

**ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ФАЗОВОГО СОСТАВА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
КОМПОЗИТА ZrO_2 - MgO С БИМОДАЛЬНОЙ ПОРОВОЙ СТРУКТУРОЙ**

А.С. Буюков, 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

**EFFECT OF MICROSTRUCTURE AND PHASE COMPOSITION ON MECHANICAL PROPERTIES
OF THE COMPOSITE ZrO_2 - MgO WITH A BIMODAL PORE STRUCTURE**

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

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

National Research Tomsk State University,

Russia, Tomsk, Lenin Avenue, 36, 634050

E-mail: alesbuyakov@gmail.com

***Abstract.** In this paper porous ceramics based on the ZrO_2 - MgO system were studied. It was shown, that the addition of an organic pore-forming particles make it possible to obtain a bimodal pore structure. X-ray diffraction analysis showed that with the increasing of MgO concentration, the average size of ZrO_2 and MgO crystallites grows up and their crystal lattice microdistortion decrease. Strength with increasing of MgO concentration is increasing and the dependence of compressive strength from microstresses was found.*

Введение. В настоящее время крайне актуальными являются исследования, посвященные вопросам изучения деформационного поведения и, как следствие, закономерностей формирования прочностных свойств пористых керамических материалов с целью разработки методов направленного управления их механическими характеристиками. Среди таких керамик можно выделить композиты на основе ZrO_2 , благодаря особым эксплуатационным характеристикам [1].

Из исследований, посвященных композитам, на основе диоксида циркония, видно, что особое внимание уделено диоксиду циркония, стабилизированному оксидом магния (ZrO_2 - MgO). Несмотря на то, что система ZrO_2 - MgO изучена рядом авторов [2, 3], исследования проводились в области концентраций MgO до 20 мол.% [4], незначительно превышающей предел растворимости оксида магния в ZrO_2 при образовании твердого раствора.

Цель исследований – изучение влияния состава и параметров спекания пористого керамического композита ZrO_2 - MgO на его механические параметры.

Материалы и методы исследования. В работе исследованы пористые керамические материалы ZrO_2 - MgO , полученные методом холодного одноосного прессования механических смесей порошков диоксида циркония, стабилизированного 3 мол % оксидом магния $ZrO_2(MgO)$, и оксида магния (MgO) в концентрации 0-100 мас. % с последующим спеканием при температуре 1600 °C и изотермической выдержкой 10-600 мин.

Объем порового пространства керамик, 70 %, был получен путем введения в исходные порошковые составы органических порообразующих частиц со средним размером 100 мкм, отожжёнными во время спекания при изотермической выдержке при 300 °С. Оценка пористости производилась с помощью гидростатического взвешивания.

Рентгеноструктурный анализ проводился с фильтрованным излучением $\text{CuK}\alpha$ в угловом диапазоне 2θ от 10° до 115° . Оценены средний размер кристаллитов и микроискажений кристаллической решетки с помощью метода графического построения уравнения Холла-Вильямсона [5].

Предел прочности при радиальном сжатии определен с помощью универсальной испытательной машины с постоянной скоростью деформации $7 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$.

Результаты. Введение органических порообразующих частиц позволило получить поровую структуру с бимодальным распределением пор со средним размером 35 и 3 мкм, при спекании с высокотемпературной выдержкой 10 мин. С увеличением длительности высокотемпературной выдержки происходит уменьшение среднего размера макропор до 40 мкм, и увеличение микропор до 8 мкм, что объясняется проявлением механизма коалесценции пор.

Рентгеноструктурный анализ показал, что керамика представлена преимущественно кубической фазой ZrO_2 . Моноклинная фаза ZrO_2 присутствует только в зоне низких концентраций MgO . С ростом содержания MgO в составе и увеличения длительности высокотемпературной выдержки происходит рост среднего размера кристаллитов MgO , рисунок 1 а. Рост кристаллитов кубического ZrO_2 происходит с ростом концентрации MgO до 50 мас. %, почти не изменяясь в дальнейшем, рисунок 1 б.

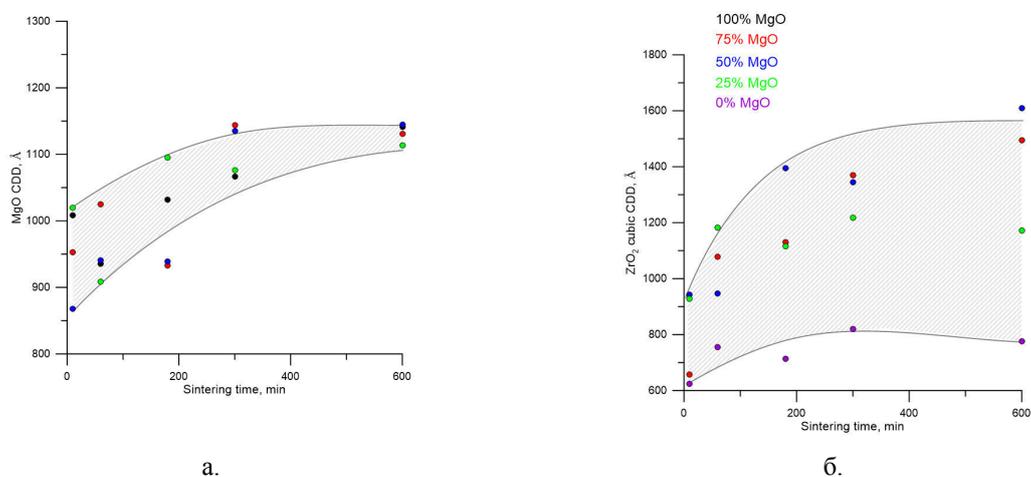


Рис. 1. Зависимость среднего размера кристаллитов от длительности высокотемпературной выдержки: а. MgO ; б. Кубическая фаза ZrO_2 .

Микроискажения кристаллической решетки с ростом кристаллитов ZrO_2 и MgO снижаются. По средним значениям микроискажений возможно оценить величину напряжений второго рода, как произведение микроискажений кристаллической решетки на модуль упругости.

Предел прочности исследуемой керамики при осевом сжатии растет с ростом концентрации MgO и увеличением длительности высокотемпературной выдержки. Анализ зависимости прочности от действующих в объеме материала микронапряжений показал, что рост напряжений второго рода приводит к снижению прочностных свойств керамики, рисунок 2.

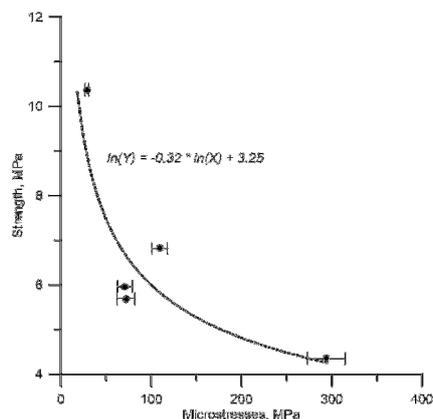


Рис. 2. Зависимость предела прочности при осевом сжатии от напряжений второго рода.

Выводы. В работе показано, что введение органических порообразующих частиц в исходные порошковые составы при получении керамических материалов позволяет получить бимодальную пористость, при чем макропоры наследуют морфологию частиц порообразователя, а микропоры обусловлены наличием межчастичных пустот при компактировании порошковых смесей.

Предел прочности исследуемой системы при радиальном сжатии растет с увеличением содержания MgO в составе и снижается, с ростом средней величины напряжений второго рода в композите.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения № 14.584.21.0026 (RFMEFI58417X0026).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Weigelt C. Compressive and tensile deformation behaviour of TRIP steel-matrix composite materials with reinforcing additions of zirconia and/or aluminium titanate (2017). Journal of Alloys and Compounds. no. 2, pp. 138-142.
2. Davar F. et al. Development of ZrO₂–MgO nanocomposite powders by the modified sol–gel method (2017). International Journal of Applied Ceramic Technology. no. 2, pp. 211-219.
3. Кульков С. Н., Буякова С. П. Фазовый состав и особенности формирования структуры на основе стабилизированного диоксида циркония. Российские нанотехнологии, 2007. – Т. 2. – №. 2. – С. 119-132.
4. Kulkov S. N., Buyakova S., Gömze L. A. Zirconia-Based Powders Produced by Plasma-Spray Pyrolysis and Properties of Sintered Ceramics (2016). Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing. no. 1, p. 012015.
5. Gocmez H., Fujimori H. Synthesis and characterization of ZrO₂–MgO solid solutions by citrate gel process (2008). Materials Science and Engineering: B. no. 1, pp. 226-229.