В.А.ШЕКОВ, О.В.МЯСНИКОВА
Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Россия
М.Г.МЕНЖУЛИН
Санкт-Петербургский горный институт, Россия

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН В ДАЛЬНЕЙ ЗОНЕ ПРИ ВЗРЫВНОЙ ДОБЫЧЕ ГРАНИТНЫХ БЛОКОВ

Взрывная отбойка блоков является одной из ключевых операций в технологии добычи гранитных блоков при производстве облицовочных материалов из естественного камня. Она обеспечивает как приемлемые экономические затраты при извлечении блоков, так и соответствующую производительность добывающего предприятия. Главным требованием при производстве таких работ является сведение к минимуму влияния взрыва на трещинообразование в гранитном блоке.

Как правило, задача сводится, к подбору условий в шпуре при взрыве для определенных ВВ, когда ударная волна передается в массив с низкими скоростями, предотвращая, таким образом, трещинообразование в «ближней зоне», т.е. в зоне, прилегающей непосредственно к шпуру.

Широко известны исследования финских специалистов в этой области, результатом которых стало установление зависимости влияния взрывов различных ВВ с разными массами в сухих и обводненных шпурах.

Однако процесс накопления трещин не заканчивается образованием их вокруг шпура. В каждом массиве существует некоторая естественная трещиноватость. Она существенно изменяется от участка к участку в зависимости от многих факторов, таких как разгрузка напряжений от горного давления, которому подвергался массив; содержание минералов, их размеры. Однако в пределах одного блока объемом 10-15 м^3 трещиноватость можно считать постоянной.

Существующие в массиве (гранитном блоке) трещины можно разделить на два иерархических уровня: 1) непосредственно микротрещины, визуально наблюдаемые под микроскопом, с размерами, сопоставимыми с размерами зерен (0,1-5 мм, а иногда и более); 2) магистральные трещины длиной 50-200 мм. Иерархические уровни тесно связаны с размером зерен гранита и для разных их видов могут значительно отличаться.

Взрывом в массиве наводится дополнительная трещиноватость, она затрагивает все иерархические уровни. Известно, что развитие трещин в массиве может осуществляться двумя

путями: как за счет роста трещин, так и за счет их слияния, т.е. кластеризации [1-3]. При этом взрывное воздействие вскрывает естественные макротрещины, присутствующие в массиве до взрыва, и может создавать условия для рождения новых.

Механизм наведения трещиноватости в горной породе в зависимости от времени взрывного воздействия и мощности заряда можно подразделить на два типа. При короткодействующих (осуществляемых при использовании высокоскоростных ВВ) или сильных (при передаче значительной энергии в массив низкоскоростных ВВ) нагрузках происходит развитие микротрещин и, за счет их слияния (кластеризации) с соседними микротрещинами, рост макротрещин.

При более длительных нагрузках, характерных для процесса выемки блоков, либо в ходе ранее происходивших тектонических процессов в горной породе происходит равномерный рост и накопление трещин, в том числе и их кластеризация. Однако при этом наблюдаются существенные различия в количественных параметрах микротрещиноватости в окрестностях двух типов магистральных трещин, указанных выше. Это было установлено при изучении макротрещин, наведенных в граните месторождения Сюскюянсаари в результате различных технологических и геологических процессов.

Объектом изучения были плиты, полученные из различных гранитных блоков. Одна плита была получена из блока, который подвергался взрывным нагрузкам, но трещины имели явно природное происхождение. Другая вырезана из блока, который подвергался значительным взрывным нагрузкам при осуществлении вскрытия горизонта, и содержала трещины техногенного происхождения.

Для измерения микротрещиноватости на плите, не имеющей техногенных трещин, были выбраны три участка площадью 500-800 мм^2, один из которых ($К_2$) – вблизи макротрещины естественного происхождения. На плите, подвергавшейся взрывному воздействию, выбраны пять участков такой же площади, два из которых ($С_1$ и $С_2$) находятся вблизи макротрещин взрывного происхождения. Результаты измерения трех параметров микротрещиноватости на всех исследованных площадках приведены в табл.1, 2.

Таблица 1

Характеристика микротрещиноватости плиты из блока, подверженного взрывной нагрузке

Номер участка	Характеристика участка	Концентрация микротрещин, мм$^{-1}$	Плотность микротрещин, мм/мм^2	Средняя длина микротрещин, мм
С1	Вблизи макротрещины	0,10	0,134	1,38
С2	- " -	0,09	0,126	1,39
С3	Без макротрещины	0,217	0,32	1,48
С4	- " -	0,148	0,294	2,0
С5	- " -	0,156	0,253	1,62

Контрольные измерения по плите с естественной макротрещиной были проведены по трем участкам (табл.2).

Таблица 2

Характеристика микротрещиноватости контрольной плиты с естественной трещиной

Номер участка	Характеристика участка	Концентрация микротрещин, мм$^{-1}$	Плотность микротрещин, мм/мм^2	Средняя длина микротрещин, мм
К1	Без макротрещины	0,198	0,337	1,71
К2	Вблизи макротрещины	0,163	0,209	1,29
К3	Без макротрещины	0,205	0,314	1,62

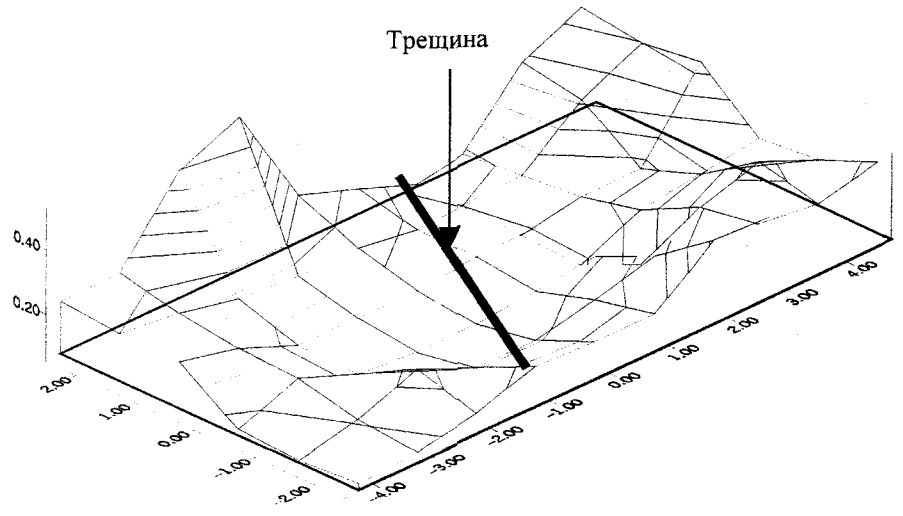


Рис.1. Распределение плотности микротрещин в области, прилегающей к макротрещине взрывного происхождения

Наиболее интересным представляется тот факт, что вблизи макротрещины естественного происхождения как концентрация микротрещин, так и плотность микротрещин соответствует уровню остальных участков плиты, однако вблизи макротрещины взрывного происхождения значения микротрещиноватости заметно ниже.

Для проверки этого факта было проведено картирование микротрещиноватости в области, прилегающей к макротрещине взрывного происхождения (рис.1 и 2).

Действительно, в процессе прохождения ударной волны в массиве создаются зоны уплотнения и затем разрежения, которые и приводят к развитию микротрещин в породе – появлению новых и росту уже имеющихся. При этом может происходить рост магистральных трещин, которые создают зоны разгрузки в областях, к ним прилегающих, и снижают трещинообразование в них за счет поглощения энергии на развитие самой трещины (рис.3).

Таким образом, появляется возможность оценить фоновые показатели естественной микротрещиноватости породы и относительное увеличение их вследствие взрывного взаимодействия.

Следует отметить, что средняя длина микротрещин в породе в этот период не изменяется, но возникают новые трещины (по-видимому, за счет развития дислокаций и других неоднородностей такого уровня), которые нельзя наблюдать в микроскоп.

Таким образом, любая взрывная нагрузка на блок природного камня приводит к накоплению и развитию в нем микротрещин. Как результат образуются макротрещины, которые могут привести к снижению выхода готовой продукции (полированных плит), т.е. уменьшению экономической эффективности производства.

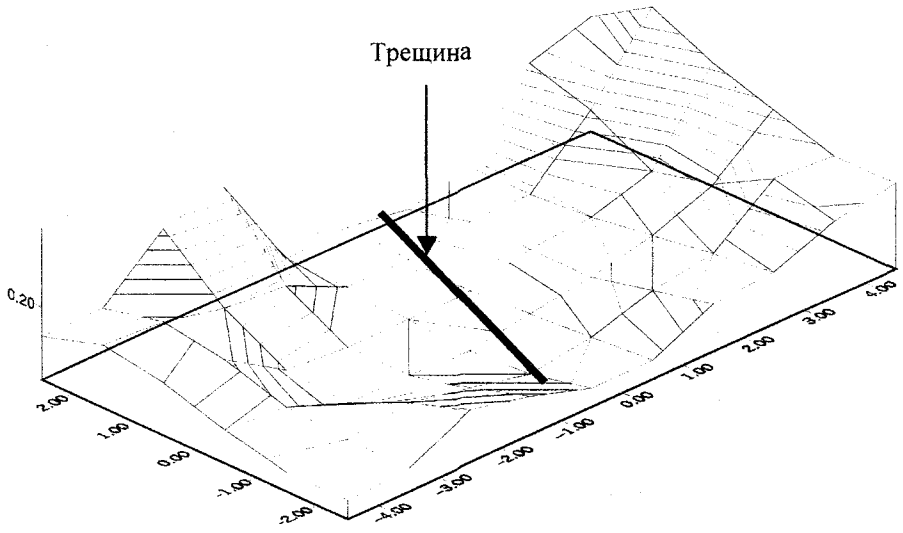


Рис.2. Распределение концентрации микротрещин вблизи макротрещины взрывного происхождения

Установлено, что трещины взрывного (техногенного) происхождения, не расположенные непосредственно в области шпура, а находя-

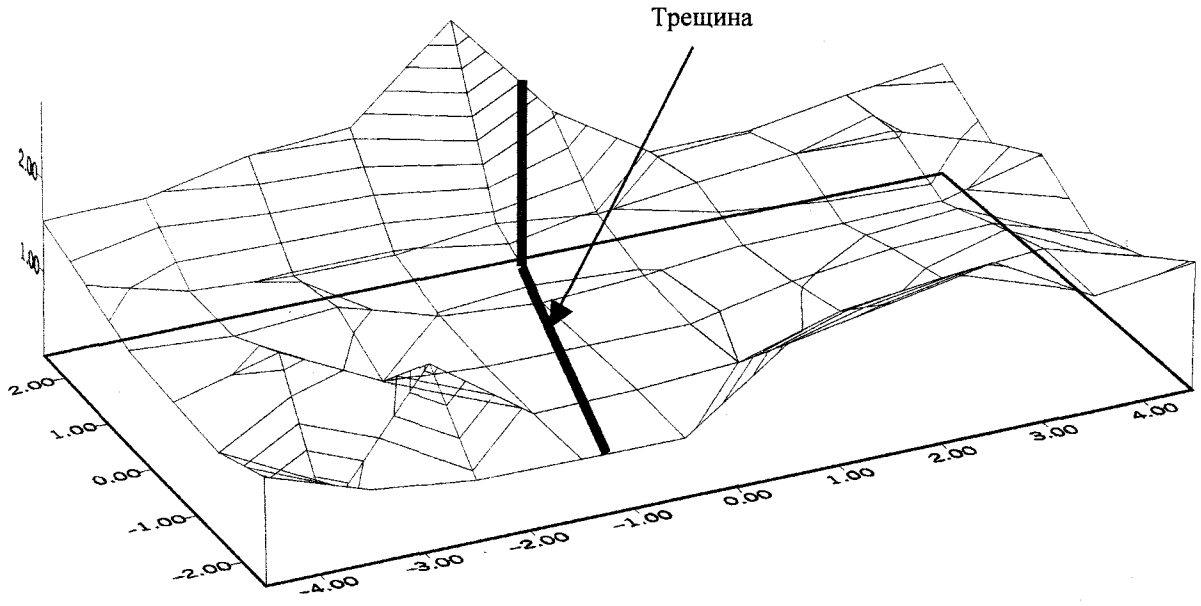


Рис.3. Распределение средней длины трещин вблизи макротрещины взрывного происхождения

щиеся от него на достаточно большом расстоянии (в дальней зоне), имеют характерную особенность – наличие вблизи них зон пониженной трещиноватости, что наряду с другими признаками может быть характеристикой при диагностировании трещин такого происхождения в блоках гранита, используемых для производства облицовочных плит.

При использовании взрывного способа добычи блоков всегда возникает опасность в неумеренном использовании ВВ и при этом не только для отрыва большого блока от массива, но в большей степени для его пассировки (придания правильной формы). Изучение микротрещиноватости пород месторождения позволит выбирать наиболее оптимальные схемы буровзрывных работ, позволяющие максимально снизить вредное влияние взрывов на качество получаемых в результате облицовочных плит.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Журков С.Н.* Концентрационный критерий объемного разрушения твердых тел//Физические процессы в очагах землетрясений М.: Наука, 1980. С. 78-86.

2. Разрушение: В 7 т / Под ред. Г.Либовица. М.: Мир, 1973-1975.

3. *Фрейденталь А.М.* Статистический подход к хрупкому разрушению // Разрушение / Под ред. Г.Либовица. М.: Мир, 1975. Т. 2. С. 616-645.