ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии»

6–10 сентября 2021 г.
Томск, Россия

Томск – 2021
Издательство ТГУ

DOI: 10.17223/978-5-907442-03-0-2021-276

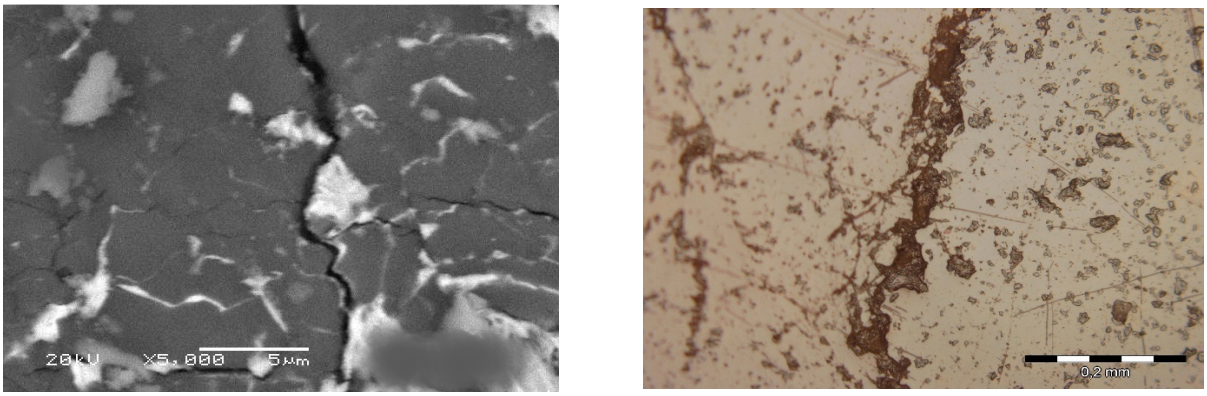
СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Кочанов А.Н.

Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН, Москва

Для изучения структурных изменений в условиях динамического воздействия, а также оценки прочностных характеристик горных пород были проведены экспериментальные исследования с применением современных методов физического эксперимента: оптической, и растровой электронной микроскопии, ультразвукового контроля, прямых испытаний на прочность, результаты которых отражены в работах [1-5]. Специфика исследований заключается в том, что в экспериментах в качестве внешнего воздействия используется воздействие взрывного типа, и отдельные методики проведения экспериментов позволяли оценивать структурные изменения с расстоянием от источника воздействия. С течением времени появились новые аспекты понимания полученных результатов, в том числе их значимости, и в этой связи в настоящем докладе они анализируются с позиций микромеханики разрушения.

Горные породы в абсолютном большинстве представляют собой поликристаллические или гетерогенные природные минеральные системы, состоящие из совокупности отдельных элементов - зерен различных минералов, имеющих, как правило, различные упругие и прочностные характеристики. Важным элементом структуры материала являются микротрещины, существующие или возникающие на ранних этапах деформирования, и определяющие развитие процесса разрушения. Для изучения образования микротрещин в горных породах выполнены экспериментальные исследования, в ходе проведения которых осуществлялось динамическое воздействие на образцы и затем выполнен анализ поверхности образцов с помощью электронной и оптической микроскопии (Рис.1).



а б

Рис. 1. Микротрещины в граните по данным электронной (а) и оптической микроскопии (б)

Для оценки начальной структурной поврежденности образцов использовался ультразвуковой метод с определением скорости продольных волн. Практически все образцы горных пород характеризовались различными значения по скорости продольных волн в локальных объемах. Учитывая этот факт, можно оценивать начальную поврежденность образцов показателем, который вводится как квадрат отношения измеренной скорости Ср в данной области образца к максимальной скорости Cp_{max} для данного типа горной породы: $\psi_0 = (Cp/C_{pmax})^2$. Значения показателя начальной поврежденности, например, в локальных объемах образца песчаника изменялись в диапазоне ψ_0 = 0,2-1,0.

При проведении экспериментов по взрывному воздействию масса заряда подбиралась с таким расчетом, чтобы исключить разрушение образцов на отдельные фрагменты.. Ультразвуковые измерения осуществлялись непосредственно до и после взрыва на разном

расстоянии от заряда. Оценка прочностных свойств образцов после взрыва осуществлялась методом раскалывания, который предусматривал определение предела прочности при одноосном растяжении в любом заданном сечение образца. Основные результаты исследований отражены в работе [3, 5], где установлены изменения скорости продольной волны и прочности с расстоянием от источника взрывного воздействия за счет развития микротрещин. Размер области, экспериментально определяемый по изменению скорости продольных волн, зависит от параметра ψ_0.

В качестве примера результаты эксперимента в виде распределения значений скорости до и после взрывного воздействия в пластине гранита размером 40х40х7 см, эпицентр которого находился в точке № 6, представлены в таблице 1. Расстояния между точками прозвучивания составляло 3 см. До взрывного воздействие наблюдается распределение значений скорости по длине образца в диапазоне значений 6550-6770 м/с, а после взрывного воздействия минимальное значение скорости в эпицентре составляет 6180 м/с.

Таблица 1. Распределение значений скорости продольных волн (м/с) в образце гранита до и после взрывного воздействия

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
До	6590	6600	6550	6770	6760	6730	6600	6580	6670	6720	6750
После	6370	6480	6400	6390	6270	6180	6220	6360	6450	6570	6540

В таблице 2 представлены результаты измерений относительного изменения скорости после двух микровзрывов с эпицентрами в точках №4 и №9, расположенных на расстоянии 15 см друг от друга. В результате взрывного воздействия №1 максимальное снижение скорости составляет эпицентре 10,2%. После второго микровзрыва наблюдается относительное снижение скорости до 18% на значительном расстоянии от его эпицентра, что позволяет утверждать, что микроструктурная поврежденность горных пород оказывает значительное влияние на результаты взрывного воздействия.

Таблица 2 Распределения значений относительного изменения скорости продольных волн (%) по данным ультразвуковых измерений после взрывного воздействия

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
После взрыва №1	9,5	9,8	5,2	10,2	9,9	5,6	5,8	4,8	2,5	0	0	0	0	0
После взрыва №2	9,5	9,8	5,2	18	15	10	5,8	5	5	4,8	4,8	4,8	2	0

Результаты, полученные с помощью рассмотренных экспериментальных методик, развивают положения о горных породах как структурно-неоднородной среде применительно к процессу динамического разрушения на стадии развития микротрещин (предразрушения), что имеет принципиальное значение для уточнения механизма этого процесса.

1. Викторов С.Д., Кочанов А.Н. Закономерности взрывного предразрушения в горных породах как структурно-неоднородной среды под действием волн напряжений // Сб. тез. докл. Международной конференции «Физическая мезомеханика многоуровневых систем. Моделирование, эксперимент, приложения». Томск, ИФПМ СО РАН. 2014.С.412–413.
2. Кочанов А.Н. Влияние структуры горных пород на сценарий их разрушения // Сб. тез. докл. Международной конференции «Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций» Томск, 2017. ИФПМ СО РАН. 2014.С. 160–161.
3.Александров В.Е., Кочанов А.Н., Левин Б.В. О взаимосвязи акустических и прочностных свойств пород в зоне предразрушающего действия взрыва // ФТПРПИ. 1987. №4. С. 45–48.
4. Викторов С. Д., Кочанов А.Н. Развитие микротрещин при динамическом разрушении горных пород // Изв. РАН. Сер. Физ. 2015. Т.79. №6. С. 829–831.
5. Викторов С.Д., Кочанов А.Н. Изучение процессов свободной разгрузки образцов горных пород после взрывного нагружения // ФТПРПИ. 2004. №2. С. 52–57.