

Канд. техн. наук В.Н. Коновал
(Черкасский государственный
технический университет)

**НАПРАВЛЕННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ БЛОЧНОГО
КАМНЯ ПОРОД ЭНЕРГИЕЙ
ВЗРЫВА ПРИ ДОБЫЧЕ БЛОЧНОГО КАМНЯ**

Досліджено процес створення і розвитку тріщин у площині відриву блока при використанні нових конструкцій зарядів для видобутку кам'яних блоків з міцних гірських порід

**THE DIRECTED DESTRUCTION OF HARD ROCKS BY EXPLOSIONS
ENERGY**

The process of education and development of cracks in the plane of tearing off block at application of new constructions of charges for the booty of from strong rocks is explored

Сокращение затрат при отбойке полезных ископаемых энергией взрыва является одной из важнейших научно-технических задач. Наиболее полно весь комплекс проблем, связанный со специальным видом взрывных работ, отображается в технологии добычи камнеблоков из крепких горных пород [1]. Поэтому разработка новых эффективных технологий направленного разрушения горных пород на основе современных научных достижений и технических средств является важной научно-технической задачей. В этой связи рассматривается проблема создания новой и более совершенной технологии ведения взрывных работ на карьерах строительных материалов, основанная на использовании специальных конструкций зарядов, в которых реализуется эффект продольной кумуляции и низкоскоростного взрывного превращения. При решении ряда задач данной проблемы были выполнены исследования процесса образования и развития трещин в плоскости отрыва блока, а также обобщения результатов применения новых конструкций зарядов для добычи камнеблоков из крепких горных пород. Исследования в изучаемой области представлены в основном рядом разработок, авторских свидетельств и патентов, эффективность и технологичность работ при реализации которых, несмотря на оригинальность решений, имеет принципиально новый характер. Направленное использование энергии взрыва в большинстве предложений может быть осуществлено либо за счет асимметричной формы плоскости расположения зарядов либо с асимметричным зарядом [2,3]. Использование возможности изначально задавать направление разрушения и управлять энергией взрыва в пространстве наиболее полно отвечает постановке задачи о направленном разрушении горных пород. Очевидно, что для направленного разрушения горных пород взрывным способом, должно быть создано поле напряжений в массиве. Представление о развитии трещин и их слиянии, образовании магистральных трещин при взрывном нагружении массива можно получить, рассматривая процесс во времени. Такую возможность представляет кинетическая теория прочности, которая дополняется положениями о росте концентраций трещин во времени и их слиянии и обра-

зовании укрупненных трещин. Для исследования процесса накопления микро-трещин, определения зон трещиноватости и условий роста укрупненной трещины были выполнены расчеты полей напряжений в массиве при взрыве систем цилиндрических зарядов [4]. На основании исследования процесса накопления наведенных микротрещин в асимметричном динамическом поле напряжений установлено, что волна с начальными параметрами $P = 90$ МПа, и $t_2 = 10^{-4}$ с ослабляет породу в окрестности шпура, но разрушение не происходит, поскольку длительность действия недостаточна для развития трещин в этой области. Однако в окрестности шпура под действием начального амплитудного напряжения в волне в некоторых преимущественных направлениях происходит слияние микротрещин. В массиве процесс формирования магистральной трещины в ослабленной волной напряжений породе происходит под воздействием квазистатического поля напряжений создаваемого продуктами взрыва (ПВ). Доказано, что размеры зон нагружений породы зависят от структурных дефектов, физико-механических свойств породы, параметров взрывного импульса, действующего на стенки шпуров, которые определяются типом ВВ и конструкциями заряда. Исходя из вышеизложенных положений образования и развития магистральных трещин в массиве при взрывном разрушении, были сформулированы требования к параметрам БВР при добыче блоков природного камня из пород типа гранитов. Основные требования заключаются в следующем:

– длительность квазистатического давления ПВ $t_{ПВ}$ должна быть больше или равна времени формирования контурной трещины $t_{ТР}$

$$t_{ПВ} \geq t_{ТР};$$

– применение ВВ в конструкции заряда в процессе подготовки и заряжания должно обеспечивать технологичность и безопасность выполнения работ;

– инициирование зарядов ВВ контурного ряда необходимо производить таким образом, чтобы исключить изгибающие деформации блоков в плоскости отрыва [5].

Сравнительная оценка зарядов, традиционно используемых в технологиях направленного разрушения, показала, что заряды, функционирующие в режиме детонации, имеют ограниченные возможности снижения бризантного действия на массив за счет изменения их физико-химических и геометрических характеристик. Для снижения параметров взрывного нагружения, а также обеспечения надежности срабатывания зарядов и безопасности взрывных работ необходимы новые способы управления параметрами взрыва, не нашедшие воплощения в существующих конструкциях зарядов. Для взрывания в шпурах целесообразно использовать типы ВВ и конструкции зарядов диаметром 10-22 мм, функционирующие в режиме отличном от детонации и горения и обеспечивающие при этом снижение давления в зарядной полости и скорости разрушения массива, а также увеличения времени действия взрыва. Ударно-волновое воздействие, в частности, инициирование при помощи детонирующего шнура может вызвать в ВВ не только детонационный процесс. При воздействии, меньшем, чем необходимо для нормальной детонации в прилегающей к ДШ

зоне, могут возникать переходные процессы, например низкоскоростной режим взрывчатого превращения, способный при определенных условиях переходить в режим детонации. Толщина слоя ВВ на котором ударная волна (УВ) может возбудить низкоскоростной режим детонации (НСР), рассчитывается на основании начальных параметров инициирующей УВ, законов ее распространении по ВВ в критических условиях воспламенения.[6]. Время процессов, происходящих в нагруженном в слое, определяется временем распространения УВ на это расстояние, временем задержки воспламенения и средним временем сгорания ВВ. Диаметр заряда можно выбрать, зная толщину слоя ВВ, обеспечивающую стабильный НСР взрывного превращения. Границей слоя НСР будет расстояние от ДШ, на котором выполняется условие воспламенения ударной волной. Например, по тепловому механизму – это равенство теплового потока на поверхности ВВ Q_1 и теплового потока от химической реакции Q_2 .

$$Q_1(t) = \alpha[T_b(t) - T(t)] = \frac{dT}{d\alpha},$$

$$Q_2(t) = \sqrt{\frac{dQ_z}{E} RT^2 e^{-\frac{E}{RT(t)}}}.$$

Для определения времени, необходимого для достижения на поверхности заряда температуры $T_{кр}$, при которой $Q_1 = Q_2$, решается задача теплопроводности:

$$\rho_c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\lambda \frac{dT}{d\alpha} \right)$$

с граничным условием

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial \alpha} = -\alpha(T_B - T_0)$$

и начальным условием

$$t = 0;$$

$$T = T_0,$$

для любого $\alpha \rightarrow \infty$, $T = T_0$ для любого t , где α – коэффициент теплопередачи; T_0 – начальная температура ВВ; ρ , C , λ – плотность, теплоемкость и теплопроводность ВВ; T_B , T – температура теплоносителя и поверхности ВВ.

Теоретический анализ процессов функционирования асимметричных зарядов в НСР-детонации, а также результаты крупномасштабных опытно-промышленных взрывов при отделении камнеблоков от массива, позволили сформулировать следующие основные выводы.

Выводы

Показано, что направленный раскол массива может осуществляться за счет использования асимметричных зарядов с ограниченной линейной массой, функционирующих в низкоскоростном режиме взрывчатого превращения. Не-

обходимым условием эффективных технологических решений является выбор области применения шпурового и скважинного методов взрывных работ и технологических схем добычи камнеблоков.

Развитие магистральной трещины при групповом взрывании сближенных асимметричных зарядов в нестационарном поле напряжений, зависит от условия нагружения массива и расстояния между шпурами, которое обеспечивает определенный уровень концентрации микротрещин в плоскости отрыва. При этом управление параметрами нестационарного состояния массива горных пород с целью отделения монолитных блоков должно производиться путем выбора схем, геометрических параметров расположения шпуров на уступе и конструкций элементов зарядов ВВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутузов Б.Н., Рубцов В.К. Физика взрывного разрушения горных пород. М.: Недра. 1970 – 177с.
2. Разрушение горных пород энергией взрыва./ Э.И.Ефремов, В.С.Кравцов, Н.И. Мячина и др. – Киев: Наук. думка. 1987. – 264 с.
3. Барон Л.И., Личели Г.П. Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке. – М.: Недра. 1966. – 136 с.
4. Нефедов М.А. Исследование напряженного состояния среды для прогнозирования результатов взрыва//Физические процессы горного производства. – Л. 1977.– Вып. 4, С. 45-49.
5. Нефедов М.А. Направленное разрушение горных пород взрывом. – СПб: Изд-во С.-Петербургского университета, 1991.- 188 с.
6. Мисник Ю.М., Нефедов М.А., Ковалевский В.Н. Опыт применения зарядов направленного действия при проходке горных выработок. Тезисы докладов ВНТС «Научно-технический прогресс на горных предприятиях цветной металлургии», – Ереван, 1986, С. 64-65.