

УДК 539.422.3 + 539.375 + 666

DOI: 10.17223/00213411/63/6/70

*С.Н. КУЛЬКОВ, И.Ю. СМОЛИН, В.А. МИКУШИНА, Т.Ю. САБЛИНА, И.Н. СЕВОСТЬЯНОВА, В.В. ГОРБАТЕНКО***ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ДЕФОРМАЦИИ В ХРУПКИХ МАТЕРИАЛАХ ПРИ ИХ ИСПЫТАНИЯХ МЕТОДОМ «БРАЗИЛЬСКОГО ТЕСТА»***

Численно и экспериментально исследован спеченный диоксид циркония, стабилизированный иттрием при испытаниях на «бразильский тест». Выполнено численное моделирование процессов деформирования и разрушения однородных и неоднородных цилиндрических образцов при их диаметральной сжатии в рамках механики сплошной среды. Неоднородность образцов феноменологически описана с помощью случайного задания прочностных характеристик в расчетных ячейках. В отличие от однородного образца, в неоднородном образце отмечается локализация деформации и образование множественных фрагментов при разрушении. Установлено, что деформация диоксида циркония протекает макроскопически локализованно. Показано, что размер областей когерентного рассеяния тетрагональной фазы и микродисторсия решетки изменяются по сравнению с исходным состоянием после спекания и различаются на разных фрагментах разрушения образца после его разрушения. Внутренние микронапряжения, определяемые на разных поверхностях фрагментов, изменяются в диапазоне 245–320 МПа в соответствии с возникающей неоднородностью деформации. Локализация деформации коррелирует с неоднородностью микронапряжений, возникающих в материале при деформации. Наблюдается количественное и качественное согласие расчетов с результатами эксперимента.

Ключевые слова: корреляция цифровых изображений, диаметральной сжатие, диоксид циркония, макроскопическая локализация деформации, рентгенофазовый анализ, численное моделирование.

Введение

В настоящее время исследованию локализации пластического течения при активном нагружении и получению картин макроскопической локализации деформации в металлах, сплавах и хрупких материалах посвящено много работ [1–3]. Фактический экспериментальный материал охватывает более десятка различных веществ [1, 4], однако вопрос о создании универсальной классификации и установления закономерностей макролокализации деформации пока остается открытым.

Локализация деформации в пластичных материалах детально изучается с помощью экспериментальных [1, 4] и численных методов [5] исследования. Изучены подобные процессы в различных металлах и сплавах при квазистатических и динамических условиях нагружения. Аналогичные исследования хрупких материалов, таких, как горные породы и керамики, встречаются редко.

В работе [6] методом двухэкспозиционной спекл-фотографии регистрировались пространственно-временные распределения локальных компонент тензора дисторсии при активной деформации сжатием непластичного материала – нанокристаллической керамики на основе частично стабилизированного диоксида циркония $ZrO_2(Y)$. Получены картины локализации деформации, рассмотрены особенности макроскопической неоднородности деформации при упругом поведении материала. Показано, что в течение всего процесса сжатия деформация в образце распределена неоднородно. При этом, несмотря на то, что в отличие от металлов керамика не способна к заметному пластическому течению, процесс макроскопической локализации деформации в керамике самопроизвольно приобретает пространственную и временную упорядоченность. Такая общность закономерностей поведения пластичных и хрупких материалов на стадии предразрушения кажется перспективной для оценки предельных состояний керамических материалов.

Необходимо отметить, что большинство таких исследований проведено в условиях активной деформации металлических материалов при растяжении, в то время как для хрупких веществ, как правило, используют испытание на сжатие. Известно, что имеется метод механических испытаний хрупких материалов при диаметральной сжатии, так называемый «бразильский тест», когда в центре образца формируются напряжения растяжения. Особенности напряженно-деформированного состояния образцов в условиях бразильского теста вызывают интерес многих исследователей с момента его предложения. Исследования проводятся различными экспериментальными [7, 8] и численными методами [9–11]. Выясняется влияние таких факторов, как геометрические размеры, форма нагружающих элементов, уточняются формулы для оценки прочности применительно к разным материалам и т.п. Однако экспериментов и расчетов по исследованию распределения ло-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.3.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>