

Развитие трещин на разных масштабных уровнях при динамическом воздействии на горные породы

Кочанов А.Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, Москва, Россия

e-mail: kochanov@mail.ru

Научные основы безопасности горных работ подразумевают изучение природы и причин формирования аварийных ситуаций, а также разработки способов и средств по предупреждению катастрофических событий, в том числе в виде горных ударов, обрушения горных пород и т.д. В этой связи проблема безопасности горных работ и проблема разрушения, неразрывно связаны. При кажущейся простоте разрушения его механизм весьма сложен и охватывает огромную область на шкале размеров, начиная от атомного масштаба, а завершается визуальными проявлениями. В рамках современных представлений разрушение материалов является неравновесным пространственно-временным процессом накопления повреждаемости, обусловленного образованием и развитием разномасштабных по размерам пор и трещин, природа которого заключается в микроскопической неоднородности материалов и их структурных особенностях. Для исследования влияния структурных особенностей горных пород на процесс разрушения проведены лабораторные исследования, в рамках которых динамическое воздействие на образцы горных пород моделировалось взрыванием микрочаржов тэна в камуфлетном режиме. С помощью современных методов физического эксперимента оптической, лазерной сканирующей конфокальной и электронной микроскопии выполнено изучение элементов структуры горных пород и ее эволюции в условиях динамического воздействия. Впервые получены изображения дефектов на разных масштабных уровнях в 3D формате и определены их параметры. В рамках эксперимента после динамического воздействия кроме микротрещин наблюдалось образование протяженных радиальных макротрещин длиной несколько сантиметров, развитие которых связывается с газовым фактором. Извилистая форма трещины на начальном этапе ее развития может свидетельствовать об изменении скорости ее распространения или, точнее, о задержки в ее развитии, что, очевидно, связано с формированием зоны локализации разрушения у ее вершины и последующим скачкообразным продвижением. Задержка в развитии магистральной трещины позволяет за это время образоваться за счет развития микродефектов, более мелких трещин в объеме образца. В мраморе в породе с однородной микроструктурой, в отличие от гранита не наблюдалось множественного трещинообразования, трещины имели прямолинейную траекторию, были более протяженные, но немногочисленные и практически достигали границ образцов. Для оценки механических свойств и структурной неоднородности образцов применялся метод микро- и наноиндентирования, позволяющий определять модуль Юнга и твердость на различных масштабных уровнях, а также вязкость разрушения отдельных минеральных компонентов. Результаты исследований, в том числе связанных с трехмерной визуализацией макро- и микродефектов, создают предпосылки для развития теоретических моделей в области физики прочности для прогнозирования и управления процессами деформирования и разрушения горных пород, что является необходимым инструментом для максимально безопасного и эффективного освоения недр.