

# Влияние внешних факторов на развитие трещин в горных породах

---

Панфилов П.Е. (1), Кочанов А.Н. (2), Панфилов Г.П. (1), Зайцев Д.В. (1)

(1) Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

(2) Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, Россия

e-mail: peter.panfilov@urfu.ru

Прочностные свойства горных пород (ГП), обладающих развитой иерархически организованной структурой, зависят от многих факторов, среди которых важнейшими являются наличие дефектов строения и влияние внешней среды, например, воды. Одним из методов, позволяющих смоделировать их влияние на прочность породы, является лабораторный эксперимент. Использование малогабаритных образцов, размерами порядка нескольких мил-лиметров, дает возможность проводить механические испытания и микроскопическую атте-стацию поверхности на одних и тех же образцах. В настоящем докладе приводятся данные такого рода исследований, проведенных авторами за последние несколько лет. В качестве модельных материалов были взяты: магматические ГП – гранит; осадочные ГП – песчаник, яшма, каменный уголь; метаморфические ГП – кварцит, серпентинит и мрамор. Исследования проводили на малогабаритных образцах цилиндрической формы, диаметром 6 мм и толщиной 3 мм. Часть образцов гранита содержала трещины, возникшие в результате взрывного воздействия на исходную заготовку. Механические испытания образцов выполняли по схеме диаметрального сжатия / непрямого растяжения при комнатной температуре, как на воздухе, так и в воде (скорость траверсы 0,1 мм/мин). Развитие трещин в образцах изучали при помощи оптического микроскопа, а морфологию изломов изучали на сканирующем электронном микроскопе. На макроскопическом уровне при растяжении все образцы демонстрировали хрупкое деформационное поведение, независимо от типа ГП и среды испытания. Наличие в образцах таких дефектов как трещины и крупные поры не приводило к качественным изменениям в поведении ГП. Под действием воды в граните, кварците, серпентините и осадочных ГП (песчанике и угле) происходило незначительное снижение предела прочности и деформации до распада на части, что, однако, не отразилось на морфологии поверхности изломов образцов. Это было хрупкое внутризеренное разрушение, тогда как в яшме, мраморе разрушение было хрупким межзеренным. Следовательно, охрупчивание ГП первых двух групп за счет снижения когезионной прочности границ зерен под действием воды можно исключить, поскольку участков хрупкого межзеренного разрушения на изломах не было. Данная особенность может быть объяснена эффектом Ребиндера, когда под влиянием воды активизируется процесс зарождения и движения дефектов-носителей пластической деформации – дислокаций. Траектория движения опасной трещины в образцах ГП определялась геометрией приложения нагрузки и не зависела от среды испытания. При испытании в магматических ГП и осадочных ГП на воздухе, длина магистральной трещины оказывается сравнимой с диаметром образца, а при испытаниях в воде она была 60-70% диаметра образца. Ширина трещины в образцах, испытанных на воздухе, была в 2-3 раза больше, чем в образцах, деформированных в воде. Магистральная трещина состояла из порообразных микротрещин, которые имеют тенденцию к слиянию друг с другом. Подобным образом развиваются трещины в шейке на плоских образцах пластичных металлов. Длина микротрещин в образцах, в отличие от их ширины, не зависела от среды испытания. Следовательно, на микроскопическом уровне магматические ГП (гранит), а также метаморфические (кварцит и серпентинит) и осадочные ГП демонстрируют вязко-упругое поведение. Это можно объяснить тем, что на микроуровне для данного типа ГП из-за их структурных особенностей существует механизм аккомодации напряжений, конкурирующий с ростом трещины, - необратимая деформация или микропластичность. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант №

15-19-10007).