ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/71

ФОРМИРОВАНИЕ МЕЗОСТРУКТУР И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРИСТОЙ АЛЮМООКСИДНОЙ КЕРАМИКИ

¹Саблина Т.Ю., ¹Севостьянова И.Н., ¹Савченко Н.Л., ^{1,2}Кульков С.Н.

¹ФГБУН Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

²НИИ Томский государственный университет, Томск, Россия

Пористые керамические материалы на основе оксида алюминия широко используются в качестве носителей катализаторов, мембран, фильтрующих элементов, биоматериалов [1, 2]. При этом их механическое поведение при эксплуатации зависит от вида испытываемой нагрузки. Известно, что механическое поведение пористых керамических материалов при растяжении и сжатии существенно отличается [3, 4]. Деформационное поведение и механические свойства пористых керамик в настоящее время детально изучено в основном для материалов с унимодальной пористостью и относительно узким распределением пор по размерам [5]. При этом работ, в которых одновременно исследуются прочностные свойства и деформационное поведение керамик, отличающихся типом поровой структуры в широком интервале объема порового пространства при различных схемах нагружения, недостаточно.

Целью данной работы является исследование влияния типа поровой структуры на механические свойства и деформационное поведение пористого оксида алюминия при осевом и диаметральному сжатию.

Образцы с отличающимся типом поровой структуры (с уни- и бимодальным распределением пор по размерам) получали из стандартного шликера ВК-95. Для получения образцов с бимодальным распределением пор по размерам в шликер дополнительно вводили сферические частицы сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) со средним размером частиц 100 мкм, в количестве 25 об.%. После удаления термопластичного связующего проводили спекание образцов на воздухе в интервале температур 1100 – 1600 °С с шагом 100 °С и изотермической выдержкой в течение часа.

По результатам металлографического анализа поровой структуры было установлено, что средний размер пор образцов с унимодальным распределением пор по размерам уменьшался с 9.2 до 5.1 мкм с увеличением температуры спекания. В образцах с бимодальным распределением пор по размерам средний размер мелких пор совпадал с размером пор керамики с унимодальным распределением пор по размерам. Средний размер крупных пор уменьшался с 92 до 80 мкм при увеличении температуры спекания. Пористость керамики с увеличением температуры спекания монотонно уменьшалась с 35 до 10.5% для образцов с унимодальным распределением пор по размерам и с 55 до 36% для образцов с бимодальным распределением.

Значения предела прочности, как при осевом, так и при диаметральному сжатию уменьшаются с увеличением пористости, причем для образцов с унимодальным и бимодальным распределением пор по размерам формируются единые зависимости типа $\sigma = \sigma_0 \exp(-bP)$. Где σ – прочность пористого материала, σ_0 – прочность беспористого материала, P – пористость, а коэффициент b зависит от структуры и состава материала. Коэффициент b в уравнении, полученном при осевом сжатии равен ≈ 9 , а при диаметральному сжатию ≈ 6 , что соответствует литературным данным [6, 7].

Сравнительный анализ диаграмм «напряжение – деформация» после испытаний на диаметральному сжатие керамик с разным типом распределения пор по размерам и уровнем пористости, показал, что все образцы хрупко разрушались с упругой области. При этом на разрушенных образцах наблюдалось формирование магистральной трещины, параллельной оси нагружения. При осевом сжатии в зависимости от типа поровой структуры и объема порового пространства наблюдается смена характера деформации от упругого к «псевдопластичному». Образцы с унимодальным распределением пор по размерам во всём интервале изученной пористости (10 - 35%) проявляли упругое поведение вплоть до разрушения. Для образцов с бимодальным распределением пор по размерам характерно

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

«псевдопластичное» поведение под нагрузкой, проявляющееся на деформационной кривой «напряжение – деформация» в виде протяженного участка на котором происходит накопление микро- и макро- повреждений, не приводящих к катастрофическому разрушению. Керамические образцы при равном объеме порового пространства, с бимодальным распределением пор по размерам не уступают по прочностным свойствам керамике с унимодальной пористостью. Доминирующим фактором, определяющим деформационное поведение хрупких материалов со сформированной унимодальной и бимодальной поровой структурой, является общий объем остаточной пористости.

Работа выполнена в рамках ПФНИ ГАН на 2013-2020 годы, направление III.23.

Литература

1. Studart, A.R., Gonzenbach, U.T., Tervoort, E., Gauckler, L.J. Processing routes to macroporous ceramics: a review// J. Am. Ceram. Soc. 2006.Vol. 89. P. 1771–1789.
2. Lo Y.W., Wei W.C.J., Hsueh, C.H. Low thermal conductivity of porous Al₂O₃ foams for SOFC insulation //Mater. Chem. Phys. 2011. Vol. 129. P. 326–330.
3. SadowskiT., SamborskiS. Prediction of the mechanical behaviour of porous ceramics using mesomechanical modelling // Computational Materials Science.2003. Vol. 28. P. 512–517.
4. TallonCarolina, ChuanuwatanakulChayuda, DunstanDavid E., FranksGeorge V. Mechanical strength and damage tolerance of highly porous alumina ceramics produced from sintered particle stabilized foams // Ceramics International.2016. Vol. 42. P. 8478–8487.
5. Keleş, Ö., García, R.E., Bowman, K.J., Stochastic failure of isotropic, brittle materials with uniform porosity // Acta Mater. 2013a.Vol. 61. P. 2853–2862.
6. Li Li and Michel Aubertin A general relationship between porosity and uniaxial strength of engineering materials // Can. J. Civ. Eng. 2003.Vol. 30: P. 644–658.
7. Savchenko N.L., SablinaT.Yu., Sevostyanova I.N., Buyakova S. P., Kulkov S.N. Deformation and fracture of porous brittle materials under different loading schemes // Russian Physics Journal, 2016, Vol. 58. No. 11.P.1-5.