

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ БЛОЧНОГО ДОЛОМИТОВОГО КАМНЯ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Олисаев А.С., Семелиди А.Х., Радченко Р.В., Габараев Г.О.

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный
технологический университет), г. Владикавказ*

Ключевые слова: добыча доломитов, невзрывчатые разрушающие средства, диаметр шпура, разрушение массива, технологические параметры.

Аннотация. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на обоснование параметров технологии выемки блочного доломитового камня с использованием невзрывчатых разрушающих средств при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

TECHNOLOGY OF EXTRACTING BLOCK DOLOMITE STONE BY OPEN PIT MINING

Olisaev A.S., Semelidi A.Kh., Radchenko R.V., Gabaraev G.O.

*North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological
University, Vladikavkaz)*

Keywords: dolomite mining, non-explosive destructive means, bore hole diameter, massif destruction, technological parameters.

Abstract. The article presents the results of theoretical and experimental studies aimed at substantiating the parameters of the technology of excavating block dolomite stone with the use of non-explosive destructive means in the open-pit mining.

На территории Северной Осетии – Алании разведано шесть месторождений доломитов и доломитовых известняков, обладающих сходными признаками при разработке. Наиболее крупное и эксплуатируемое в настоящее время Боснийское месторождение, представлено пачкой доломитов мощностью 400 м, простирающейся на протяжении около 4 км с падением под углом 26 градусов. Месторождение включает наносы – гумусовые отложения толщиной 0,5-0,6 м, покрывающие породы – вязкие суглинки с включениями мелкообломочного доломита и собственно массив. Плотность – 2,7 т/м³, пористость 4,25 %, прочность доломитов 3-7 по шкале Протодяконова.

Месторождение обрабатывается тремя уступами высотой снизу вверх 45, 50 и 15м с углами откоса 70°. В основании уступов на горизонтах 980, 1025 и 1075 проходят штольни сечением 3.6- 4,2 м² длиной от 40 до 50 м. Камера имеет объем 60 м³. Наклонные прирезки обрабатывают горизонтальными секциями в количестве не менее 5-ти по высоте наклонной прирезки для

создания равномерного развала сырья в основании. Взорванную массу грузят экскаваторами ЭКГ-5 в автосамосвалы Бела3-540 и транспортируют на фабрику. Из добытой рудной массы производят доломитовую муку и готовят блоки для облицовочного камня. Добыча блоков двух стадийная [1-5], вначале буровзрывным способом отделяют монолит от массива, который затем разделяют на блоки. Буровзрывной способ добычи не обеспечивает выход целостных не нарушенных трещинами доломитовых блоков, а в соответствии с ГОСТ 9479-2011 блоки из горных пород для производства облицовочных и архитектурно-строительных изделий не должны иметь поперечные и диагональные трещины.

Для повышения целостности доломитовых блоков рекомендуется технология выемки с использованием невзрывчатых разрушающих средств. Сырьевая смесь для приготовления разрушающего средства включает известняк $\text{CaMg}(\text{CO}_3)$, фосфогипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и диоксид кремния SiO_2 . В качестве добавок используют борную кислоту (H_3BO_3) и сульфатно-дрожжевую бражку. Уложенная в слой шихта, крупность которой до остатка на сите 0,08 в пределах 60%, высотой до 30 мм, подается в печь. Время обжига при температуре 1400-1450° С составляет 35 мин. Процесс гидратации расширяющего состава при водопорошковом отношении 0,35 начинается сразу же после их перемешивания по схеме: растворение; кристаллизация и перекристаллизация с образованием стабильных соединений и формированием физической структуры монолитного «каркаса». Увеличение твердой фазы после реакции гидратации в пределах 3 часов составляет 2,2 раза. Начало схватывания размолотого комплексного расширяющегося состава 30 мин. Образовавшийся «каркас» с плотностью 1,4-1,6 т/м³ развивает через 72 часа давление расширения σ_0 не менее 50 МПа (рис. 1).

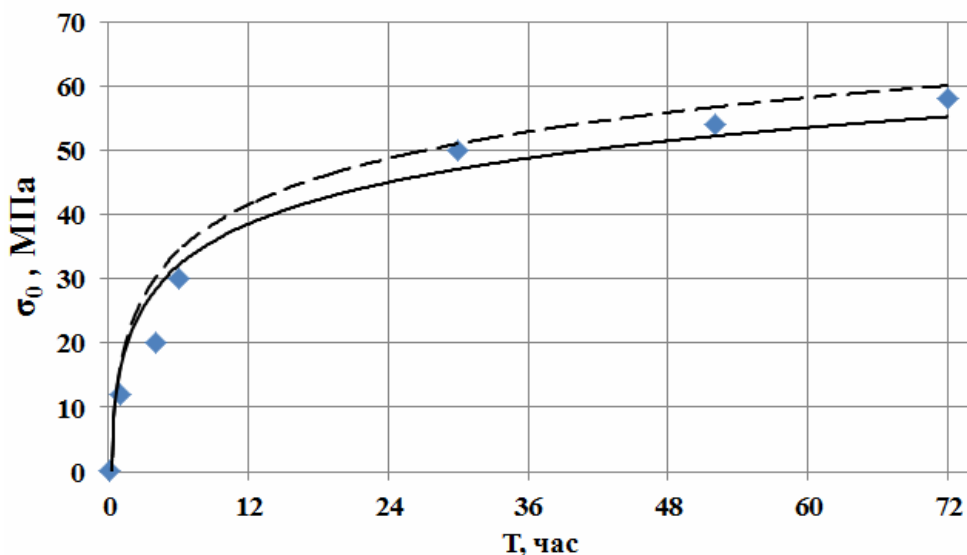


Рис. 1. Кинетика нарастания напряжений в стенках шпура во времени

Полученные данные дают основание о возможности использования невзрывчатого разрушающего средства отделения от массива и разделявания доломитовых блоков.

Основными характеристиками разрушаемого объекта, учитываемые при разработке схемы бурения шпуров, являются: предел прочности при разрыве материала объекта и параметры его армирования. Разрушаемый объект должен иметь параллельно оси шпуров хотя бы две плоскости обнажения.

Напряженное состояние в шпуре во времени принимается с заданной нагрузкой и соответствующей ему геометрии трещин при малых скоростях их развития. Вокруг полосы (рис. 2) по всей длине шпура (l_{un} , м) имеется n количество «зародышных» трещин (l_0 , м) глубиной 0,06 м и расположены они через равные углы $2\pi/n$.

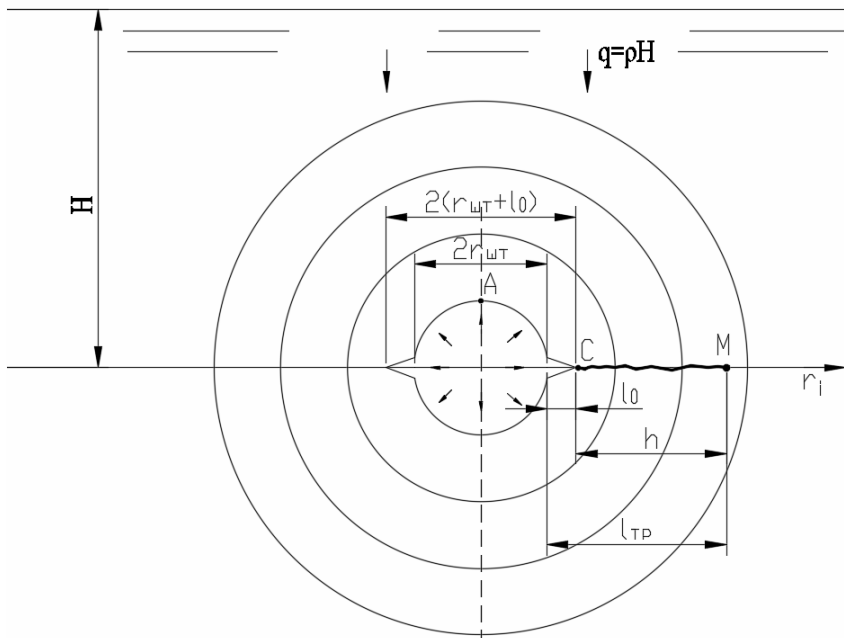


Рис. 2. Схема развития и распространения первоначальной трещины

Начинаются эти трещины на окружности шпура (r_{un} , м), к которой в начальный момент прикладывается давление от расширяющего состава P_a , МПа. При равномерно распределенных вокруг шпура радиальных трещин, когда длина трещин (l_{mp} , м) превосходит радиус шпура, коэффициент интенсивности напряжений (K_I) равен

$$K_I = \sigma_c \sqrt{2\pi l_{mp} (1 - \mu^2)}, \tag{1}$$

где σ_c – напряжение, необходимое для разрушения трещин, МПа.

Зарождение направленных трещин основано определении допустимого начального давления расширяющим ставом в зарядной полости шпура, гарантирующего «старт» искусственных трещин без возникновения побочных нарушений в контурной зоне шпура.

Проведенные расчеты с различным l_0 показали, что они мало влияют на конечные размеры l_{mp} существенно только на «старте» трещины. Рост трещин начинается при условии достижения импульсом тангенциальных растягивающих напряжений, исходящих от заряда с расширяющим составом $\sigma = \sigma_c$, равном или больше 10 МПа, то время как без наличия «зародышных» трещин требуется не менее 18-23 МПа. Дальнейшее увеличение напряжений расширяющим составом после «старта» трещины способствует раскрытию ее берегов до их соединения от соседних шпуров справа и слева.

В табл. 1 приведены расчетные параметры образования и роста магистральной трещины.

Табл. 1. Длина трещины

Наименование показателей	Коэффициент интенсивности напряжений				
	7,7	6,8	5,8	5,1	3,7
Напряжение, необходимое для разрушения трещин, σ_c , МПа	50	45	40	35	30
Длина трещины, l_{mp} , м	0,13	0,10	0,07	0,06	0,03

С увеличением коэффициента интенсивности напряжений увеличивается длина трещины.

Расстояние между шпурами при использовании невзрывчатых разрушающих составов в ряду определяют по формуле

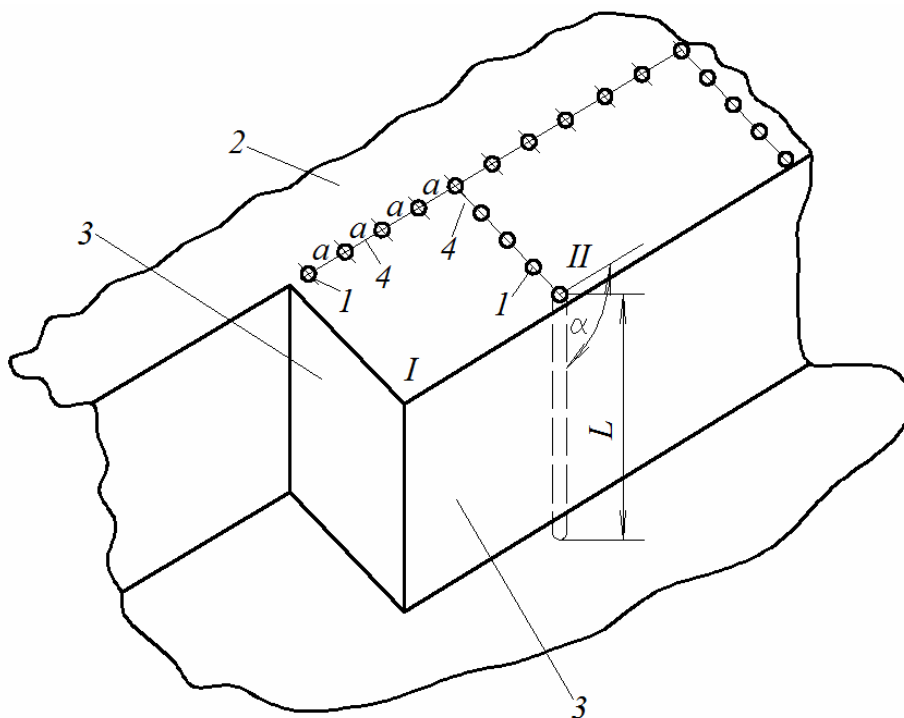
$$a = CK_L d \sqrt{\frac{PK_T K_d}{[\sigma]_p}},$$

причем угол наклона полостей к поверхности, с которой производят бурение, принимают из условия $\sin \alpha = 0,1 \frac{m}{d} \leq 1$, где C – коэффициент, учитывающий

тип раскалываемого материала; K_L – коэффициент, учитывающий относительную (в диаметрах) длину шпура; d – диаметр шпура, м; P – развиваемое невзрывчатым разрушающим средством напряжение в стенках полости при стандартизованных условиях, МПа; K_T – коэффициент, учитывающий температуру раскалываемого материала; K_d – коэффициент, учитывающий диаметр шпура; $[\sigma]_p$ – прочность материала на растяжение, МПа; α – угол наклона полостей к поверхности, с которой производят бурение; m – мощность раскалываемого материала, м.

Расстояние от шпуров до плоскости обнажения должно быть не более расстояния между шпурами (рис. 3). Шпуры рекомендуется бурить диаметром не более 43 мм. Если объект характеризуется повышенным водопоглощением, то шпуры перед заполнением рабочей смесью необходимо насытить водой. Шпуры заливаются рабочей смесью до устья.

К преимуществам применения невзрывчатого разрушающего средства относятся: обеспечение целостности разделявания каменных блоков, отсутствие сейсмического эффекта и запыленности рудничной атмосферы.



1 – шпур, 2 – массив горных пород, 3 – плоскость обнажения, 4 – расстояние между шпурами, I – первый ряд шпуров, II – следующий ряд шпуров

Рис. 3. Схема размещения невзрывчатого разрушающего средства в массиве горных пород

Результаты работы могут использоваться на горнорудных предприятиях Российской Федерации ведущих разработку полезных ископаемых открытым способом.

Список литературы

1. Габараев О.З., Кожиев Х.Х., Битаров В.Н., Гашимова З.А. Технологии разработки сильнонарушенных руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2013. – №3. – С. 35-39.
2. Габараев О.З., Кожиев Х.Х., Хулелидзе К.К., Битаров В.Н. Ресурсосберегающие технологии закладки выработанного пространства при добыче богатых медно-никелевых руд // Устойчивое развитие горных территорий. – 2012. – №4. – С. 31-34.
3. Казаков Н.Н., Шляпин А. В., Лапиков И.Н. Дробление породы взрывом в верхнем слое карьерного уступа, с учетом трещиноватости горных пород // Взрывное дело. – 2015. – №114/71. – С. 56-70.
4. Sanchidrian, J.A., Segarra P., Lopez L.M. Energy components of rock blasting // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2007. № 44(1). P. 130-147.
5. Whittles D.N., Kingman S., Lowndes I., & Jackson K. Laboratory and numerical investigation into the characteristics of rock fragmentation // Minerals Engineering. 2006. № 19(14). P. 1418-1429.

References

1. Gabaraev O.Z., Kozhiev Kh.Kh., Bitarov V.N., Gashimova Z.A. Development technologies for badly faulted ores // Sustainable Development of Mountain Territories. 2013. № 3, Vol. 5. P. 35-39.

2. Gabaraev O.Z., Kozhiev Kh.Kh., K.K. Khulelidze, Bitarov V.N. Resource-saving technologies of laying-out space when mining rich copper-nickel ores // Sustainable Development of Mountain Territories. 2012. № 4, Vol. 4. P. 31-34.
3. Kazakov N.N., Shlyapin A.V., Lapikov I.N. Rock crushing explosion in the upper layer of the quarry ledge with account of the fracture of rocks // Explosion Technology. 2015. № 114/71. P. 56-70.
4. Sanchidrian, J.A., Segarra P., Lopez L.M. Energy components of rock blasting // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2007. № 44(1). P. 130-147.
5. Whittles D.N., Kingman S., Lowndes I., & Jackson K. Laboratory and numerical investigation into the characteristics of rock fragmentation // Minerals Engineering. 2006. № 19(14). P. 1418–1429.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Олисаев Аслан Сергеевич – аспирант	Olisaev Aslan Sergeevich – postgraduate student
Семелиди Александр Христофорович – кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела	Semelidi Alexander Khristoforovich – candidate of technical sciences, associate professor of Department of mining
Радченко Регина Валерьевна – аспирант, gabaraev59@mail.ru	Radchenko Regina Valerievna – post-graduate student, gabaraev59@mail.ru
Габараев Георгий Олегович – студент	Gabaraev Georgy Olegovich – student
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия	North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, Russia

Получена 06.11.2019