

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Физическая мезомеханика.

Материалы с многоуровневой иерархически
организованной структурой и интеллектуальные
производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.

Томск, Россия

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-343

ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ЦИРКОНИЕВОЙ КЕРАМИКИ ПРИ ДИАМЕТРАЛЬНОМ СЖАТИИ

Зими́на В.А., Смолин И.Ю.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Прочность материалов является одним из важных механических свойств, которая служит для качественной и количественной оценки их поведения в процессе деформирования, а также для оценки пригодности материала для конкретного назначения. Для пластичных материалов предел прочности на растяжение определяется испытанием на одноосное растяжение. Однако в случае хрупких материалов, таких как керамики, чугун, горные породы, эти испытания оказываются труднореализуемыми. Для определения предела прочности при растяжении хрупких материалов применяются косвенные методы испытаний, например, бразильский тест (диаметральное сжатие) или трехточечный изгиб. В бразильском тесте цилиндрические или дискообразные образцы диаметально сжимаются и, благодаря этому, в центре образца зарождается растягивающее напряжение перпендикулярно направлению приложенного сжимающего нагружения. Существуют многочисленные экспериментальные и численные работы, в которых испытания на диаметральное сжатие используются для исследования механического поведения различных хрупких материалов, в том числе керамики [1-9]. Однако существует мало исследований, посвященных влиянию неоднородности на механические свойства материалов.

Данная работа посвящена численному исследованию напряженного состояния и разрушения образцов циркониевой керамики, подвергнутых испытаниям на диаметральное сжатие. Расчеты проводились как для однородных образцов, так и для неоднородных. Поскольку реальные образцы имеют сложную структуру (наличие пустот, зерен и т. д.), поэтому в данной работе неоднородность материала была учтена при моделировании феноменологически за счет случайного разброса прочностных свойств. По этой причине были рассмотрены цилиндрические образцы с различным разбросом прочности на сдвиг (когезии).

Моделирование было выполнено в двумерной постановке в условиях плоской деформации. Решалась полная система уравнений механики твердого деформируемого тела с определяющими уравнениями упругопластической среды (модель Друкера-Прагера). В качестве критериев разрушения были выбраны критические значения интенсивности неупругих деформаций и отрицательного давления. Численное решение уравнений было выполнено с использованием метода конечных разностей.

Проанализировано напряженно-деформированное состояние цилиндрических образцов при различных численных реализациях схемы нагружения – граничные условия в скоростях задавались в разных количествах расчетных узлов в верхней и нижней частях образца около центральной вертикальной оси.

В результате численного исследования показано, что напряженно-деформированное состояние однородных и неоднородных образцов различается, поэтому зарождение разрушения происходит в различных частях образца, при этом отличается и форма образующейся трещины. Также показано, что картины разрушения и области локализации неупругой деформации оказались чувствительны к особенностям реализации нагружения при моделировании.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2019-0035.

1. Mousavi Nezhad M., Fisher Q. J., Gironacci E., Rezanian M. Experimental study and numerical modeling of fracture propagation in shale rocks during brazilian disk test // Rock Mech. Rock Eng. 2018. V. 51. P. 1755–1775.
2. Stirling R. A., Simpson D. J., Davie C. T. The application of digital image correlation to Brazilian testing of sandstone // Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 2013. V. 60. P. 1–11.

3. Ma Y., Huang H. DEM analysis of failure mechanisms in the intact Brazilian test // *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 2018. V. 102. P. 109–119.
4. Kulkov S. N., Smolin I. Yu., Mikushina V. A., Sablina T. Yu., Sevostyanova I. N., Gorbatenko V. V. Studying strain localization in brittle materials in Brazilian test conditions // *Izvestiya vuzov. Fizika.* 2020. V. 63(6). P. 70–76.
5. Gálvez F., Rodríguez J., Sánchez V. Tensile strength measurements of ceramic materials at high rates of strain // *J. Phys. IV France.* 1997. V. 07. P. C3-151–C3-156.
6. Procopio A. T., Zavalianos A., Cunningham J. C. Analysis of the diametrical compression test and the applicability to plastically deforming materials // *J. Mater. Sci.* 2003. V. 38. P. 3629–3639.
7. Garcia-Fernandez C. C., Gonzalez-Nicieza C., Alvarez-Fernandez M. I., Gutierrez-Moizant R. A. Analytical and experimental study of failure onset during a Brazilian test // *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 2018. V. 103. P. 254–265.
8. Zhou X. P., Wang Y. T. Numerical simulation of crack propagation and coalescence in pre-cracked rock-like Brazilian disks using the non-ordinary state-based peridynamics // *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 2016. V. 89. P. 235–249.
9. Sevostyanova I. N., Sablina T. Yu., Gorbatenko V. V., Kulkov S. N. Strain localization during diametral compression of ZrO₂(Y₂O₃) Ceramics // *Tech. Phys. Lett.* 2019. V. 45(9). P. 943–946.