

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРАДИЕНТНЫХ ПО СОСТАВУ ATZ+SiO₂ КЕРАМИК

Дмитриевский А.А., Григорьев Г.В., Васюков В.М.

ТГУ имени Г.Р. Державина, Тамбов, Россия
aadmitr@yandex.ru

Благодаря уникальному сочетанию прочностных свойств, термической, химической и радиационной стойкости, а также биоинертности, циркониевые керамики и их композиты с оксидом алюминия (ATZ керамики) широко востребованы в различных отраслях от машиностроения до медицины [1]. Введение специальных добавок, например, диоксида кремния, обеспечивает не только повышение вязкости разрушения ATZ керамики [2], но и появление у нее запаса пластичности при комнатных температурах, а также увеличение пределов прочности на сжатие и на растяжение [3, 4]. При этом, однако, наблюдается снижение твердости [2]. Разработка ATZ+SiO₂ керамики с градиентным содержанием диоксида кремния обеспечит высокие значения вязкости разрушения основного объема материала и твердости приповерхностных слоев.

Компактированием порошков различного состава изготовлены двух- и трехслойные композиционные керамики на основе диоксида циркония (стабилизированного оксидом кальция), упрочненного оксидом алюминия, с содержанием диоксида кремния от 0 до 5 мол.% в исходной смеси. Исследованы и сопоставлены структура, элементный и фазовый состав, а также комплекс механических свойств (микро- и нанотвердость, модуль Юнга и вязкость разрушения) на поперечных срезах двух- и трехслойных керамик. Показано, что введение SiO₂ в ATZ керамику не вызывает заметных изменений структуры: пористость не превышает 5%, относительная доля тетрагональной фазы *t*-ZrO₂ – не менее 93%, средний размер кристаллитов ZrO₂ и Al₂O₃ – не превышает 100 нм и 250 нм соответственно. Вместе с тем, на границе слоев ATZ и ATZ+SiO₂ (с различным содержанием диоксида кремния) наблюдаются скачкообразные изменения вязкости разрушения, твердости и модуля Юнга (до 30%, 8% и 7% соответственно). Наблюдаемое увеличение вязкости разрушения ATZ керамики при введении в ее состав SiO₂ (в концентрациях 2 – 4 мол.%) объясняется с позиции снижения энергетического барьера для механоиндуцированных тетрагонально-моноклинных фазовых превращений.

Таким образом, продемонстрирована возможность изготовления многослойной композиционной керамики на основе ATZ керамики с высоким соотношением вязкости разрушения основного объема и твердости приповерхностного слоя. Благодаря использованию CaO в качестве стабилизатора тетрагональной фазы *t*-ZrO₂, разработанная керамика обладает высокой стойкостью к низкотемпературной деградации.

Результаты получены с использованием оснащения Центра коллективного пользования научным оборудованием ТГУ имени Г.Р. Державина. Работа поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта по соглашению № 075-15-2021-709 (уникальный идентификатор проекта RF----2296.61321X0037)

1. Basu B., Balani K.. Advanced structural ceramics. Hoboken: Wiley. 2011. 504 p.
2. Dmitrievskii A.A., Zhigachev A.O., Zhigacheva D.G., Rodaev V.V. // Technical Physics. 2020. V. 65. № 12. P. 2016–2025.
3. Dmitrievskiy A.A., Zhigacheva D.G., Vasyukov V.M. and Ovchinnikov P.N. // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V. 2103. P. 012075.
4. Дмитриевский А.А., Жигачева Д.Г., Ефремова Н.Ю., Овчинников П.Н., Васюков В.М. // ФТТ. 2022. Т. 64. № 8. С. 1018-1021.