

## ФОРМИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ $ZrO_2(Mg)$ - $MgO$

Буяков А.С.<sup>1,2</sup>, Васильева Е.О.<sup>1,2</sup>

Научный руководитель: Кульков С.Н.<sup>1,2,3</sup>, профессор, д.ф.-м.н.

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина 36, 634050

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН  
Россия, г. Томск, пр. Академический 2/4, 634055

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, 634050  
E-mail: alesbuyakov@gmail.com

## SINTERING AND PROPERTIES OF $ZrO_2(Mg)$ – $MgO$ COMPOSITES

Buyakov A.S.<sup>1,2</sup>, Vasilyeva E.O.<sup>1,2</sup>

Scientific Advisor: Prof., Dr. Kulkov S.N.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>National Research Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

<sup>2</sup>Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Russia, Tomsk, Akademicheskij str., 2/4, 634055

<sup>3</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [alesbuyakov@gmail.com](mailto:alesbuyakov@gmail.com)

*These studies shows which structures and properties have composites based on  $ZrO_2(Mg)$ - $MgO$  sintered in a wide temperature range from 1400 to 1650°C. X-ray diffraction showed an increasing of crystalline size with increasing of magnesia concentration. Decreasing of sintering temperature accompanied with an increasing of porosity and reduction of the compressive strength. Scanning electron microscopy showed the morphology of the composite structure. It is discovered that the pore size in the zirconia matrix in an order of magnitude higher than in magnesia inclusions.*

Благодаря своим уникальным свойствам (высокая твердость, коррозионная и термостойкость и т.д.) керамика на основе диоксида циркония ( $ZrO_2$ ) нашла обширное применение в качестве конструкционного материала [1]. Большой интерес представляют различные композиты на основе стабилизированного диоксида циркония. Несмотря на проведенные рядом авторов исследования композитов  $ZrO_2 - MgO$  до конца не изучены природа изменения морфологии и фазовых превращений в таких композитах при изменении концентраций и температур спекания, что определило цель исследований: изучение структуры и свойств композитов стабилизированного оксидом магния диоксида циркония и оксида магния ( $ZrO_2(Mg) - MgO$ ).

Порошки  $ZrO_2(Mg)$  и  $MgO$  были получены аналогично исследованным в [2, 3]. Состав исследуемых образцов меняется от  $MgO$  до  $ZrO_2(Mg)$  в различных концентрациях. Спекание проводилось при температурах от 1200 до 1650 °С с выдержкой в течение часа.

Рентгеноструктурные исследования фазового состава показали, что при росте температуры спекания образцов от 1200 до 1650 °С происходят превращения в диоксиде циркония от моноклинной к кубической фазе. В распределении размеров кристаллитов этих фаз виден, с увеличением температуры спекания и содержания  $MgO$ , рост областей когерентного рассеяния. Микроискажения кубической решетки уменьшаются с увеличением концентрации оксида магния, что, по-видимому, обусловлено уменьшением дефектности.

Показано, что прочностные свойства материала зависят от пористости. Наименьшую пористость и, соответственно наибольший предел прочности на сжатие, имеют образцы, спеченные при максимальной

температуре - 1650 °С. В этом случае объем порового пространства изменяется в пределах 6 - 15 % в зависимости от содержания MgO и имеет минимальное значение при 50 % MgO. Предел прочности изменяется от 230 до 280 МПа с уменьшением концентрации MgO и минимален - 80 МПа при 10 % MgO (рисунок 1 а). При снижении температуры спекания до 1400 °С объем порового пространства увеличивается без явной зависимости от MgO в среднем до 20 %. Предел прочности в этом случае имеет среднее значение 70 МПа (рисунок 1 б). При более низких температурах пористость возрастает до 30 %, а предел прочности при температуре спекания 1400 °С уменьшается от 210 до 13 МПа с увеличением концентрации MgO (рисунок 1 в). На представленных графиках сплошной линией обозначена прочность материала при появлении первых очагов деформации.

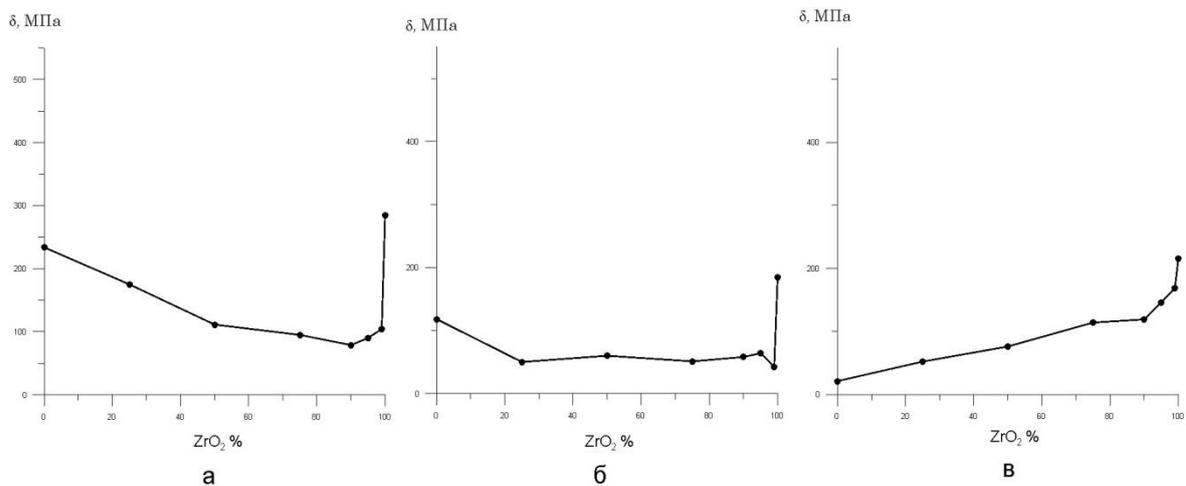


Рис. 1. а. Предел прочности на сжатие образцов, спеченных при температуре 1400 °С.

б. Предел прочности на сжатие образцов, спеченных при температуре 1500 °С.

в. Предел прочности на сжатие образцов, спеченных при температуре 1650 °С.

Исследование структуры образцов методом РЭМ показало, что включения MgO распределены в матрице ZrO₂ иерархически и в зависимости от содержания оксида магния и температуры спекания их размер изменяется от нано- до мезо- и макромасштаба. На рисунке 2 представлен снимок образца, спеченного при температуре 1650 °С с 50 % MgO. Светлые области представляют стабилизированный оксидом магния диоксид циркония ZrO₂(Mg), а темные – оксид магния MgO. На рисунке видно, что значительная доля пористости приходится на ZrO₂(Mg). Размер пор изменяется в зависимости от состава и температуры спекания и локализации: в фазе ZrO₂(Mg) размер пор составляет около 5 мкм и около 1 мкм в MgO.

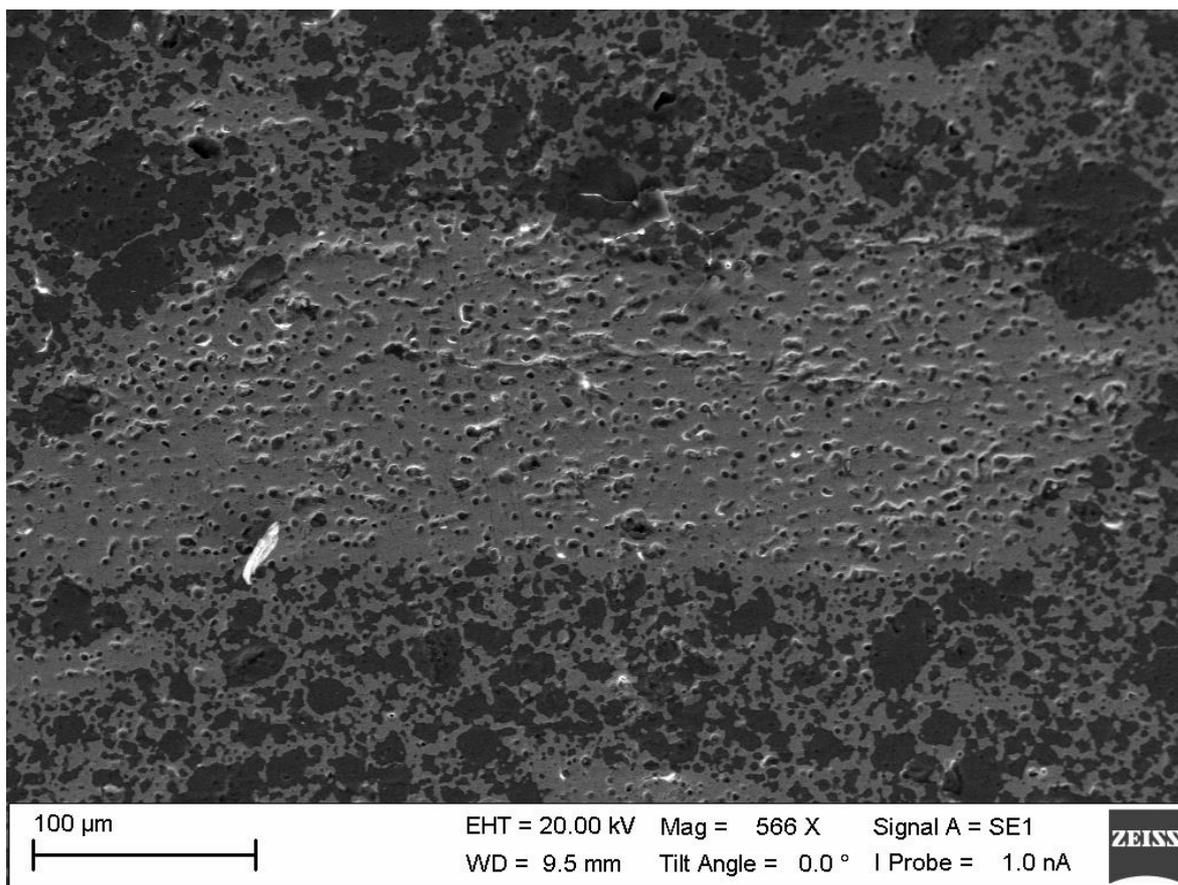


Рис. 2. РЭМ-снимок образца, спеченного при температуре 1650°C и 50 % MgO.

Таким образом, изучены закономерности формирования иерархически-распределенных структур, распределение, размер пор и прочностные свойства композитов  $ZrO_2(Mg) - MgO$  в зависимости от состава и температуры спекания. Такие свойства позволяют применять материал в различных областях - как конструкционный, функциональный и в качестве остеозамещающего в эндопротезировании.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Duangsupa C., Kulkov S. N. Structure and mechanical properties of  $ZrO_2(MgO) - CaSiO_3$  composites // Strategic Technology (IFOST), 2012 7th International Forum on IEEE, 2012. – С. 1-4.
2. Буякова С. П., Кульков С. Н. Фазовый состав и особенности формирования структуры в нанокристаллическом  $ZrO_2$ //Российские нанотехнологии. – 2007. – Т. 2. – С. 1-2.
3. С. П. Буякова "Свойства, структура, фазовый состав и закономерности формирования пористых наносистем на основе  $ZrO_2$ : Автореф. дис. докт. техн. наук. - Томск, 2008.