

## О ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРЕДВЕСТНИКАХ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Досліджено аномальний характер деформування зразків гірничих порід, що полягає в зміні знаку прирощення поздовжніх та поперечних деформацій в центральній частині зразка в передруйнівній стадії навантаження. Розроблені способи створення штучних тріщин, моделюючих екрануючу та розпираючу дію тріщин відриву, що виникають в зразку при стискуванні. Встановлено механізм появи аномальних деформацій. Результати досліджень мають практичне значення для встановлення механізму явища зонального руйнування гірничих порід навколо підземних виробок (зональної дезінтеграції), а також для рішення проблем прогнозу динамічних явищ при руйнуванні.

### ABOUT DEFORMATIONAL ROCK FAILURE PREDICTIONS

The anomalous character of rock samples failure was investigated in near the strength sphere of loading. The periodical character of anomalous deformations was established. Method of modeling crack was developed and mechanism of phenomena have been established. The results of investigation may be used in near the openings zonal disintegration tasks and in problem of rock burst prediction.

Смена знака скоростей деформаций образцов горных пород при сжатии в предразрушающей области нагружения, по-видимому, впервые установлен И.С. Томашевской и Я.Н. Хамидуллиным в 1972 году при объемном нагружении образцов [1]. Для объяснения явления выдвинута гипотеза дилатансии. Гипотеза не объясняет смену знака приращения поперечных деформаций.

Аномальный характер деформирования центральной части образцов, подвергнутых термообработке, исследован в [2]. Для объяснения явления выдвинута гипотеза остаточных напряжений. Гипотеза не объясняет противоречие между аномальным характером деформирования образца в центральной части и обычным характером деформирования образца в целом.

Исследования деформирования больших образцов горных пород и бетона в предразрушающей стадии нагружения также показывают наличие деформационных аномалий [3]. Для объяснения полученных результатов выдвинута гипотеза упругого восстановления деформаций вблизи образующихся трещин. Гипотеза имеет те же недостатки, что и гипотеза остаточных напряжений. Кроме того, с позиций гипотезы невозможно объяснить тот факт, что деформационные аномалии обнаруживаются в предразрушающей области нагружения: для упругого восстановления необходимо наличие свободных поверхностей.

Авторами также исследован характер деформирования образцов горных пород в предразрушающей стадии нагружения. Эксперимента проведены на образцах цилиндрической формы по стандартной методике [4] с фиксированием деформаций тензорезисторами с базой 10 мм и использованием в качестве регистрирующей аппаратуры тензостанции СИИТ-3. Установлено, что смена знака приращения деформаций происходит одновременно в осевом и поперечном направлении (рис. 1). Для объяснения явления выдвинута гипотеза трещины отрыва, возникающей при сжатии.

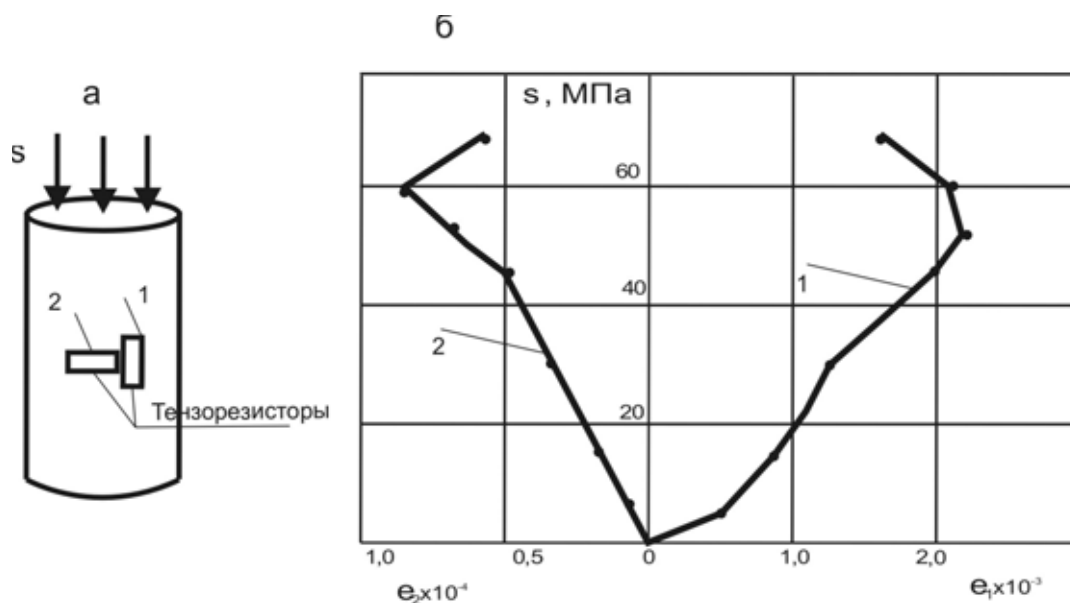
Явление отрыва при сжатии исследовано аналитически в рамках микроме-

ханики [5]. Основными концептуальными положениями являются сложный сдвигово-отрывной характер процесса разрушения и сохранение формирующимися макротрещинами основных свойств микротрещин (модель трещины с контактирующими берегами и точечным характером контактов). Этот подход выдержан при проведении экспериментов по определению механизма аномального характера деформирования образцов.

Разработан способ создания в образце горных пород искусственных трещин, моделирующих экранирующее действие трещин отрыва, а также методика определения деформированного состояния вблизи таких трещин. Трещины моделируются вертикальными распилами, наносимыми тонкими алмазными дисками в нагруженных образцах. Распилы наносились в образцах аргиллита после их многократного циклического нагружения. Измерения проводятся тензорезисторами по многоточечной схеме или по схеме неподвижного репера.

Установлено, что после создания распила наступает смена знака приращения деформаций, обусловленная упругим восстановлением, однако ее величина весьма незначительна, что не позволяет объяснить деформационную картину рис. 1. Кроме того, непосредственно после создания распила наступает период релаксационного восстановления, что очень быстро нивелирует эффект смены знака приращения деформаций. Контрольные эксперименты на образцах плотной резины подтвердили полученные результаты.

Разработан также способ создания в образцах искусственных трещин, моделирующих распирающее действие сдвиговых микродефектов, инициирующих отрыв, а также методика определения деформированного состояния материала вблизи таких трещин. Трещины моделируются разрезами, наносимыми в ненагруженных мягких образцах горных пород тонким режущим инструментом с внедрением этого инструмента в материал.

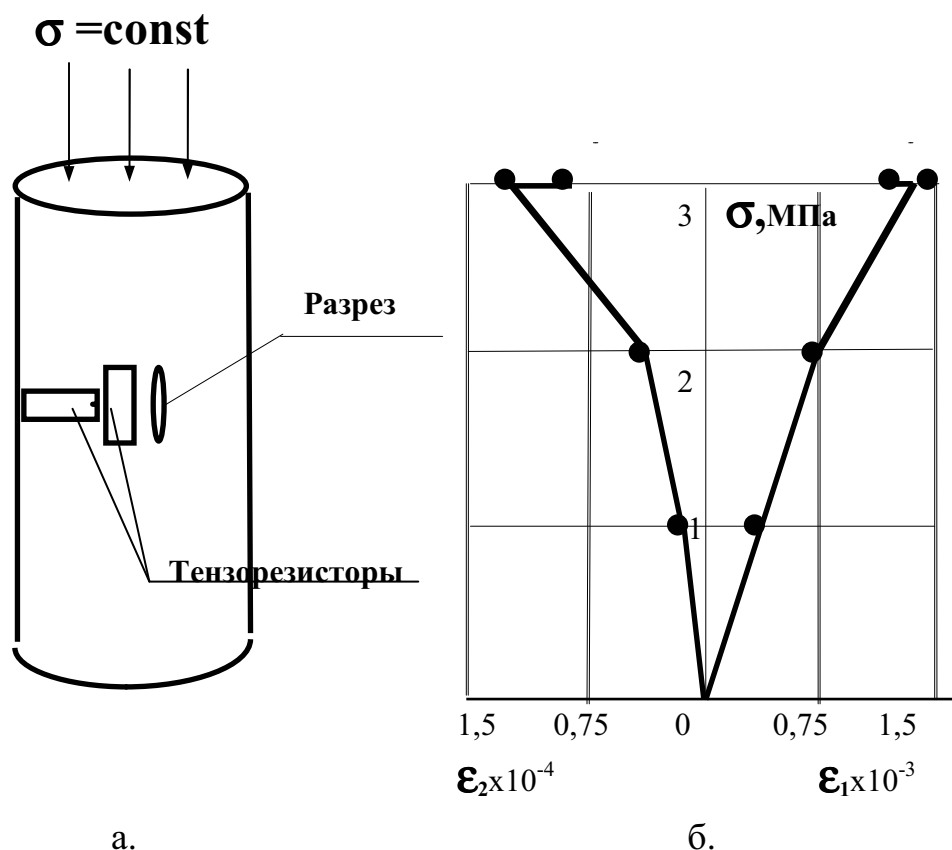


а – схема эксперимента, б – деформационные кривые  
Рис. 1 – Характер деформационных аномалий

Установлено, что в этом случае вблизи трещины возникают деформации, характерные для представленного на рис. 1 случая деформационных аномалий. При нанесении разрезов в нагруженном образце два эффекта суммируются, и аномальный характер деформирования качественно воспроизводится экспериментально (рис. 2).

Таким образом, установлен механизм явления смены знака приращения деформаций образцов горных пород в предразрушающей области нагружения при одноосном сжатии, заключающийся в обусловленности деформационных аномалий сложным сдвиго-отрывным характером подготовки разрушения. Полученные результаты могут быть использованы в целях прогноза динамических явлений разрушения типа горных ударов или землетрясений.

Математическое описание явления возможно на пути использования неевклидовых моделей механики дефектных сред. Установленное в экспериментах чередование "нормальных" и "аномальных" участков деформирования свидетельствует о периодичности процессов локализации необратимых деформаций при нагружении.



а.

б.

а – схема эксперимента; б – характер деформаций

Рис. 2 – Экспериментальное воспроизведение эффекта смены знака приращения деформаций образцов горных пород при сжатии

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты 02-15-99450-м, 01-05-651180.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Томашевская И. С., Хамидуллин Я. Н. Предвестники разрушения образцов горных пород // Известия АН СССР. Физика Земли. - 1972. - №5, С. 12 -20
2. Тажибаев К. Т. Деформация и разрушение горных пород, - Фрунзе: Илим, 1986.-108
3. Соболев Г. А., Кольцов А. В. Крупномасштабное моделирование подготовки и предвестников землетрясений / Под ред. А.А.Садовского. - М.: Наука, 1988. - 208 с.
4. Makarov V.V. Phenomena of strain reversal in rock specimens under compression Proc. 3rd Int. Congr. of "Mesomechanics", Xi'an, 12 -16 June, 2000, Xi'an, China, 2000.-P.349-354
5. Прочность и деформируемость горных пород / Ю. М. Карташов, Б. В. Матвеев, Г. В. Михеев и др.- М.: Недра, 1979.-240 с.
6. Одинцев В. Н. Отрывное разрушение массива скальных горных пород.-М.: ИПКОНРАН, 1996. - 166 с.

УДК 539.3:622.411

В.Г. Колесников, С.Ю. Андреев

### **ПРОЧНОСТЬ ДЕФЕКТНОЙ СРЕДЫ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГАЗОНАСЫЩЕННОМ ГОРНОМ МАССИВЕ**

Наведено результати оцінки механіки процесів, що відбуваються в газонасиченому масиві при зміні його стану, з позицій міцності як статистичного накопичування порушень зв'язків елементів та зміни властивостей порід.

### **DURABILITY OF DEFECTIVE ENVIRONMENT AND KINETIC PROCESSES IN GAS-SATED ROCK MASSIVE**

The results of mechanics processes estimation occurring in gas-sated massive at change of its condition, from positions of durability as statistical accumulation of elements connections infringement and change of breeds properties are given.

Анализ исследований в области кинетических процессов и динамических явлений в насыщенных породах показывает, что привлечение последних достижений в фундаментальных науках к решению задач горного дела позволило установить целый ряд новых закономерностей: поведение метаноугольной среды как твердого раствора; проявление деформаций генетического возврата; увеличение фильтрации газированной жидкости при снижении давления на выходе пористой среды до давления газовыделения; качественные изменения в микроструктуре среды в зависимости от ее компактизации; непостоянство энергетических показателей разрушения горных пород; связь физических свойств пород с критической пористостью; процесс фазовых переходов при направленном давлении, а не объемном; возможность разжижения грунтов при динамических воздействиях и др. В основе их лежат как физико-химические превращения и условия механического воздействия, так и изменение структуры среды. Все эти факторы взаимосвязаны, конечным результатом их проявления являются процессы и их последствия в земной коре и горном массиве при добыче полезных ископаемых. Общей характеристикой оценки возможных видов проявления горного давления и связывающих их факторов может быть прочность массива в некоторых локальных областях, которая зависит от характеристик среды и составляющих ее фаз, дефектности, площадей контакта и связи составляющих элементов, их взаимодействия и т. п. Во всех случаях усиление или ослабление