

И.Г. САХНО канд. техн. наук, доцент, Н.Н. КАСЬЯН, д-р техн. наук, проф., А.О. НОВИКОВ канд. техн. наук, проф., В.Л. САМОЙЛОВ канд. техн. наук, проф.
Донецкий национальный технический университет

ИЗУЧЕНИЕ ПРИЧИН САМОПРОИЗВОЛЬНОГО ВЫБРОСА НЕВЗРЫВЧАТЫХ РАЗРУШАЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ШПУРОВ

В лабораторных условиях исследованы причины и закономерности механизма развития и протекания выброса невзрывчатых разрушающих веществ из шпуров в процессе их гидратации и самонапряжения.

В современной практике отработки карьеров, угольных шахт и рудников в большинстве случаев применяют буровзрывной способ разрушения горных пород, одним из недостатков которого является динамическое воздействие на породы и их разупрочнение. При этом, несмотря на достигнутые успехи в управлении процессом взрывного разрушения за счет создания и использования специальных конструкций зарядов, одной из актуальных проблем является высокий процент выхода некондиционных блоков, ликвидацию которых в основном ведут накладными зарядами ВВ.

Разрушение негабаритных блоков в условиях подземных горных выработок угольных шахт осуществляют либо механическим способом при помощи ручных инструментов или также накладными кумулятивными зарядами. При этом ведение взрывных работ зачастую ограничивается пылегазовым режимом, а применение механизированного способа – прочностью пород.

Альтернативой для решения этой и ряда других задач может быть использование невзрывчатых разрушающих веществ (НРВ), применение которых достаточно апробировано в промышленном строительстве при разрушении несущих элементов зданий и сооружений.

Широкое внедрение технологий невзрывного разрушения сдерживается сложностью их практической реализации в реальных условиях, поскольку поведение НРВ при колебаниях температуры, влажности, соотношения входящих компонентов, степени перемешивания может существенным образом изменяться. Так, например понижение температуры окружающей среды приводит к снижению скорости гидратации и развиваемого давления саморасширения [1], что снижает эффективность невзрывного разрушения. Повышение температуры окружающей среды наоборот способствует росту скорости реакции гидратации [2], а поскольку реакция является экзотермической, это зачастую приводит к непроизвольному выбросу НРВ из шпура.

Попытки управлять скоростью протекания реакции реализованы в основном за счет использования химических добавок направленных на стабилизацию свойств в требуемом направлении [1, 3, 4, 5]. Как правило, это повышение скорости гидратации при низких положительных и отрицательных температурах за счет добавления противоморозных жидкостей и ускорителей гидратации, или снижение скорости гидратации за счет добавления замедлителей, пластифицирующих добавок в условиях повышения температуры окружающей среды, что снижает привлекательность способа для производителей по причине увеличения времени затрачиваемого на разрушение.

Для условий подземных горных выработок шахт Украины актуальным является вопрос повышения эффективности работы НРВ в температурном поле 20-35 градусов, определяемом глубиной разработки и температурным градиентом. При этом задача заключается в максимально быстром разрушении пород при исключении явления выброса материала из шпуров. Решение этой задачи позволит существенным образом расширить область применения НРВ не только в подземных горных выработках, но и при открытой разработке полезных ископаемых.

Механизм развития и протекания выброса материала из шпуров в процессе гидратации и самонапряжения НРВ до настоящего времени изучен не достаточно.

Для исследования процесса «вышпуривания» НРВ авторами был проведен опыт по разрушению блока бетона цилиндрической формы. В качестве формы для заливки бетонной смеси использовалась металлическая обойма, разрезанная вдоль оси с диаметром 1м, и высотой 1,2м. По центральной оси обоймы устанавливали составную тонкостенную пластиковую трубу диаметром 45мм, имитирующую шпур. После затвердевания бетонной смеси в течение 28 суток, во внутреннюю трубу, имитирующую шпур, заливали приготовленный согласно [6] раствор НРВ. Температура окружающей среды при проведении эксперимента составляла 25⁰С. Общий вид эксперимента приведен на рис. 1-3.

Проведенный эксперимент показал, что при глубине шпура 1,2м, из его устьевой части глубиной 40см, через 2 часа после помещения НРВ в шпур, происходит выброс материала. Разрушение бетона произошло в донной части шпура, в той части, из которой материал не был выброшен. В результате расширения НРВ произошло дробление бетона на отдельные с размерами 10-40см.



Рис. 1 Общий вид модели до эксперимента



Рис. 2 Общий вид модели после выброса НРВ



Рис. 3 Общий вид разрушенного бетона внутри трубы

Поскольку производители в качестве средства предотвращения непроизвольного выбрасывания НРВ из шпуров рекомендуют повышение процентного содержания пластификатора СП-6, с целью исследования влияния этой добавки на протекание процесса гидратации и в частности на непроизвольный выброс материала из шпуров, был проведен опыт, в котором в отрезки пластиковых труб диаметром 2,6см имитирующих шпур, заливали приготовленный раствор НРВ, при этом затворение порошка НРВ производили водой содержащей различные процентные соотношения пластификатора: 1 – чистая вода, 2 – 10% СП-6, 3 – 25% СП-6, 4 – 50% СП-6, 5- 75% СП-6, 6 – 100% СП-6. Температура окружающей среды при проведении эксперимента составляла 28⁰С. Результаты эксперимента приведены на графике рис. 4.

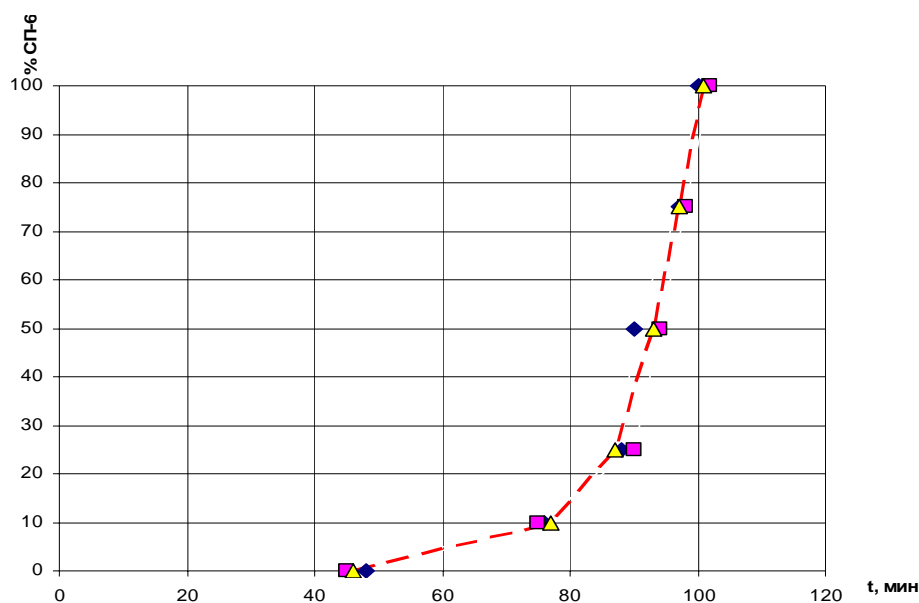


Рис. 4 График зависимости времени (t, мин) самопроизвольного выброса НРВ от процентного содержания замедлителя (% СП-6) в жидкой фазе раствора при эксперименте

Анализ результатов показал, что повышение процентного соотношения пластификатора в составе приводит к замедлению реакции гидратации, в частности по сравнению с затворением чистой водой почти в два раза, однако, несмотря на это во всех случаях, даже при затворении жидкостью содержащей 100% пластификатора выброс из шпура происходит. Наиболее эффективно добавление пластификатора для снижения скорости гидратации до 25% от общего количества жидкости.

Индикатором скорости протекания реакции гидратации может выступать температура НРВ [2], для исследования механизма развития выброса были проведены эксперименты с измерением температуры состава НРВ в процессе гидратации. При этом НРВ помещали на первом этапе моделирования в отрезок пластиковой трубы, а на втором в резиновую тонкостенную оболочку, при температуре окружающей среды 35⁰С. Результаты приведены на рис. 5.

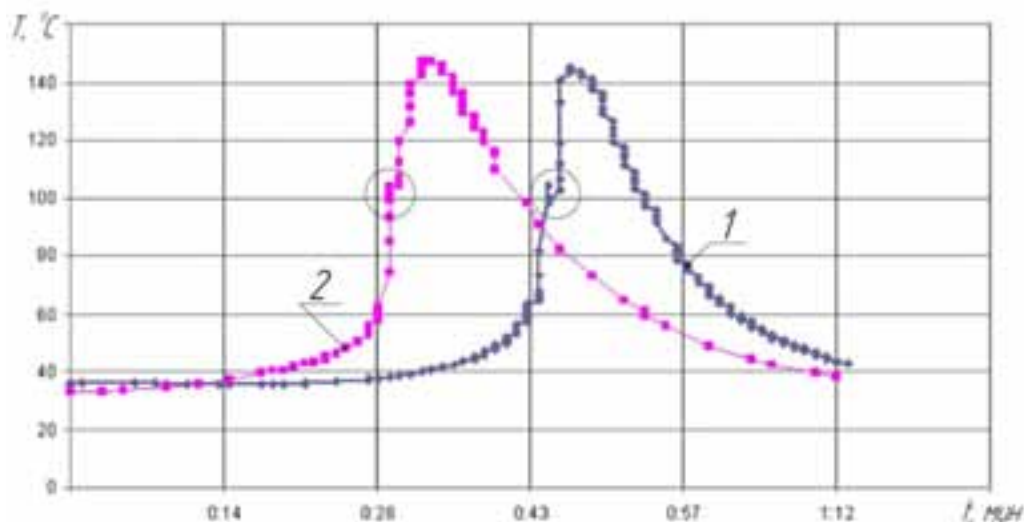


Рис. 5. Графики изменения температуры (Т, °С) не взрывчатого разрушающего материала во времени (t, мин) при помещении его в пластиковую трубу (1), и в резиновую тонкостенную оболочку (2).

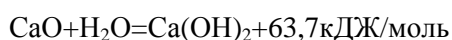
Анализ графиков показывает, что они имеют схожий характер, это объясняется одинаковой природой физико-химических превращений в материале, независимо от условий среды, в которой он находится. Однако при этом время интенсивного роста температуры и соответственно скорости гашения оксида кальция отличается в два раза, что на наш взгляд объясняется различными теплофизическими свойствами окружающей среды в первом и втором случае. При сопоставлении роста температуры материала с объемными превращениями было замечено, что начало увеличения объема материала начинается при достижении отметки около 40⁰С. После отметки 50⁰С отмечается резкое повышение скорости роста температуры.

На первом этапе моделирования при достижении НРВ температуры около 100⁰С, произошел выброс материала из верхней части трубки сопровождающийся громким хлопком, это привело к временному снижению температуры материала, в дальнейшем температура в течение нескольких минут поднялась до отметки 145⁰С, после чего происходило снижение температуры до температуры окружающей среды в течение 26 минут.

На втором этапе моделирования при достижении составом температуры около 100⁰С, началось выделение парогазообразных продуктов, объем которых составил около 400% первоначального объема материала. После этого происходила конденсация пара на стенках оболочки, охлаждение которой привело к полной конденсации пара и уменьшению объема состава до сухого остатка. Максимальная температура достигнута в течение нескольких минут и составила 147⁰С, после чего происходило снижение температуры до температуры окружающей среды в течение 35 минут.

Проведенный эксперимент позволили предположить, что образующиеся парогазовые выделения являются водяным паром.

Анализ формулы реакции основного компонента НРС оксида кальция с водой подтверждает верность сделанного предположения.



При водопорошковом соотношении равном 0,3 вещества реагируют без остатка с образованием гидроксида кальция. Повышение температуры состава до окончания реакции гидратации выше 100 °С приводит к выкипанию химически несвязанной воды и образованию пара. Конденсированный пар продолжает реагировать со свободным оксидом кальция и переходит в химически связанное состояние.

Таким образом, повышение температуры окружающей среды приводит к интенсификации процесса гидратации, однако при этом повышается доля объемных изменений за счет выделения парообразных продуктов. Дополнительное внутреннее давление пара способствует выбросу НРС из шпура, что является негативным явлением.

Обзор существующих исследований показал, что основным методом борьбы с выбросом материала из шпуров является замедление процесса гидратации материала, достигаемое, например, добавлением пластификаторов или уменьшением расчетного расстояния между шпурами с НРВ, с целью достижения первичного трещинообразования раньше момента достижения предельной температуры НРВ и его выноса из шпура. Однако такой подход не позволяет достичь максимальной величины давления саморасширения, поскольку замедление скорости гидратации приводит к снижению величины максимального давления развиваемого НРВ. Это приводит к повышению расхода материала на разрушение.

Анализ проведенных экспериментов, позволил предложить альтернативное направление предотвращения самопроизвольного выбрасывания НРВ из шпуров без замедления скорости гидратации, а соответственно и роста давления саморасширения. Идея заключается в отводе выделяющегося при резком повышении температуры НРВ избыточного пара, что исключит газовую составляющую внутреннего самонапряжения, а соответственно позволит предотвратить выброс материала из шпура. При этом скорость гидратации и повышения давления саморасширения не замедляется. Реализация предложенной идеи может быть достигнута за счет использования патронированного заряда НРВ. Разработка конструкций патронов НРВ в настоящее время ведется авторами статьи.

Список литературы

1. Пат. UA 59940, МПК(2006) C04B 7/34, C04B 24/00 Невибухова руйнівна речовина НРР-80 / **Грибко В. Ф.; Щепликін С. В.; Палей А. В.** (Україна). – u 2002129862; заявл. 09.12.2002, опубл. 15.07.2005; Бюл. №7. – бс.:ил.

2. **Касьян Н.Н.** Обоснование методов управления скоростью роста распорно-компрессионных характеристик невзрывчатых разрушающих веществ / **Касьян Н.Н., Сахно И.Г., Шуляк Я.О.** // Вісті Донецького гірничого інституту. Донецьк – 2010. - №2. – С. 209-219.

3. Пат. RU 1648911, МПК 5 C04B7/00 Разрушающий материал / **Лугинина И.Г. Шереметьев Ю.Г.** (Россия) – 4496506; заявл. 19.10.1989, опубл. 15.05.1991.

4 Пат. RU 2206532, МПК 7 C04B7/34, C04B2/04 Невзрывчатый разрушающий состав / **Пустобриков В.Н., Дзагоев Л.М., Шахова С.В.** (Россия) – 2001 123309/03; заявл. 20.08.2001, опубл. 20.06.2003.

5 Пат. RU 2160236, МПК 7 C04B7/02 Невзрывчатый разрушающий состав НРС-1 / **Дзагоев Л.М., Шахова С.В., Пустобриков В.Н., Рутковский А.Л., Лаптев А.В.** (Россия) – 99102648/03; заявл. 10.02.1999, опубл. 10.12.2000.

6. **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.

*Здано до редакції
Рекомендував до друку*