

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ АКТИВИРОВАННОГО СПЕКАНИЯ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ОКСИДОВ И НИТРИДОВ АЛЮМИНИЯ И ЦИРКОНИЯ

С.В. МАТРЕНИН, Р.В. ТАЮКИН

Томский политехнический университет

E-mail: msh@tpu.ru

Среди современных конструкционных и функциональных материалов керамика приобретает очень важную роль вследствие своих уникальных физико-механических и химических свойств[1]. Однако, относительно простая технология одноосного прессования с последующим спеканием, как правило, не позволяет получать керамику с высоким уровнем механических свойств. Поэтому проблема активирования процессов консолидирования керамики имеет важное практическое значение[2].

Целью данной работы являлась разработка методов активирования спекания керамики на основе оксидов и нитридов алюминия и циркония путем механической обработки порошков в планетарной мельнице, применения технологии искрового плазменного спекания и горячего прессования и добавления в шихту субмикронных порошков MgO и TiO₂.

Объекты и методики исследований. Использовали промышленные нанокристаллические оксидные порошки Al₂O₃, Al₂O₃ - ZrO₂ - Y₂O₃, полученные методом плазмохимического синтеза марки УДПО ВГУ 4-25-90. Оксидные порошки, полученные ПХС, имеют характерную форму полых сфер, состоящих из нанокристаллитов и аморфизированной межкристаллитной фазы [5]. Размер сфер варьируется в пределах 100-1000 нм, размер кристаллитов, образующих сферу – 50-100 нм.

В качестве активирующих добавок использовали субмикронные промышленные порошки MgO и TiO₂. Порошок MgO добавляли к Al₂O₃ с целью торможения рекристаллизации корунда при его спекании и сохранения мелкозернистой структуры спеченной керамики. TiO₂ применяли для снижения температуры спекания корундовой керамики.

Результаты эксперимента. В таблице 1 приведены значения плотности образцов, спрессованных под давлением 300 МПа. Следует отметить, что все образцы имели правильную цилиндрическую форму, расслоя и осыпания кромок не наблюдалось.

Таблица 1 – Плотность прессовок

№	Состав, мас. %	$\rho_{пр}$, г/см ³	$\rho_{т}$, г/см ³	$\Theta_{пр}$, %
1	99,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO	2,13	3,97	53,65
2	98,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO – 1% TiO ₂	2,18	3,97	54,91
3	97,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO – 2% TiO ₂	2,19	3,97	55,16
4	95,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO – 4% TiO ₂	2,24	3,97	56,42

В таблице 2 показаны значения плотности спеченных образцов.

Таблица 2 – Плотность спеченных образцов

№	Состав, мас. %	ρ , г/см ³	$\rho_{т}$, г/см ³	Θ , %
1	99,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO	3,60	3,97	90,68
2	98,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO – 1% TiO ₂	3,66	3,97	92,07
3	97,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO – 2% TiO ₂	3,57	3,97	89,92
4	95,6% Al ₂ O ₃ – 0,4% MgO – 4% TiO ₂	3,67	3,97	92,44

Видно, что наибольшую плотность после спекания имел образец №4 состава 95,6% Al₂O₃ – 0,4% MgO – 4% TiO₂. Это объясняется образованием твёрдого раствора вычитания

TiO₂ в α-Al₂O₃, решётка которого имеет повышенную диффузионную способность и активирует процесс спекания. Добавление SiO₂ в корундовую керамику в количестве более 10% ухудшает спекаемость керамики. Образцы керамической системы Al₂O₃ – ZrO₂ – Y₂O₃ исследованных составов также имели невысокий уровень относительной плотности после спекания.

На диаграммах (рисунок 2) приведены физико-механические характеристики спеченных образцов, определенных по методике наноиндентирования.

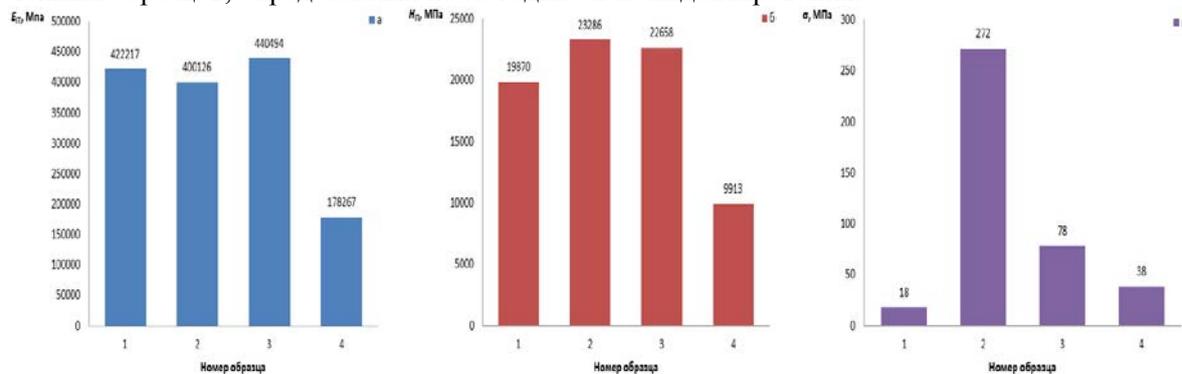


Рисунок 2 – Модуль нормальной упругости (а), нанотвердость (б) и прочность (в) спеченной керамики

Выводы

Установлено положительное влияние добавление MgO и TiO₂ в количестве не более 1 мас. % на спекаемость и физико-механические характеристики корундовой керамики.

Добавление 5 % по массе SiO₂ к Al₂O₃ реализует механизм жидкофазного спекания керамики, что приводит к повышению ее плотности и прочности до 480 МПа (табличное значение прочности при изгибе высокоплотной корундовой керамики не превышает 400 МПа).

Введение в порошки корунда добавок субмикронного порошка TiO₂ приводит при последующем спекании к образованию твёрдого раствора вычитания TiO₂ в α-Al₂O₃, решётка которого имеет повышенную диффузионную способность и активирует процесс спекания.

Из исследованных составов керамической системы Al₂O₃ – ZrO₂ – Y₂O₃ наиболее высоким уровнем 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 (переход тетрагональной модификации в моноклинную) и дисперсное упрочнение высоко-модульными частицами α- Al₂O₃.

Список литературы

1. Кипарисов С.С., Падалко О.В. Оборудование предприятий порошковой металлургии. М.: Металлургия, 1988. 448 с.
2. Hunold K., Kempten. Hot isostatic pressing of high temperature ceramics // Interceram. 1985. V.39, No2. P.38, 40-43
3. Лукин Е.С., Макаров Н.А. и др. Прочная и особопрочная керамика на основе оксида алюминия и частично стабилизированного диоксида циркония // Стекло и керамика. – 2003. – № 9. С. 32–34.
4. Смирнов А.И. Конструкционная керамика // Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. Порошковая металлургия. – 1990. – С. 64–106.
5. Schubert H. // Diss. Dokt. Naturwiss., fak. chem. Univ. Stuttgart. 1987. S.138.