

УДК 622.063.23

И. Г. САХНО, канд. техн. наук, доцент, ДонНТУ, г. Донецк

НЕВЗРЫВНОЕ РАЗРУШЕНИЕ НЕГАБАРИТНЫХ БЛОКОВ В ОЧИСТНОМ ЗАБОЕ

Предложен способ повышения эффективности невзрывного разрушения горных пород, за счет предварительного сжатия невзрывчатых разрушающих средств в шпуре. Приведена методика расчета параметров способа и представлены результаты его опытно-промышленной проверки.

Ключевые слова: негабаритный блок, невзрывчатый разрушающий состав, предварительное сжатие, гидратация, разрушение.

Ведение очистных работ в условиях неустойчивых пород непосредственной кровли, местах геологических нарушений, зонах размывов и локальных ослаблений связано с вывалами из кровли. Размеры зон вывалов определяются трещиноватостью пород, технологией крепления лавы, силовыми и конструктивными характеристиками крепи и т.д. В качестве способов укрепления неустойчивых пород в основном используются анкерование и упрочнение химическими составами. Эти мероприятия применяются в случаях обрушений пород из кровли значительных масштабов. Однако, практика ведения горных работ показывает, что локальные вывалы из кровли за время отработки выемочного столба происходят практически во всех лавах, независимо от горно-геологических и горнотехнических условий. Обрушенные породные блоки, как правило, разрушают механическим способом с помощью исполнительного органа комбайна, отбойных молотков или участковых дробилок, установленных на конвейере лавы. При этом, как правило, работы по разрушению негабарита и добыче угля не совмещаются. В случаях, когда вывал произошел перед комбайном и негабаритный блок мешает его перемещению, а также после прохода комбайна, когда ликвидация негабарита не может быть произведена в достаточно сжатые сроки, для сокращения простоев лавы обрушенный блок убирают с конвейерной линии и продолжают работы по выемке, при этом параллельно производя ликвидацию негабарита с помощью отбойных молотков. В ряде случаев при развитии вывалов из пород кровли с прочностью на одноосное сжатие более 50-60МПа разрушение обрушенных блоков пород механическим способом достаточно сложно, требует значительных временных и трудовых затрат. В этих случаях ликвидация негабаритов может

производиться взрывным способом шпуровыми зарядами или накладными кумулятивными зарядами. Однако при этом выдвигаются определенные дополнительные требования безопасности, связанные с пылегазовым режимом, склонностью пластов к ГДЯ, близостью оборудования очистного забоя, стесненностью рабочего пространства лавы.

Таким образом, в свете вышесказанного актуальным является вопрос разрушения негабаритных блоков пород высокой прочности в условиях очистных забоев без динамического воздействия и значительного повышения температуры. При этом время разрушения должно быть таким, чтобы ликвидация негабарита не сдерживала процессы основного технологического цикла.

Целью исследований является разработка способа разрушения негабаритных блоков в очистном забое невзрывным разрушением.

Одним из перспективных направлений решения поставленного вопроса является применение статических методов разрушения горных пород. В настоящее время разработано множество способов невзрывного разрушения, в частности, механические методы (клиновой, гидроклиновой, алмазно-канатное пиление, камнерезные буровые установки и комбайны), методы основанные на энергии жидкости (гидродинамический, физико-химический импульсный разрыв, гидроудар, гидрорезание, флюидоразрыв), тепловые (терморезка), электрические и электромагнитные (взрывание электрических проводников, электрический пробой, тепловой пробой, токами высокой частоты, плавлением, лазерным излучением, электромагнитным излучением), комбинированные методы. Большинство этих методов находятся на стадии научно-исследовательских и проектных разработок. Их промышленное использование, особенно в условиях подземных горных выработок, сдерживается отсутствием специального оборудования, малой надежностью, высокой энергоемкостью, опасным воздействием на человека, высокой стоимостью.

Одним из перспективных направлений статического разрушения горных пород является использование невзрывчатых разрушающих составов (НРС). Основными недостатками, сдерживающими широкое применение НРС, являются: длительное по сравнению со взрывным способом время разрушения, недостаточное усилие расширения, что вызывает большие затраты на бурение, ограниченный диапазоном $+5 - +25$ °С температурный режим работы, что сужает область применения способа. При использовании традиционных отечественных смесей НРС (НРС-1, НРВ-80) время разрушения составляет 8-24 часа [1, 2], что практически полностью сводит к нулю привлекательность способа в условиях шахт.

В последнее время в ДонНТУ ведется работа, направленная на расширение области применения НРС, в частности использование их в условиях

подземных горных выработок. При этом основной задачей является сокращение времени разрушения и одновременно исключение явления самопроизвольного выброса НРС из шпура. Для решения этой задачи автором проводятся комплексные исследования кинетики саморасширения НРС на основе оксида кальция.

Анализ патентной литературы показывает, что традиционно управление скоростью реакции гидратации осуществляется путем добавления ускорителей, замедлителей и пластификаторов. Добавление ускорителей в основном рекомендуют при разрушении материалов в условиях низких температур и их действие в большинстве случаев сводится к дополнительному повышению температуры смеси в жидкой фазе раствора НРС за счет дополнительного выделения тепла в процессе реакции ускорителя с оксидом кальция и водой. Применение химических ускорителей, основанных на принудительном повышении температуры НРС, приводит к повышению скорости гидратации в процессе приготовления смеси, что сокращает время на формирование шпурового заряда, а кроме того, в условиях положительных температур, приводит к скачкообразному росту температуры смеси, ввиду экзотермичности реакции гидратации оксида кальция, что вызывает непроизвольный выброс смеси из шпуров. Таким образом, существующими способами разрушения с помощью НРС достичь сокращения времени разрушения пород в условиях высоких положительных температур при одновременном исключении «вышпуривания», достаточно сложно.

Одним из путей, позволяющих решить поставленную задачу, является ограничение объемных изменений состава, так как величина возникающего самонапряжения НРС обратно пропорциональна коэффициенту его объемного расширения [3]. Это может достигаться на практике путем герметизации шпуров с НРС. Проведенные автором лабораторные эксперименты позволили найти еще один путь – предварительное сжатие смеси НРС в шпуре [4].

Графики, иллюстрирующие изменение давления расширения и объемные изменения НРС в течение 24 часов после затворения материала при различной величине предварительного сжатия, приведены на рис. 1.

Из графиков видно, что рост давления расширения и объемных изменений во времени имеет схожий характер. При этом через 24 часа после приготовления смеси давление от ее саморасширения при отсутствии предварительного нагружения составило 28,72 МПа, объем материала увеличился на 7,0 %, а при предварительном сжатии смеси с давлением 17,5 МПа давление саморасширения составило 48 МПа, при увеличении объема - 3,34%. Увеличение предварительного нагружения на 17,5 МПа привело к росту давления в возрасте 24 часа на 19,28 МПа, при этом давление 28,72 МПа было достигнуто через 8,4 часа, то есть почти в 3 раза

быстрее. Кроме того, активный рост структурных новообразований, зафиксированный началом роста объема НРС при отсутствии предварительного нагружения, был отмечен через 85 минут, а при предварительном сжатии 17,5 МПа – через 40 минут, то есть быстрее более чем в 2 раза.

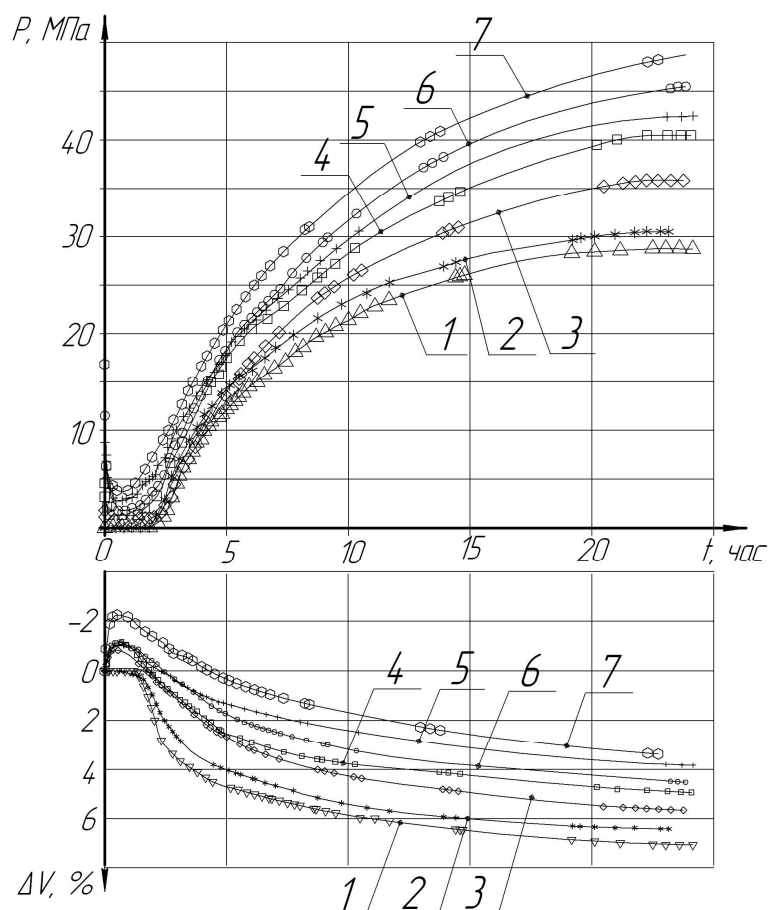


Рис. 1. Графики изменения давления расширения (P) и соответствующих объемных изменений (ΔV) НРС во времени (t) при предварительном сжатии 1 – 0 МПа, 2 – 0,26 МПа, 3 – 1,75 МПа, 4 – 4,37 МПа, 5 – 8,75 МПа, 6 – 11,37 МПа, 7 – 17,5 МПа

Полученные результаты исследований позволили предложить способ невзрывного разрушения негабаритных блоков в очистном забое, включающий бурение шпуров, размещение в них невзрывчатых разрушающих средств, увеличивающих свой объем при гидратации, и создание предварительного сжатия невзрывчатого разрушающего средства в шпуре, например, при помощи гидростойки. Дополнительное сокращение времени разрушения возможно за счет повышения скорости гидратации путем добавления в НРС перед его заливкой в шпур химических веществ, которые имеют экзотермическую реакцию с ним, при этом даже в случае неуправ-

ляемого роста скорости гидратации выбросу НРС из шпура будет препятствовать средство предварительного распора.

Способ реализуется следующим образом. Работы начинают с бурения шпуров 1 для размещения НРС 2, (рис. 2), которое производят со стороны открытой поверхности объекта 3, как правило, под углом 80-90 градусов к вертикали. Шпуры 1 бурят рядами в плоскости предполагаемого раскола 4. Возможный диаметр шпуров – от 20 до 50 мм, рекомендуемый 43 мм. Пробуренные шпуры очищаются от пыли и буровой мелочи продувкой.

После этого в пробуренные шпуры 1 заливают приготовленный раствор НРС материала 2 на глубину, равную 0,9 длины шпура. Затем устьевая часть шпура 1 герметизируется глиняной забойкой 5, на которую устанавливается шток 6, представляющий собой отрезок стального проката круглого сечения диаметром, равным диаметру шпура. Сверху на шток устанавливается гидростойка 7, при помощи которой путем ее распора между кровлей и штоком 6 создается предварительный распор материала в шпуре. В результате протекания реакции гидратации раствор НРС увеличивается в объеме и оказывает давление на стенки шпура, что приводит к разрушению негабаритного блока по плоскости раскола созданной рядами шпуров с НРС.

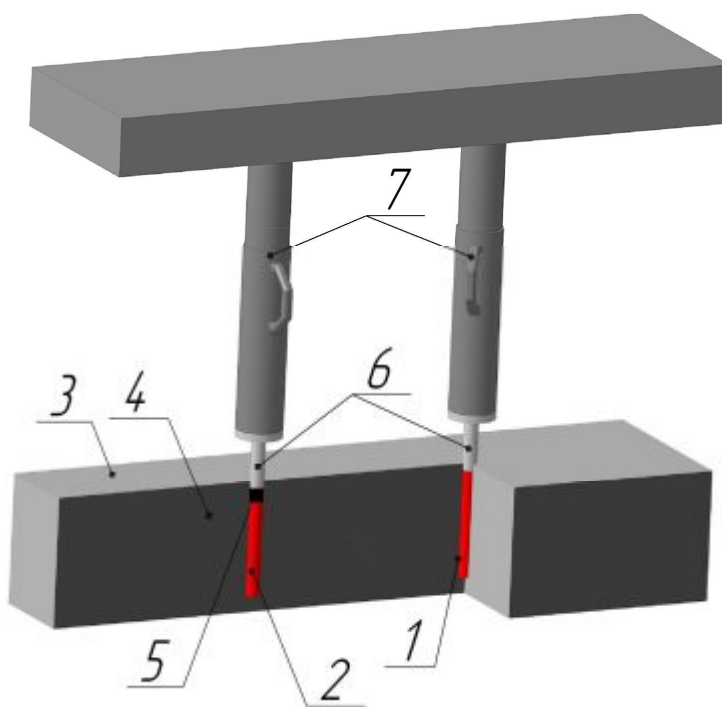


Рис. 2. Общий вид предлагаемого способа невзрывного разрушения негабаритных блоков в очистном забое

Пользуясь теорией Гриффитса-Ирвина, имеющей широкую апробацию при расчетах на трещиностойкость в инженерном деле, получена формула для расчета расстояния между шпурами

$$a = \frac{P(t_i, P_{0i})^2 \cdot \pi \cdot r_0^2 E_M}{E_{HPC} \cdot K_I^2} (1 - 2\mu_{HPC}), \quad (1)$$

где $P(t_i, P_{0i})$ – квазигидростатическое давление саморасширения НРС через заданное время t , при предварительном сжатии P_0 , МПа;

r_0 – радиус шпура, м;

E_M – модуль упругости породы, МПа.

E_{HPC} – модуль упругости НРС, может быть принят $4-6 \cdot 10^3$, МПа;

K_I – коэффициент интенсивности напряжений, МПа ($\sqrt{м}$);

μ_{HPC} – коэффициент Пуассона НРС, может быть принят 0,25.

Расстояние от свободной поверхности негабарита до первого шпура должно приниматься равным $\frac{a}{2}$, м.

Значение $P(t_i, P_{0i})$ определяются экспериментально для конкретно применяемого типа НРС путем испытания пробы НРС из полученной партии на стенде [5].

Так в результате серии испытаний [4] материала НРВ-80 давление саморасширения $P(t_i, P_{0i})$ через время t (час), при предварительном сжатии P_0 , (МПа) в температурном поле 20-23°C может быть определено по формуле

$$P(t_i, P_{0i}) = (11,28 \ln(t) - 5,1309) \cdot (-0,002 \cdot 4P_0^2 + 0,0767 P_0 + 1), \text{ МПа.} \quad (2)$$

Промышленные испытания способа невзрывного разрушения негабаритных блоков проводились в 4 южном конвейерном штреке центральной панели бл. 8 ПАО «Ш/у «Покровское». Негабаритные блоки на экспериментальном участке были представлены в основном песчаниками мелкозернистыми с прочностью на одноосное сжатие 60-85 МПа, имели неправильную форму, близкую к прямоугольному параллелепипеду, с толщиной 0,4-0,6 м. Температура пород составляла 31,4 °С.

Способ был реализован при разрушении негабаритного блока песчаника, по форме близкой к параллелепипеду с основанием в виде параллелограмма с размерами сторон 620 x 460мм и толщиной – 400 мм. Посредине блока был пробурен один шпур глубиной 32 см и диаметром 36 мм.

В шпур помещали приготовленный на месте ведения работ НРС, в качестве которого был использован НРВ-80. В устьевую часть шпура устанавливали шток, соединенный с гидростойкой, между стенками шпура и штоком помещали слой глины, после чего гидростойку распирали между кровлей выработки и негабаритным блоком, при этом разжатием гидростойки перемещали шток в шпур, что приводило к повышению давления НРС в шпуре. Слой глины предотвращал вытеснение раствора НРС между стенками шпура и штоком. В результате повышения давления НРС в шпуре и ограничения свободы его объемных деформаций происходило увеличение скорости роста давления на стенки шпура при саморасширении НРС в процессе гидратации, что привело к разрушению негабарита через 2,5 часа на три части (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид разрушенного негабарита после извлечения распорного устройства

Проведенные шахтные испытания подтвердили техническую возможность реализации предложенного способа разрушения негабаритных блоков, однако были выявлены ряд недостатков:

- при негабаритном блоке неправильной формы осуществить распор гидростойки между кровлей и блоком весьма сложно из-за плохой устойчивости блока;
- многооперационность способа;
- загромождение стойкой рабочего пространства.

Для исключения этих недостатков было предложено использовать механические клиновые устройства, которые совмещают функцию герметизации шпура и предварительного сжатия НРС в шпуре. Наиболее простой и

дешевой конструкцией клинового устройства является деревянный клин. Применение клиньев на практике также дало положительный результат, однако время разрушения негабаритов при этом увеличилось до 4-5 часов, что вероятно объясняется меньшим предварительным сжатием смеси НРС в шпуре с помощью деревянного клина. Общий вид деревянного клина в шпуре после разрушения негабаритного блока представлен на рис. 4.



Рис. 4. Общий вид стенок шпура с НРС при формировании шпурового заряда с предварительным сжатием смеси деревянным клином после разрушения блока

ВЫВОД

Предложен способ разрушения негабаритных блоков в очистном забое, основанный на предварительном сжатии НРС в шпуре и методика расчета параметров способа, а также проведена его опытно-промышленная проверка. В результате внедрения способа выявлены его недостатки и намечены пути их устранения. Поскольку создание предварительного сжатия смеси механическим способом в шпуровых и скважинных зарядах не всегда возможно, дальнейшие исследования будут направлены на поиск химических добавок, позволяющих максимально уплотнить раствор НРС до момента его твердения, при этом не изменив температурный режим гидратации, что позволит получить аналогичный технический результат при снижении трудоемкости и многооперационности работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТУ У В.2.7-26.5-24478901-004:2007 Невибухова руйнуюча речовина. Технічні умови. – на заміну ТУ У БВ 2.7.00030937.089397. Без обмеження терміну дії. – Харьков: Госстандарт. Харьковский центр стандартизации и аэрологии, 2007. – 14с.
2. Невзрывчатый разрушающий состав: Руководство по применению невзрывчатого разрушающего средства (НРС-1) при разрушении прочных хрупких материалов. – М.: Изд. ВНПО стеновых и вяжущих материалов, 1986. – 17с.
3. Сахно И. Г. Лабораторные исследования особенностей работы невзрывчатых разрушающих веществ при фиксированном сопротивлении их объемному расширению / И. Г. Сахно // Проблемы гірського тиску. – 2010. – №18. – С. 135 – 149.
4. Сахно И. Г. Лабораторные исследования особенностей работы невзрывчатых разрушающих составов в условиях их предварительного сжатия / И. Г. Сахно // Проблемы гірського тиску. – 2011. – №19. – С. 109 –123.
5. Пат. № 60794, Україна, МПК(2011.01) G01L 1/10, E21C 37/00. Стенд для випробувань невибухових руйнуючих речовин / Касьян М. М., Сахно І. Г.; заявник та патентовласник ДонНТУ – № 201015412; заявл.20.12.10; опубл. 25.06.11 – Бюл. №12.

Получено: 08.12.2011г.

Запропоновано спосіб підвищення ефективності невибухового руйнування гірських порід, за рахунок попереднього стиснення невибухових руйнівних засобів у шпурі. Наведено методику розрахунку параметрів способу й подано результати його дослідно-промислової перевірки.

Ключові слова: блок негабариту, невибуховий руйнівний склад, попереднє стиснення, гідратація, руйнування.

The method of non-explosive efficiency destruction increase mountain breeds is offered, due to the preliminary compression of inexplusive destroying facilities in hole. Procedure calculation of parameters a method and the results of his experimental-industrial verification are presented.

Key words: nonoverall block, inexplusive destroying composition, preliminary compression, hydratation, destruction.