ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/212

ФОРМИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРИ СПЕКАНИИ ОКСИД-ОКСИДНОГО КОМПОЗИТА ZrO_2 - MgO

Буяков А.С., Кульков С.Н.

*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия
НИИ Томский государственный университет, Томск, Россия*

Композиционные керамические оксид-оксидные материалы обладают комплексом уникальных свойств: высокая температуростойкость, стойкость к химически-агрессивным средам и низкая теплопроводность. Широкое применение находят пористые керамические материалы на основе системы ZrO_2 - MgO в качестве термобарьеров, фильтров, носителей катализаторов и т.д. Эксплуатационные характеристики в данном случае в основном определяются морфологией пор и прочностными параметрами [1].

Данная система была изучена рядом авторов [2], однако исследования проводились в диапазоне концентрации MgO в композите до 20 мол.%, а информация о формировании свойств в о всем интервале концентрация компонентов отсутствует ограничена.

Целью настоящей работы является исследование влияния параметров спекания данной оксид-оксидной системы на ее механические параметры и структурно-фазовое состояние в широком диапазоне концентраций компонент.

В работе исследованы пористые керамические материалы ZrO_2 - MgO , полученные методом холодного одноосного прессования механических смесей порошков ZrO_2 , стабилизированного 3 мол % оксида магния, и MgO , с последующим спеканием при температуре 1600 °С с различной изотермической выдержкой от 10 до 600 мин. Пористость была получена путем введения 50 об. % частиц сверхвысокомолекулярного полиэтилена в исходные порошковые составы. Величина среднего объема порового пространства выдерживалась была постоянной для всех составов и параметров спекания.

Микроискажения кристаллической решетки оценены с помощью метода графического построения зависимости Холла-Вильямсона [4]. Оценены действующие в керамике напряжений второго рода как произведение величины микроискажений кристаллической решетки на модуль упругости каждого из компонентов, а результирующие микронапряжения рассчитаны по правилу смеси. Предел прочности исследован по методу «Бразильской пробы» [5].

Введение порообразующих частиц обусловило формирование бимодальной поровой структуры: макропоры, со средним размером 35, унаследовавшие конфигурацию частиц порообразователя, и микропоры со средним размером 3 мкм, образование которых обусловлено наличием пустот между порошковыми частицами после компактирования. С увеличением длительности высокотемпературной выдержки происходит уменьшение среднего размера макропор до 20 мкм, и увеличение микропор до 8 мкм, что обусловлено коалесценцией пор.

Рентгеноструктурный анализ показал, что керамика представлена преимущественно кубической фазой ZrO_2 , присутствуют слабые рефлексы моноклинной фазы, проявляющимися при длительности высокотемпературной выдержки 600 минут, что может быть обусловлено началом распада твердого раствора. Средний размер кристаллитов ZrO_2 растет, как с ростом концентрации MgO , так и с увеличением длительности высокотемпературной выдержки: минимальный размер кристаллитов, соответствующий спеченному при 10 минутной выдержке ZrO_2 , составляет 75 нм, максимальный, 160 нм, в композите с содержанием более 50 мас. % MgO . Средний размер кристаллитов MgO ведет себя аналогичным образом и изменяется в пределах 900 – 1150 нм.

Микроискажения кристаллической решетки ZrO_2 и MgO снижаются с ростом кристаллитов, в пределах от 14 до $4 \cdot 10^{-4}$ для ZrO_2 и от от 4 до $2 \cdot 10^{-4}$ для MgO . Действующие в керамике микронапряжения оценены как произведение микроискажений кристаллической

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

решетки и модуля упругости соответствующей фазы. Средняя величина микронапряжений рассчитана по правилу смеси.

Исследование предела прочности при растяжении показало, что он на порядок ниже, чем предел прочности при одноосном сжатии, где максимальное значение составляло порядка 100 МПа, что согласуется с литературой [5].

Анализ зависимости предела прочности при растяжении от действующих в керамике микронапряжений показал, что рост микронапряжений приводит к снижению прочностных свойств керамики, рисунок 1. Таким образом, можно сделать вывод о том, что механические параметры в высокой степени определяются остаточными микронапряжениями.

Рис. 1. Зависимость предела прочности при осевом сжатии от напряжений второго рода.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00304\18

Литература

1. Kulkov S. N., Buyakova S. P., Chatzinikolaidou M., Kocserha I. Rheology and porosity effect on mechanical properties of zirconia ceramics // *Építőanyag*– 2015. – №. 4. – С. 155.
2. Becher P. F., Ferber M. K. Mechanical behaviour of MgO-partially stabilized ZrO₂ ceramics at elevated temperatures // *Journal of materials science*. – 1987. – Т. 22. – №. 3. – С. 973-980.
3. Williamson G. K., Hall W. H. X-ray line broadening from filed aluminium and wolfram // *Actametallurgica*. – 1953. – Т. 1. – №. 1. – С. 22-31.
4. ASTM (2008b) Standard test method for splitting tensile strength of intact rock core specimens. D3967-08, West Conshohocken, PA.
5. Ar N., Girgin Z.C., Ar E. Evaluation of ratio between splitting tensile strength and compressive strength for concretes up to 120 MPa and its application in strength criterion // *ACI Materials Journal*. – 2006. – Т. 103. – №. 1. – С. 18.