

ОСОБЕННОСТИ РАСТРЕСКИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ПОД ДЕЙСТВИЕМ РАСТЯГИВАЮЩИХ НАГРУЗОК

Калачев В.А., Панфилов Г.П., Якупов Р.Р., Зайцев Д.В., Панфилов П.Е.

Институт естественных наук, УрФУ, г. Екатеринбург, peter.panfilov@urfu.ru

Известно, что окружающая среда способна существенным образом влиять на прочностные свойства горных пород. Так, под влиянием воды деформационное поведение горных пород порой претерпевает драматические изменения. Снижение пределов текучести / прочности неорганических материалов в воде получило название «эффекта Ребиндера», механизм которого сводится к повышению подвижности дислокаций – основных носителей «пластичности» в кристаллах [Ребиндер, 1979]. Использование малогабаритных лабораторных образцов позволяет провести изучение механических свойств горных пород и развитие трещин на одних образцах в различных средах, и, тем самым, аттестовать механизмы релаксации напряжений в иерархически организованных неорганических материалах – горных породах и оценить влияние на них окружающей среды.

Изучали деформационное поведение на макроскопическом (механические свойства) и микроскопическом уровне (развитие трещин на боковой поверхности образцов) при диаметральном сжатии – непрямом растяжении (бразильский тест) на воздухе и в воде. В качестве модельных материалов были взяты: гранит, кварцит, серпентинит; искусственный песчаник и каменный уголь. Образцы имели форму таблеток диаметром 6 мм и толщиной 3 мм. Испытания проводили при комнатной температуре на разрывной машине Shimadzu AG-50K XD (скорость перемещения траверсы 0.1 мм/мин). Для каждого материала было испытано две группы образцов по десять штук в каждой. Первую группу образцов испытывали на воздухе, а образцы второй группы - в водопроводной воде. Рабочие поверхности образцов после испытаний документировали с помощью оптического сканера высокого разрешения Epson Perfection V750 Pro (увеличение x10) и металлографического оптического микроскопа МИМ-8М, оснащенного цифровой камерой высокого разрешения Canon (увеличение x500).

Были построены кривые «деформация-напряжение» для воздуха и воды. По характеру деформационных кривых (прямая линия) и величины деформации до разрушения (порядка 1%) все горные породы на макроуровне демонстрировали хрупкое поведение независимо от среды испытания. У всех материалов наблюдалось снижение предела прочности и деформации

до разрушения в воде по сравнению с испытаниями на воздухе. Исключение составлял только каменный уголь, где при испытаниях в воде наблюдался рост этих характеристик. Изучение трещин на макроскопическом уровне показало, что длина и ширина магистральной трещины на воздухе были больше, чем при испытаниях в воде. В образцах, испытанных на воздухе, она сравнима с диаметром, а в испытанных в воде – была значительно меньше. При изучении трещин на микроскопическом уровне было обнаружено, что магистральная трещина состоит из микротрещин линзообразной формы, имеющих тенденцию к слиянию. У большинства микротрещин вершины были затуплены. Ширина микротрещин при испытании на воздухе была в два-три раза больше, чем при испытании в воде. Крупное включение, встречающееся на пути магистральной трещины, могло приводить к ее отклонению от заданной траектории.

Анализ деформационного поведения на макроскопическом уровне показывает, что под действием растягивающей нагрузки горная порода ведет себя как хрупкий материал. Испытание в воде приводит к изменению характера деформационного поведения, но приводит к снижению прочностных свойств. Анализ разрушения на микроуровне показывает, что магистральная трещина возникает в результате слияния линзообразных трещин, часть которых имеет затупленные вершины, а их ширина зависит от наличия воды в породе. Такой характер разрушения указывает на наличие в образцах двух механизмов релаксации упругой энергии: зарождения-роста трещин и альтернативному ему - деформации. Следовательно, тип разрушения образцов на микроуровне является вязко-упругим. Снижение предела прочности и деформации до разрушения, а также уменьшение ширины трещин при испытании в воде связано с повышением подвижности дислокаций под влиянием воды.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-19-10007).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979, с. 203.