ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

**Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»,**

**посвященная 90-летию со дня рождения
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН
академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках

**Международного междисциплинарного симпозиума
«Иерархические материалы: разработка и приложения
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года
Томск, Россия**

Томск
Издательство ТГУ
2020

DOI: 10.17223/9785946219242/53

ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ ПОРИСТОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ

^{1,2}Севостьянова И.Н., ^{1,2}Саблина Т.Ю., ¹Молчунова Л.М., ¹Рыжова Л.Н., ²Баянов А.Н.,
¹Савченко Н.Л., ^{1,2}Кульков С.Н.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

²НИ Томский государственный университет, Томск

Пористая керамика благодаря высокой тепловой стойкости, износостойкости, химической инертности, биологической совместимости находит широкое применение в качестве функциональных, конструкционных, фильтрующих, теплоизоляционных материалов. При эксплуатации пористых керамических материалов важным обстоятельством является понимание особенностей их деформационного поведения в условиях механического воздействия, особенно в местах крепления или при контакте керамики с другими частями конструкций. Опубликованные экспериментальные данные [1-3] показывают, что формирующиеся при деформации и разрушении плоскости сдвига могут быть направлены под разными углами по отношению к приложенной нагрузке, а процесс их образования зависит от структурных характеристик материала и напряжений, индуцированных за счет возникающих сил трения между материалом и опорами испытательной машины. Однако, данных о влиянии контактного трения между торцевыми поверхностями образцов и опорными плитами испытательной машины на деформационное поведение и формирование зон разрушения пористых материалов недостаточно.

Целью работы является исследование влияния пористости и контактного трения между торцевыми поверхностями высокопористой керамики на основе диоксида циркония и опорными плитами испытательной машины на характер деформации и формирование зон разрушения образцов в условиях осевого сжатия.

Пористую керамику в диапазоне пористости 41 – 58 об.% изготавливали из порошков ZrO_2 -3 мол.% Y_2O_3 , полученных путём термического разложения водных растворов азотнокислых солей металлов в плазме высокочастотного разряда. Методом шликерного литья изготавливали цилиндрические образцы ($\varnothing = 10$ мм, $h = 10$ мм), которые затем спекали на воздухе в диапазоне температур от 1100 до 1300 °С с шагом 100 °С и изотермической выдержкой в течение часа. Образцы подвергали механическим испытаниям на осевое сжатие на универсальной испытательной машине Devotrans со скоростью нагружения $2 \cdot 10^{-4}$ с⁻¹.

Коэффициент контактного трения между опорными плитами испытательной машины и торцевыми поверхностями цилиндрических образцов (в дальнейшем μ) рассчитывали по соотношению $\mu = \frac{F_{\text{тр.скольж}}}{2N}$, в котором силу трения скольжения $F_{\text{тр.скольж}}$ измеряли динамометром, фиксируя значение “сдвигающей” силы, при которой керамический образец, нагруженный нормальной нагрузкой N (от 100 до 400 Н), приходил в движение. Коэффициент μ изменяли от 0.2 до 0.02, используя между опорными плитами испытательной машины и торцевыми поверхностями цилиндрических образцов стальные пластины (Ra 12.5), пленку из фторопласта-4 толщиной 200 мкм, графитовую смазку, фторопластовую пленку с нанесенной графитовой смазкой.

В работе установлено, что для всех коэффициентов трения между опорными плитами испытательной машины и торцевыми поверхностями цилиндрических образцов зависимости предела прочности и эффективного модуля упругости от пористости описываются экспоненциальным уравнением. С увеличением пористости керамики от 41 до 58% происходит снижение предела прочности при осевом сжатии (σ_c) и эффективного модуля упругости. Более высокие значения предела прочности при сжатии, эффективного модуля упругости ($E_{\text{эфф}}$), а так же значений работы, затраченной на разрушение, получены при испытаниях на сжатие керамики с максимальным коэффициентом трения 0.2, создаваемым стальными пластинами. В то же время, для керамических образцов с пористостью 58%

Секция 2. Неустойчивость, локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

значения σ_c и $E_{эфф}$ и общей работы разрушения не зависят от коэффициента трения между опорными плитами испытательной машины и торцевыми поверхностями цилиндрических образцов. Однако, уменьшение μ приводит к изменению конфигурации зон разрушения - от конусообразных, при деформации с максимальным коэффициентом трения между опорными плитами испытательной машины и торцевыми поверхностями цилиндрических образцов, до параллельных оси сжатия, при деформации образцов с минимальным коэффициентом трения, рисунок 1. На рисунке 1 показаны макрофотографии зон разрушения после испытаний на сжатие цилиндрических образцов керамики $ZrO_2(Y_2O_3)$ с пористостью 58% с разным коэффициентом трения между поверхностью образца и опорными плитами испытательной машины.

Рис. 1. Макрофотографии зон разрушения, полученные при испытаниях на сжатие образцов керамики $ZrO_2(Y_2O_3)$ пористостью 58% с коэффициентом трения равным: а) 0.17; б) 0.06

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук России на 2013-2020 гг., проект III.23.2.3.

1. Gang Ma, Wei Zhou, Xiao-lin Chang, Tang-Tat Ng, Li-fu Yang Formation of shear bands in crushable and irregularly shaped granular materials and the associated microstructural evolution // Powder Technology 301 (2016) 118–130.
2. X.X. Wei, K.T. Chau. Finite and transversely isotropic elastic cylinders under compression with end constraint induced by friction // International Journal of Solids and Structures 46 (2009) 1953–1965 <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2009.01.007>.
3. H.Z. Xing, Q.B. Zhang, D. Ruan, S. Dehkoda, G.X. Lu, J. Zhao. Full-field measurement and fracture characterisations of rocks under dynamic loads using high-speed three-dimensional digital image correlation // International Journal of Impact Engineering 113 (2018) 61–72.