

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

Ван Ифань, Ван Дакунь, С.В. Матренин
Научный руководитель: доцент, к.т.н. С.В. Матренин
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: msv@tpu.ru

Введение

Керамика на основе диоксида циркония является весьма перспективным конструкционным и функциональным материалом [1,2]. Наиболее распространенными методами получения прочной циркониевой керамики являются методы порошковой технологии [3,4].

Целью работы являлось исследование закономерностей консолидирования керамики на основе диоксида циркония с различным содержанием оксидов алюминия и иттрия и изучение физико-механических свойств спеченной керамики.

Эксперимент

В качестве исходных компонентов использовались промышленный нанокристаллические оксидные порошки (НП) $Al_2O_3 - ZrO_2 - Y_2O_3$, полученные методом плазмохимического синтеза.

Порошки обрабатывали в планетарной шаровой мельнице «Активатор 2SL» Обработанные порошки пластифицировали водным раствором карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) из расчета: 5 мас. % КМЦ – 95 % порошка. Пластифицированные порошки формовали методом статического одноосного прессования, прессовки спекали в высокотемпературной печи сопротивления при температуре 1700°C.

С помощью прибора Nano Indenter G 200 определяли модуль упругости E_{IT} , твердость H_{IT} и прочность σ_b спеченной керамики по методике «Scratch Testing». Суть метода заключается в нанесении на исследуемую поверхность царапины заданной длины (200 мкм) под действием линейно возрастающей нагрузки (от 0 до 4 г), последующем определении глубины и ширины профиля. Прочность образцов рассчитывалась по формулам:

$$\sigma = \frac{F_n}{A_s \sin \alpha} \text{ и } A_s = \frac{a^2}{2\sqrt{3} \sin \alpha} + \frac{ah}{\cos \alpha},$$

где F_n – нормальная нагрузка, A_s – проекционная площадь отпечатка от пирамиды Берковича, a и h – ширина и глубина профиля царапины на дистанции 200 мкм соответственно, α - угол, для пирамиды Берковича равный 65°.

Трещиностойкость спеченных образцов определяли с помощью метода отпечатков (рис. 1.), её значения рассчитывали по формулам:

$$K_{Ic} = 0.16 HV \cdot a^{1/2} \cdot (c/a)^{-3/2} [\text{МПа} \cdot \text{м}^{1/2}],$$
$$HV = 1.8544 \cdot (p/d^2).$$

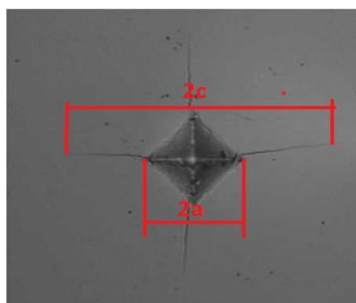


Рис.1. Отпечаток индентора Виккерса на полированной поверхности образца диоксида циркония

В таблице 1 приведены физико-механические характеристики спеченных образцов, определенных по методике наноиндентирования.

Таблица 1 - Физико-механические свойства спеченной керамики

№	Состав, мас. %	E_{IT} , ГПа	H_{IT} , ГПа	σ_b , МПа	K_{Ic} , МПа·м ^{1/2}
1	76,1% Al ₂ O ₃ – 21,8% ZrO ₂ – 2,1% Y ₂ O ₃	356,0	18,5	71	5,6
2	31,7% Al ₂ O ₃ – 62,2% ZrO ₂ – 6,1% Y ₂ O ₃	329,2	22,1	193	5,2
3	16,6% Al ₂ O ₃ – 76% ZrO ₂ – 7,4% Y ₂ O ₃	439,2	24,3	274	9,47
4	92,9% ZrO ₂ – 7,1% Y ₂ O ₃	230,8	14,9	93	11,59

Видно, что значения модуля нормальной упругости твердости керамики на основе корунда в целом соответствуют табличным (19-21 ГПа), в то время, как разброс значений прочности, определенной по методике царапания значителен. В целом, следует отметить, что методика скрэч-тестирования требует весьма качественную подготовку поверхности образцов. При этом они должны иметь минимальную остаточную пористость.

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Из образцов керамической системы Al₂O₃ – ZrO₂ – Y₂O₃ исследованных составов повышенную плотность после спекания имел образец заэвтектического состава 76,1% Al₂O₃ – 21,8% ZrO₂ – 2,1% Y₂O₃.
2. Наибольшую плотность имел образец № 4 состава 92,9% ZrO₂ – 7,1% Y₂O₃. Данный состав соответствует частично-стабилизированному диоксиду циркония.
3. Из исследованных составов керамической системы Al₂O₃ – ZrO₂ – Y₂O₃ наиболее высокий уровень физико-механических свойств имела композиция заэвтектического состава 16,6% Al₂O₃ – 76% ZrO₂ – 7,4% Y₂O₃. В данной композиции одновременно реализованы два механизма упрочнения: трансформационное упрочнение за счет *t-m* – перехода в ZrO₂ (перехода тетрагональной модификации в моноклинную) [5] и дисперсное упрочнение высокомолекулярными частицами α - Al₂O₃.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калинович Д.Ф., Кузнецова Л.И., Денисенко Э.Т. Диоксид циркония: свойства и применение // Порошковая металлургия.-1987.-№1.-с. 98-102.
2. Шевченко А.В., Рубан Ф.К., Дудник Е.В. Высокотехнологичная керамика на основе диоксида циркония // Огнеупоры и техническая керамика. – 2000. – № 9. – С. 2 – 8.
3. Балкевич В. Л. Техническая керамика: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1984. – 256 с.
4. Матренин С.В, Слосман А.И. // Техническая керамика: Учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 80 с.
5. M. Dehestani, E. Adolfsson. Phase stability and mechanical properties of zirconia and zirconia composites // Appl. Ceram. Technol. 2013. V. 10, № 1. P. 129-141.