

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ

ЧЖАН НАНЬ С.В. МАТРЕНИН

Томский политехнический университет,
E-mail: msv@tpu.ru

Введение

Керамика на основе диоксида циркония является весьма перспективным конструкционным и функциональным материалом. Известно, что перспективны в качестве добавок к керамике на основе ZrO_2 . Добавки Y_2O_3 , особенно в ультрадисперсном состоянии способны повысить механические, трибологические характеристики, а также дают возможность получить материалы с повышенным уровнем тепло- и электропроводности. Наиболее распространенными методами получения прочной керамики являются методы порошковой технологии. Компактирование можно проводить различными методами.

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 нанокристаллический оксидный порошок (НП) $Al_2O_3 - ZrO_2 - Y_2O_3$, полученный методом плазмохимического синтеза.

С помощью энегонапряженной планетарной шаровой мельницей «Активатор 2SL» осуществили механическую обработку исходных порошков. Обработанные порошки просеивали через сито № 0040 в течение 10 минут на виброприводе С. 1 для получения фракции < 40 мкм и пластифицировали водным раствором карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) из расчета: 5 мас. % КМЦ – 95 % порошка.

Использовались холодное статическое одноосное прессование в закрытой жесткой пресс-форме и высокотемпературную печь сопротивления по режиму, чтобы получили исходные керамики.

С помощью прибора Nano Indenter G 200 определяли модуль упругости, твердость и прочность спеченной керамики по методике «Scratch Testing».

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

Таблица 1 – Физико-механические свойства спеченной керамики

№	Содержание, мас. %	E_{IT} , МПа	H_{IT} , МПа	H_{MS} , МПа	σ'_B , МПа
1	76,1% Al_2O_3 – 21,8% ZrO_2 – 2,1% Y_2O_3	356027	18519	11288	71
2	31,7% Al_2O_3 – 62,2% ZrO_2 – 6,1% Y_2O_3	329258	22095	12550	193
3	16,6% Al_2O_3 – 76% ZrO_2 – 7,4% Y_2O_3	439240	24351	13779	274
4	92,9% ZrO_2 – 7,1% Y_2O_3	230826	14908	8314	93

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. Наиболее высокий уровень механических характеристик имел спеченный образец №3 состава 16,6% Al_2O_3 – 76% ZrO_2 – 7,4% Y_2O_3 .

На рисунке 1 показана микроструктура поверхности спеченных образцов после травления. Видно, что наименьшую пористость имели спеченные образцы № 3 и № 4 (составы 16,6% Al_2O_3 – 76% ZrO_2 – 7,4% Y_2O_3 и 92,9% ZrO_2 – 7,1% Y_2O_3). Эти данные коррелируют результатами определения плотности, твердости и прочности спеченных образцов.

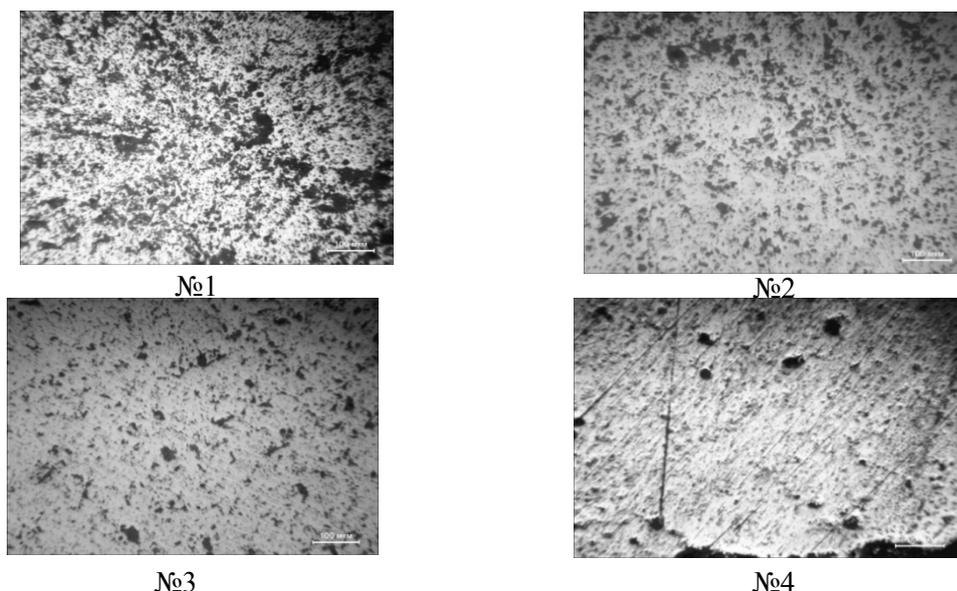


Рисунок 1 – Структура на поверхности спеченных образцов после травления № 1–4

Заключение

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Из образцов керамической системы Al_2O_3 – ZrO_2 – Y_2O_3 исследованных составов повышенную плотность после спекания имел образец заэвтектического состава 76,1% Al_2O_3 – 21,8% ZrO_2 – 2,1% Y_2O_3 .
2. Наибольшую плотность имел образец № 4 состава 92,9% ZrO_2 – 7,1% Y_2O_3 . Данный состав соответствует частично-стабилизированному диоксиду циркония.
3. Из исследованных составов керамической системы Al_2O_3 – ZrO_2 – Y_2O_3 наиболее высокий уровень физико-механических свойств имела композиция заэвтектического состава 16,6% Al_2O_3 – 76% ZrO_2 – 7,4% Y_2O_3 . В данной композиции одновременно реализованы два механизма упрочнения: трансформационное упрочнение за счет t - m – перехода в ZrO_2 (перехода тетрагональной модификации в моноклинную) и дисперсное упрочнение высокомолекулярными частицами α - Al_2O_3 .

Список литературы

1. Матренин С.В, Слосман А.И. // Техническая керамика: Учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2004.
2. M. Mamivand, M.A. Zaeem, H.E. Kadiri. Phase field modeling of stress-induced tetragonal-to-monoclinic transformation in zirconia and its effect on transformation toughening //Acta Mater. 2014. V. 64. P. 208-219.
3. L. Delaey. Diffusion less Transformations. Wiley, 2013. PP. 12-132.

4. M. Dehestani, E. Adolfsson. Phase stability and mechanical properties of zirconia and zirconia composites // Appl. Ceram. Technol. 2013. V. 10, № 1. P. 129-141.

ОСОБЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ НАПЫЛЕНИИ

ЧЖАО ИФАНЬ, Б.С. ЗЕНИН

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
E-mail: lusilanzhao@gmail.com

Технология газотермического напыления покрытий (ГТН) позволяет существенно увеличивать срок службы деталей машин и механизмов [1]. Особенностью технологии ГТН является то, что получаемое покрытие формируется из направленного потока дисперсных частиц. Структура материала покрытия формируется при ударе, деформации и затвердевании нагретых (или расплавленных) частиц на поверхности основы или предыдущих остывших частиц. При этом образуется слоистый материал, состоящий из деформированных частиц (слэтов), соединенных контактными участками. Определяющим условием образования прочного соединения частиц друг с другом и с напыляемой поверхностью (высокой адгезии и когезии) являются высокая скорость частиц и высокая температура на контактной границе частица-подложка.

В последнее время была предложена новая технология - холодное газодинамическое напыление (ХГН) [2]. В основе данной технологии лежит процесс формирования металлических покрытий при соударении холодных (с температурой, существенно меньшей температуры плавления) металлических частиц, ускоренных сверхзвуковым газовым потоком до скорости несколько сот метров в секунду, с поверхностью обрабатываемой детали. Основным энергетическим источником в этом случае является кинетическая энергия напыляемых частиц. Минимальное тепловое взаимодействие частиц с окружающей средой обеспечивает повышенное качество получаемого покрытия.

Для анализа температурных условий на границе напыленной частицы с подложкой рассмотрим условия контакта, определяющие адгезию напыляемого покрытия и условия контакта, определяющие когезию внутри напыленного слоя.

Контактную температуру для произвольной скорости частицы можно определить по формуле [3]:

$$T_c = \frac{T_s + K_p T_p}{1 + K_p}, \quad K_p = \sqrt{\frac{\lambda_p c_p \rho_p}{\lambda_s c_s \rho_s}},$$

где T_c – температура в контакте с учетом скорости частиц; ρ – плотность материала частицы (р) и подложки (s), c – удельная теплоёмкости; λ – коэффициент теплопроводности; T_s – начальная температура подложки; T_p – температура частицы; K_p – критерий тепловой активности частицы по отношению к подложке.

Для расчёта температуры дополнительного подогрева рассмотрим баланс энергии, принимая, что вся кинетическая энергия частицы переходит в тепловую энергию:

$$\frac{mv^2}{2} = mc\Delta T, \quad \Delta T = \frac{v^2}{2c},$$

В этом случае температура в контакте определяется формулой:

$$T_c = \frac{T_s + K_p (T_p + \Delta T)}{1 + K_p}$$