.
3. Kumar S., Kurtz S. K., Agarwala V. K. Micro-stress distribution within polycrystalline aggregate //Acta mechanica. – 1996. – Т. 114. – №. 1. – С. 203-216.
4. Лукин Е.С., Попов Н.А., Здвизкова Н.И. Особенности получения плотной керамики, содержащей диоксид циркония // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – №9. – С. 5.