

УДК 622.063.23:622.13

И.Г. САХНО (д-р техн. наук, доц.)

Донецкий национальный технический университет

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НЕВЗРЫВЧАТЫМИ РАЗРУШАЮЩИМИ СМЕСЯМИ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ УГЛЕДОБЫЧЕ

При подземной разработке полезных ископаемых применение невзрывных методов разрушения в ряде случаев позволяет быстро и безопасно решать острые производственные задачи. Один из таких методов основан на использовании невзрывчатых разрушающих смесей (НРС). Важнейшей практической задачей применения НРС в условиях подземных горных выработок является управление процессом разрушения пород. Несмотря на сорокалетнюю историю этих композиций, до сих пор не проведено системных исследований, ориентированных на применение НРС в подземных горных выработках. В этом ключе исследование кинетики гидратации НРС и динамики роста их давления расширения является важной научной задачей.

Эксперименты проводились на автодинном ЯМР-спектрометре, использована дифференциальная методика регистрации спектров. Установлены закономерности изменения фазового состояния воды в растворе НРС в процессе его гидратации по формируемому спектру ЯМР водорода и определено влияние химических добавок на этот процесс. Проведенные исследования позволили установить взаимосвязь стадии гидратации НРС с фазовым состоянием раствора и, соответственно, с расширением твердеющей системы. Установлено, что гидратационное твердение и расширение происходит по-разному в образцах НРС в свободном состоянии и при ограничении объемных изменений. Выявлено влияние различных добавок на протекание процесса гидратации.

Также в статье приведены результаты лабораторных испытаний НРС в трех наиболее типичных для условий шпуровых и скважинных зарядов деформационных режимах. Эксперименты проводились на установке неравнокомпонентного трехосного сжатия. Проведенные испытания позволили установить динамику роста давления и объема НРС от момента его приготовления до окончания перекристаллизации. Были определены особенности работы НРС в условиях различной жесткости стенок полости, в которую он помещен, в разных направлениях. Определено время начала и протекания наиболее активной стадии роста давления расширения, которое составляет 2,5-2,7 часа. Максимальное давление расширения в условиях нулевых заданных деформаций составило 52,5 МПа.

Полученные результаты экспериментальных и теоретических исследований, с достаточной для практического применения точностью, могут использоваться для определения параметров квазистатического разрушения горных пород невзрывчатыми смесями. Это существенно повысит безопасность работ, расширит область невзрывного проведения на породы с высокой прочностью.

Ключевые слова: невзрывчатая разрушающая смесь, саморасширение, гидратация, напряжение, деформация.

Подземная разработка твердых полезных ископаемых включает процессы разрушения горных пород во время различных технологических операций, которое традиционно производят механическим или буровзрывным способами.

Механическое разрушение ограничивается породами с крепостью до 6-7 единиц по шкале проф. Протодяконова. Несмотря на интенсивное развитие и разработку современных горных машин и комплексов, в настоящее время, доля буровзрывного разрушения составляет более 50%. Взрывные работы в любой отрасли потенциально относятся к категории работ повышенной опасности. Их ведение в условиях подземных горных выработок требует соблюдения специальных мер безопасности, выдвигает дополнительные требования к пылегазовому режиму, достаточно сложно при необходимости разрушения в забоях вблизи работающего оборудования, трубопроводов, при работе в условиях пластов склонных к газодинамическим явлениям и т.д. Таким образом, при подземной разработке полезных ископаемых в ряде случаев применение невзрывных методов разрушения прочных пород позволит быстро и безопасно решать острые производственные задачи.

За последние 20 лет наметился значительный прогресс в развитии статических методов разрушения. Это относительно новое направление в науке имеет достаточно большие перспективы. Способы невзрывного разрушения позволяют исключить следующие недостатки или

последствия взрыва: высокая степень дробления и наведенная трещиноватость, большое выделение газообразных и вредных продуктов взрыва, шум, разлет осколков разрушенного объекта, особые меры безопасности при хранении, перевозке и использовании, относительно высокая стоимость. Поэтому их разработка и внедрение являются достаточно актуальной задачей.

Одним из наиболее перспективных способов невзрывного разрушения горных пород является использование невзрывчатых разрушающих смесей (НРС).

Начиная с 1980 г по настоящее время в мире разработано более семи десятков различных невзрывных композиций. Традиционно применение НРС связывают с ликвидацией бетонных несущих конструкций и фундаментов в работающих цехах и других объектах при их реконструкции [1], разрушением асфальтобетонного покрытия в дорожном строительстве [2], а также при отбойке блочного камня и пассивировке пород.

Перспективными направлениями применения НРС в условиях угольных шахт является их использование при проходке выработок, оконтуривании сопряжений, креплении выработок, восстановлении эксплуатационного сечения и др. Методика расчета параметров разрушения пород с помощью НРС изложена в [3]. Однако широкое использование НРС в подземных горных выработках возможно только после изучения особенностей их гидратационного твердения и расширения в условиях горных пород. Очевидно, что для решения указанной комплексной задачи необходимо установить:

- закономерности изменения фазового состояния воды в растворах НРС в процессе его гидратации;

- динамику роста давления расширения НРС в типичных деформационных режимах.

Установление закономерностей изменения фазового состояния воды в растворе НРС в процессе его гидратации, проводилось методом ЯМР-спектроскопии по формируемому резонансному спектру водорода ^1H . В качестве стабилизирующих добавок применяли этановую кислоту и гумат натрия.

Регистрация сигналов ЯМР осуществлялась по автодинной схеме Робинсона. Для получения хорошего отношения «сигнал – шум» был использован принцип фазового детектирования. В экспериментах регистрировалась спектральная линия ЯМР большой ширины (несколько эрстед), являющаяся суперпозицией вкладов от отдельных водородосодержащих групп.

Реакция гидратации НРС экзотермическая, сопровождается расширением, продолжается до 24 часов, поэтому:

- анализ фазового состояния раствора проводился не по ширине линии спектра, которая меняется в зависимости от температуры, а по амплитуде;

- проводилось две серии исследований – в стеклянной пробирке (начальные стадии) и в изготовленной из фторопласта (полный спектр);

- производилась непрерывная запись спектров ЯМР весь период гидратации.

Применяемая в экспериментах аппаратура позволяет изучать полный спектр ЯМР на водороде. В растворе НРС сразу после его приготовления водород находится в химически несвязанном состоянии в молекулах воды. В ходе реакции гидратации водород переходит в химически связанное состояние в гидроксиде кальция, что вызывает уменьшение количества резонирующих ядер в структуре вещества, скорость реакции может быть определена по интенсивности изменения ширины и амплитуды линии поглощения. На автодинном ЯМР-спектрометре использована дифференциальная методика регистрации спектров [3], т.е. производится запись первой производной спектра поглощения.

На рис. 1а приведен спектр ЯМР ^1H помещенного в пробирку прореагировавшего НРС [4], представляющего собой порошок, полученный измельчением материала в твердой фазе. Приведенный спектр образован узкой (лоренцова форма) 1 и широкой 2 (гауссова форма) линиями. Эти линии, сформированные большими группами атомов водорода, могут быть частично или полностью разрешены, что позволяет применять их параметры (амплитуда, ширина, площадь под кривой) для анализа состояния исследуемого образца. Применялась специальная методика математической обработки спектров ЯМР ^1H , позволяющая при расчете восстанавливать соотношение его компонент [5].

Фиксируемый при испытаниях спектр ЯМР ^1H свежеприготовленного НРС в пастообразной фазе, образован линией, имеющей лоренцову форму, так как гауссова линия в этом случае имеет ширину больше, чем возможная развертка поля. Типичный спектр ЯМР ^1H в НРС

через 60 минут после затворения смеси, а также линия аппроксимации представлены на рис. 1б. Ширина линии спектра $\Delta H \sim 0,75-1,25$ Э, амплитуда $\Delta U \sim 1,4$ В.

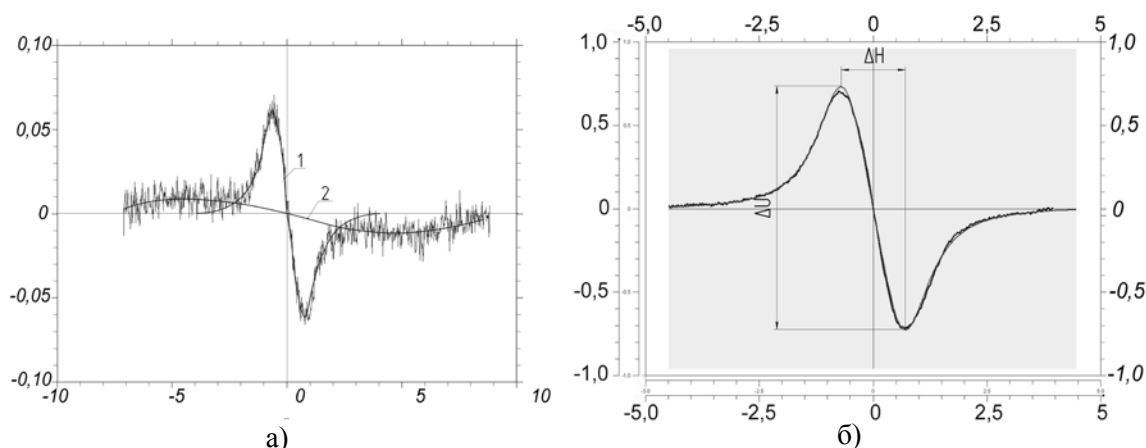


Рис. 1. Линия первой производной спектра поглощения ЯМР ^1H НРС а) в твердой фазе, б) через 60 минут после затворения смеси

1 – узкая составляющая первой производной спектра поглощения; 2 – широкая составляющая первой производной спектра поглощения

Для оценки динамики изменения фазового состояния воды в НРС проанализируем изменение амплитуды спектральной линии во времени (рис. 2). Поскольку активные химические превращения происходят в начальный период после приготовления раствора НРС, а затем наблюдается стабилизация и затухание процесса, наиболее интересным с точки зрения анализа фазового состояния является начальный период.

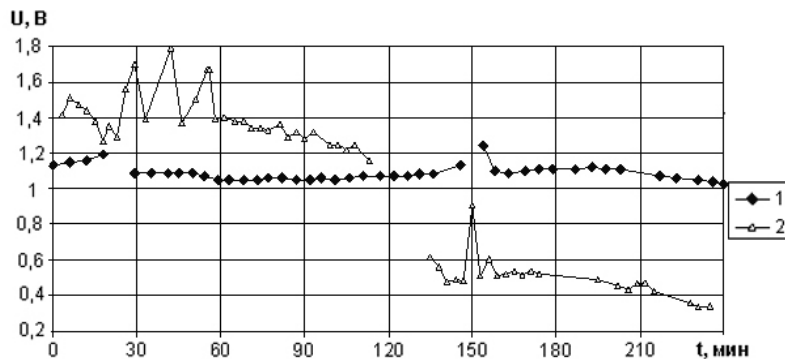


Рис. 2. Изменение амплитуды первой производной линии спектра НРС:

1 – в пробирке из фторопласта; 2 – в стеклянной пробирке

Анализ кривых, приведенных на рис. 2, позволяет сделать вывод, что в начальный период, 20-30 мин после затворения смеси, происходит непродолжительное повышение амплитуды спектральной линии, то есть, количество свободной воды увеличивается. Исследования показывают, что в этот период объем смеси уменьшается, а по результатам испытаний подвижности смеси по расплаву конуса видно, что ее подвижность увеличивается. Этот эффект объясняется В.В. Осиным и П.А. Ребиндером протеканием периодов коагуляции и образования коагуляционных структур. Колебания в течение первых 60 мин соответствуют изменению подвижности смеси в начальный период. Через 60-70 минут процесс стабилизируется. Затем происходит постоянное снижение интенсивности спектральной линии, что характеризует переход воды в связанное состояние, и соответствует, процессу перекристаллизации тонкодисперсных фракций и образованию гидроокиси кальция, которое сопровождается увеличением объема смеси.

При исследовании образца в жесткой оболочке происходит рост давления, что приводит к разрушению пробирки, которое на кривой 2 (рис. 3) характеризуется скачком. Этот период

(120-150 минут после затворения) соответствует максимальной скорости гидратации и можно говорить об интенсивном изменении фазового состояния воды в растворе НРС (переходе ее из адсорбированного в связанное состояние). НРС при этом переходит в твердую фазу. Аналогичный скачок наблюдается и в пробирке из фторопласта, но он характеризуется первоначальным повышением интенсивности линии спектра, а затем ее спадом. Повышение интенсивности линии спектра можно объяснить ростом температуры при протекании активной фазы реакции гидратации и переходом воды в пар. Дальнейшее активное поглощение воды характеризуется резким спадом интенсивности линии спектра.

Добавление в состав НРС 2 масс.% гумата натрия существенно не изменяет линию спектра. Отмечается стабилизация на начальном после приготовления смеси периоде и снижение интенсивности на 30-40 минуте (рис. 3), что объясняется потерей подвижности смеси в этот период и связано, вероятно, с поглощением воды гуматом натрия. Рост активности зерен оксида кальция приводит к последующему «отсасыванию» воды, связанной гуматом натрия, что отмечается по линии спектра на 90-120 мин. Изменение фазового состояния отмечается на 150 минуте.

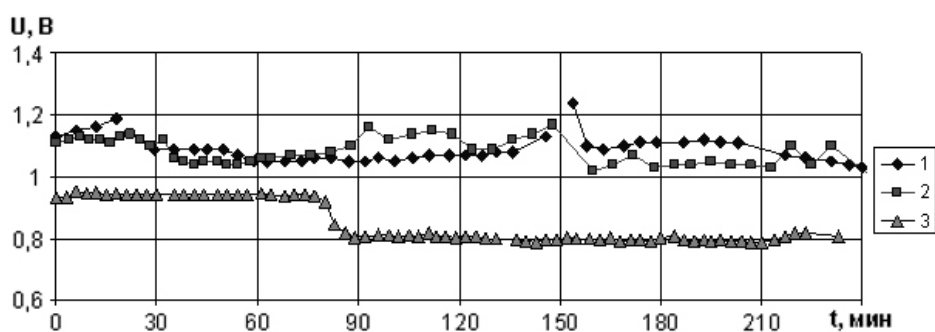


Рис. 3. Изменение амплитуды спектральной линии ЯМР во времени образцов чистого НРС (1), с добавлением 2 масс.% гумата натрия (2), с добавлением 0,35 масс.% этановой кислоты (3)

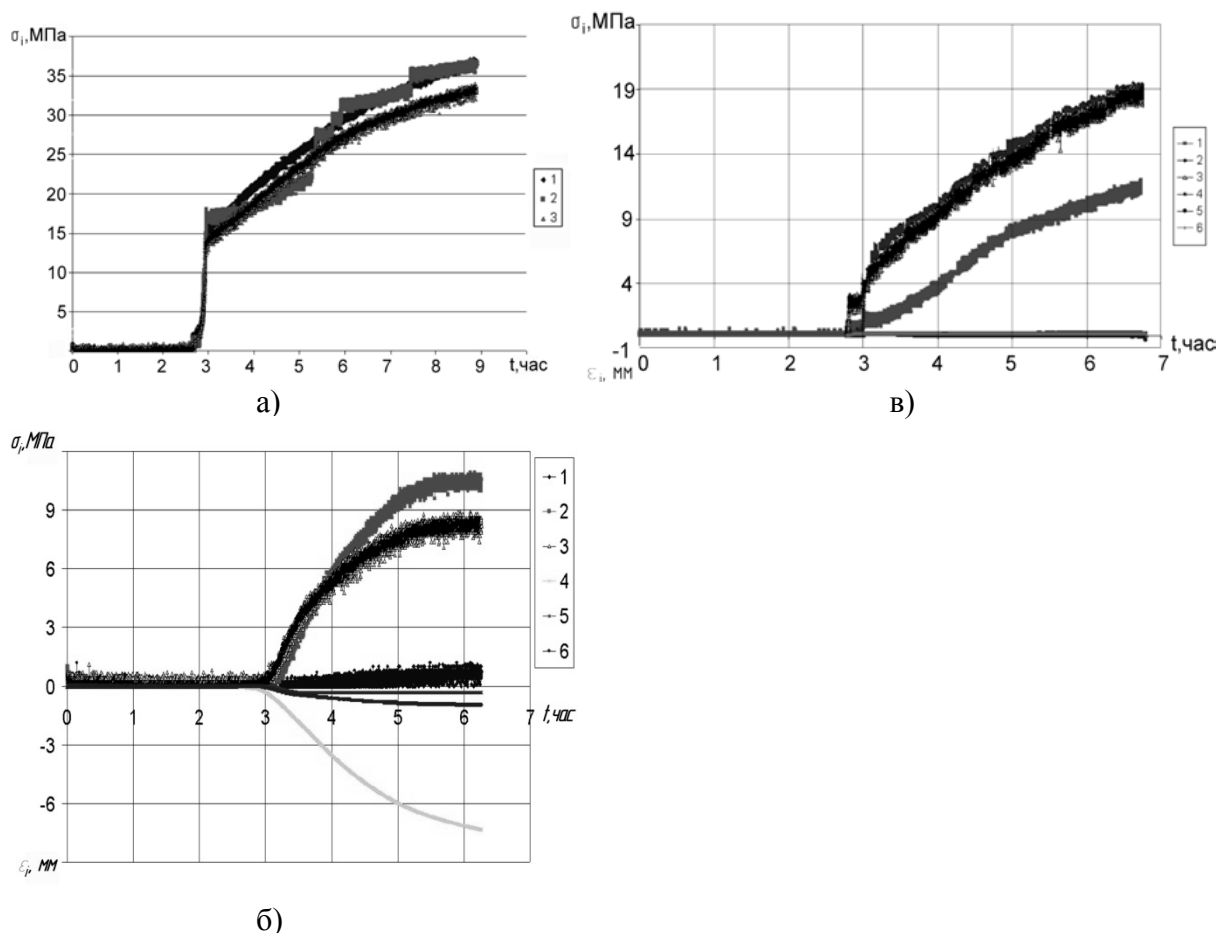
Добавление в состав НРС 0,35 масс.% этановой кислоты приводит к ускорению времени изменения фазового состояния, которое отмечается резким снижением интенсивности спектральной линии на 74 мин, кроме того, стабилизируется процесс гидратации в начальный после затворения смеси период, что видно по постоянной величине интенсивности линии спектра.

Таким образом, введение в оксид кальция этановой кислоты приводит к повышению скорости гидратации состава на первой и второй стадиях и снижению максимальной температуры, а также сокращению времени изменения фазового состояния воды в растворе (рис. 3). Введение в оксид кальция гумата натрия вызывает первоначальное связывание воды гуматом, что приводит к потере подвижности смеси и стабилизации процесса гидратации. Повышение активности в процессе перекристаллизации приводит к «отсасыванию» воды из соединения с гуматом натрия и вступление ее в реакцию с кристаллами оксида кальция. Замедление процесса имеет место не только в начальные сроки.

Установление динамики роста давления расширения НРС выполнялось на установке неравнокомпонентного трехосного сжатия по трем программам (рис. 4).

1. В условиях ограничения перемещений по всем трем осям.
2. В условиях свободного перемещения по всем осям.
3. В условиях ограничения перемещений по горизонтальным осям и свободного перемещения по вертикальной оси.

Анализ графиков позволяет сделать вывод, что рост давления по всем осям происходит равномерно. При температуре окружающей среды в диапазоне 21-22,5 °С активный рост начинается через 2,7 часа, что отображается крутым участком на кривых роста давления, затем графики выполаживаются и скорость роста давления стабилизируется. Давление через 8 часов составляет около 35 МПа. Максимальное давление расширения через 24 часа после приготовления смеси составило 52,5 МПа. Резкий скачок интенсивности набора давления расширения НРС в начальный период, наблюдаемый на графиках, (см. рис. 4 а) объясняется активной стадией гидратации, а также высоким нижним порогом чувствительности пресса.



- 1, 4 – напряжения σ_{oy} и смещения ε_{oy} по оси ОУ;
 2, 5 – напряжения σ_{oz} и смещения ε_{oz} по оси ОZ;
 3, 6 – напряжения σ_{ox} и смещения ε_{ox} по оси ОХ

Рис. 4. Графики роста давления расширения и объема образца НРС во времени а), б), в) первая, вторая и третья программы испытаний, соответственно

Результат испытания НРС по второй программе приведен на рисунке 4 б). Анализ графиков позволяет сделать вывод, что начало расширения смеси происходит через 2,5 часа после приготовления, что отмечается по смещению в направлении ОУ. Жесткость гидросистемы прессы по разным осям различна, максимальна она в направлении ОZ, минимальна в направлении ОУ. Жесткость в данном случае определяется сопротивлением системы гидроомкрат-насос-клапанная группа. Из графиков видно, что рост давления по осям происходит неравномерно, а зависит от сопротивления в соответствующем направлении. Так в направлении ОZ давление через 6 часов составляет 10,6 МПа, а смещения 0,33 мм, в направлении ОХ давление – 8,4 МПа, смещения 0,98 мм, а в направлении оси ОУ давление – 0,7 МПа, смещения 7,18 мм. Необходимо отметить, что давление, развиваемое в направлениях ОУ и ОZ через 6 часов после приготовления смеси, отличается более чем в 15 раз, а смещения в этих направлениях более чем в 21 раз. Не происходит выравнивание давлений в испытуемом образце, а рост давления по определенной оси зависит от сопротивления соответствующего гидроцилиндра.

Анализ рис. 4 в) позволяет сделать вывод, что начало расширения смеси, происходит через 2,75 часа после приготовления, это отмечается по росту давлений по осям ОУ и ОХ при удерживании их деформаций в нуле. При этом рост давления по осям происходит неравномерно, в направлении ОУ и ОХ давления растут с одинаковой интенсивностью и существенно не отличаются по абсолютной величине, а по оси ОZ в условиях свободных деформаций нажимной пли-

ты рост давления более плавный, а абсолютные значения давлений меньше, чем по другим осям. Так давление расширения через 6 часов после приготовления смеси в направлении осей ОУ и ОХ составляет 17-18 МПа, а по оси ОZ при деформациях 0,11 мм – 10,6 МПа. При этом среднее давление по трем осям 15,2 МПа на 46% меньше, чем в условиях ограничения перемещений по всем осям (первая программа испытаний 28,2 МПа). В направлении ОУ и ОХ давления снизились по сравнению с первой программой испытаний на 35%. Выравнивание давлений по образцу не произошло, и результаты повторили проведенный ранее эксперимент. Давление в соответствующем направлении определяется сопротивлением среды. Однако было уточнено, что суммарное давление в направлениях ограничения перемещений снижается.

Проведенные эксперименты позволяют сделать следующие выводы. При помещении НРС в замкнутую полость давление расширения и увеличение объема в любом пространственном направлении определяется сопротивлением стенок полости в соответствующем направлении. Рост давления обеспечивает не весь объем НРС в образце, а некоторая его часть, находящаяся в непосредственной близости от границы с полостью, в которую он помещен.

Результаты эксперимента послужили исходной информацией для расчета физико-механических характеристик НРС при расширении (рис. 5).

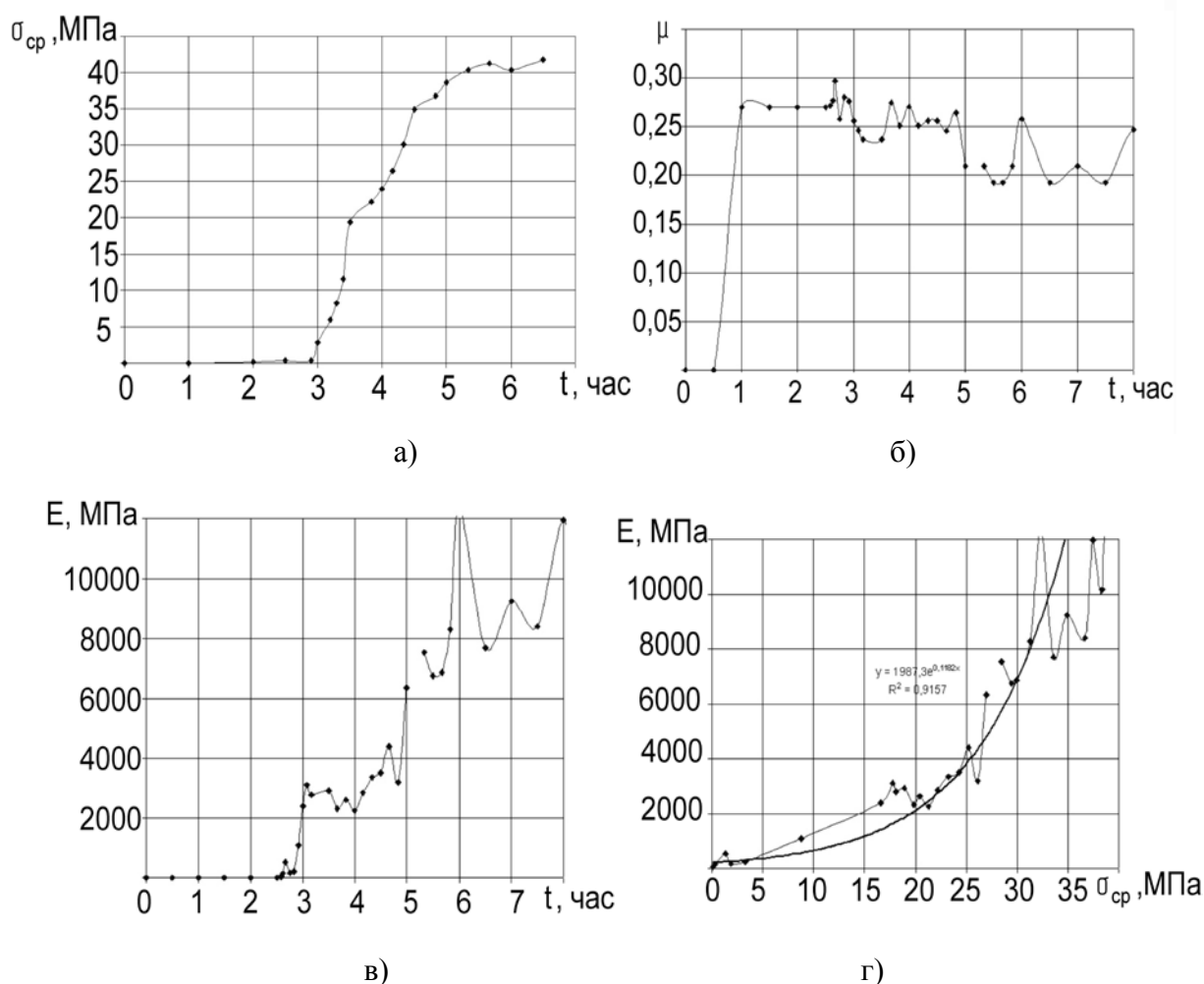


Рис. 5. Результаты испытаний НРС при расширении по первой программе: а, б, в – изменение среднего напряжения, коэффициента поперечной деформации, модуля деформации НРС; г – зависимость модуля деформации НРС от среднего напряжения

Из графиков видно, что средние напряжения, вызванные расширением НРС, растут во времени по характеру, аналогично росту составляющих тензора напряжений, и через 8 часов после приготовления НРС составляют 37 МПа. Коэффициент поперечной деформации от рас-

ширения НРС при испытании по первой программе изменяется от 0,19 до 0,3, в среднем составляет 0,257. Модуль деформации растет во времени и достигает максимума 120 ГПа, при этом рост модуля деформации коррелирует с ростом средних напряжений, вызванных расширением, и удовлетворительно, с коэффициентом аппроксимации 0,92, описывается экспоненциальной зависимостью $E = 1987,3e^{0,1182\sigma_{cp}}$ (рис. 5 г).

Аналогичные построения были проведены для испытаний по второй программе. Результаты представлены ниже в виде графиков на рис 6.

Из графиков видно, что средние напряжения, вызванные расширением НРС, растут во времени по характеру аналогично составляющих тензора напряжений, и через 7 часов после приготовления НРС составляют 8,3 МПа при относительных деформациях 5,5%. Коэффициент поперечной деформации при испытании по второй программе изменяется от 0,21 до 0,4, в среднем составляет 0,234. Модуль деформации растет во времени и достигает максимума 180 МПа, что на три порядка меньше, чем при испытаниях по первой программе. При этом рост модуля деформации коррелирует со средними напряжениями, вызванными расширением, и удовлетворительно, с коэффициентом аппроксимации 0,97, описывается логарифмической зависимостью $E = 36,64\ln(\sigma_{cp}) + 97,31$ (рис. 6 г). Такое отличие в значениях величины модуля деформации по сравнению с предыдущим экспериментом объясняются тем, что при испытаниях по второй программе деформации и напряжения растут произвольно.

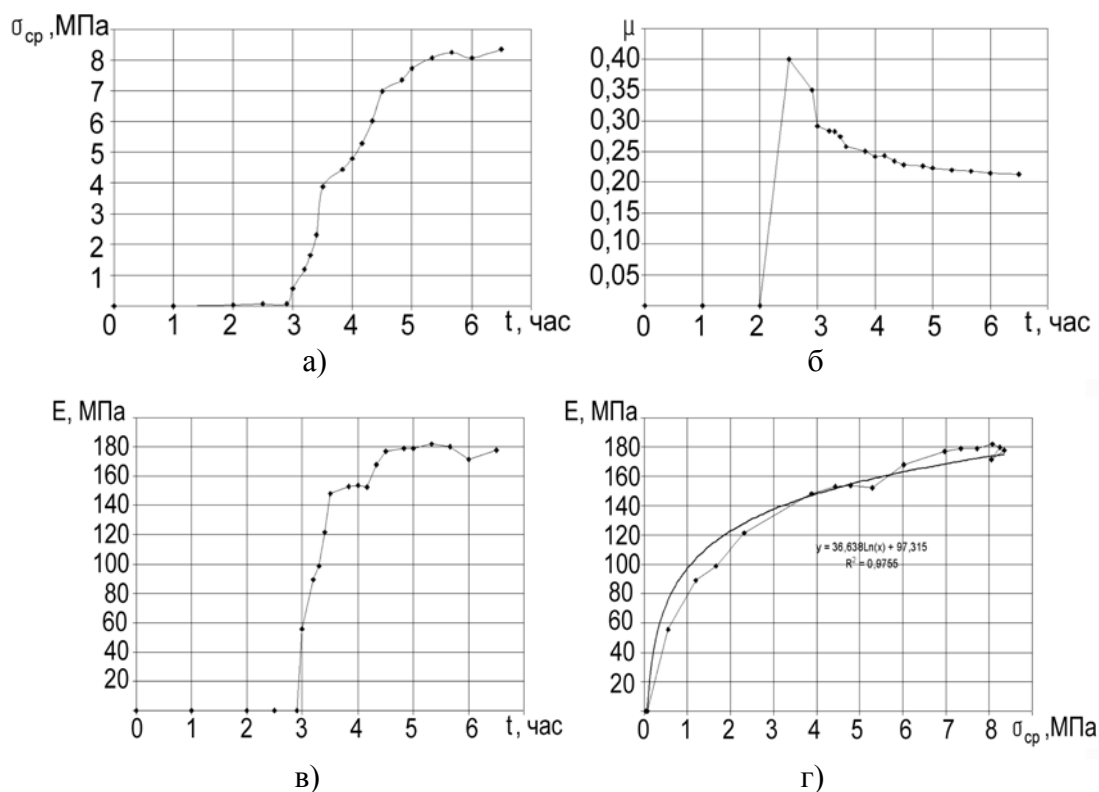


Рис. 6. Результаты испытаний НРС при расширении по первой программе (максимальные средние деформации 0,055): а, б, в – изменение среднего напряжения, коэффициента поперечной деформации, модуля деформации НРС; г – зависимость модуля деформации НРС от среднего напряжения

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Существует четкая взаимосвязь стадий гидратации НРС с фазовым состоянием раствора и соответственно с расширением твердеющей системы. Гидратационное твердение и расширение происходит по-разному в образцах НРС в свободном состоянии и при ограничении объемных изменений. Добавление гумата натрия и этановой кислоты оказывает влияние на кинетику гидратации НРС, что следует учитывать при разработке модифицированных смесей.

При расчете параметров разрушения с помощью НРС следует принимать в качестве максимального напряжения, вызванного расширением НРС, значение средних напряжений. Модуль поперечной деформации при расширении НРС независимо от программы нагружения может быть принят 0,235-0,255. При разрушении с помощью НРС значение модуля деформации следует принимать по зависимости $E = 1987,3e^{0,1182\sigma_{cp}}$, так как он находится в шпуре или скважине в условиях близких к моделированию по программе 1. В случае помещения НРС в полость с податливыми стенками модуль деформации может быть рассчитан по зависимости $E = 36,64\ln(\sigma_{cp}) + 97,31$. Модуль упругости НРС, исходя из результатов моделирования, находится в диапазоне 20-30 ГПа.

Библиографический список

1. Japanese Application Publication JP 57-187044, B 02 C 19/18. Crushing agent / Aitou Akira, Nakatani Seiichi, Miwa Akira, Yagi Isao, Isogai Jiyun; Denki Kagaku Kogyo Kk., Priority JP (1981) - 71233 A. 12.05.81, Published on 17.11.82.
2. Japanese Application Publication P 57-136954, B 02 C 19/18. Crushing agent / Nishihara Akio, Miwa Motomu, Tada Shiyuuichi; Asahi Denka Kogyo Kk., Priority Jp (1981) - 23509 A. 19.02.81, Published on 24.08.82.
3. Сахно, И.Г. Обоснование параметров разрушения горных пород с помощью невзрывчатых разрушающих составов / И.Г. Сахно // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук.праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 93. С. 245-253.
4. 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.
5. Леше А. Ядерная индукция. – М.: Иностранная литература, 1963. – 684 с.

References

1. Japanese Application Publication JP 57-187044, B 02 C 19/18. Crushing agent / Aitou Akira, Nakatani Seiichi, Miwa Akira, Yagi Isao, Isogai Jiyun; Denki Kagaku Kogyo Kk., Priority JP (1981) - 71233 A. 12.05.81, Published on 17.11.82.
2. Japanese Application Publication P 57-136954, B 02 C 19/18. Crushing agent / Nishihara Akio, Miwa Motomu, Tada Shiyuuichi; Asahi Denka Kogyo Kk., Priority Jp (1981) - 23509 A. 19.02.81, Published on 24.08.82.
3. Sahno, I.G. Foundation of parameters of destruction mountain breeds by inexplusive destroying compositions / I.G. Sahno // Geotechnical mechanics: M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine. Dnepropetrovsk, 2011. – Vol. 93. P. 245-253.
4. TTS У В.2.7-26.5-24478901-004:2007 Non-explosive destroying matter. Tts. – on replacement /ТУ У БВ 2.7.00030937.089397. Without limitation of term of action. Kharkov: National standard. Kharkov center of standardization and aerology, 2007-14p.
5. A. Leshe. Yarnernaya induktsiya [Nuclear Induction]. Izd. inostr. lit. (1963), p. – 684.

Надійшла до редакції 16.04.2016

І.Г. Сахно

Донецький національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД НЕВИБУХОВИМИ РУЙНУЮЧИМИ СУМІШАМИ ПРИ ПІДЗЕМНОМУ ВУГЛЕВИДОБУТКУ

При підземній розробці корисних копалин в ряді випадків застосування невибухових методів руйнування дозволяє швидко і безпечно вирішувати гострі виробничі завдання. Один з таких способів заснований на використанні невибухових руйнуючих сумішей (НРС). Найважливішим практичним завданням застосування НРС в умовах підземних гірничих виробок є управління процесом руйнування порід. Незважаючи на сорокарічну історію цих композицій досі не було системних досліджень і розробок, орієнтованих на застосування НРС в підземних гірничих виробках. У цьому ключі дослідження кінетики гідратації НРС і динаміки росту тиску їх розширення є важливою науковою задачею.

Експерименти проводилися на автодинному ЯМР-спектрометрі, використана диференціальна методика реєстрації спектрів. Встановлено закономірності зміни фазового стану води в розчині НРС в процесі його гідратації за формованому спектру ЯМР водню і визначено вплив хімічних добавок на цей процес. Проведені дослідження дозволили встановити взаємозв'язок стадії гідратації НРС з фазовим станом розчину і, відповідно, з саморозширенням твердіючої

системи. Встановлено, що гідратаційне тверднення і саморозширення відбувається по-різному в зразках НРС у вільному стані і при обмеженні об'ємних змін. Виявлено вплив різних добавок на протікання процесу гідратації.

Також у статті наведені результати лабораторних випробувань НРС у трьох найбільш типових для умов шпурових і свердловинних зарядів деформаційних режимах. Експерименти проводилися на установці нерівнокомпонентного тривісного стиснення. Проведені випробування дозволили встановити динаміку зростання тиску й обсягу НРС від моменту приготування до закінчення перекристалізації. Були визначені особливості роботи НРС в умовах різної жорсткості стінок порожнини, в яку він поміщений, в різних напрямках. Визначено час початку і перебігу найбільш активній стадії росту тиску саморозширення, яке становить 2,5-2,7 години. Максимальний тиск саморозширення в умовах нульових заданих деформацій склало 52,5 МПа.

Отримані результати експериментальних і теоретичних досліджень, з достатньою для практичного застосування точністю, можуть використовуватися для визначення параметрів квазістатичного руйнування гірських порід невибуховими сумішами. Це істотно підвищить безпеку робіт, розширить область невибухового проведення на породи з високою міцністю.

Ключові слова: невибухових руйнуючих суміш, саморозширення, гідратація, напруга, деформація.

I. Sakhno

Donetsk National Technical University

PROSPECTS OF ROCKS DESTRUCTION BY NON-EXPLOSIVE DESTROYING MIXTURES AT UNDERGROUND COAL MINING

The use of non-explosive destroying methods at underground mining sometimes allows solving important production tasks quickly and safely. One of such methods is based on the use of non-explosive destroying mixtures (NEMs). The most important practical task of the use of NEMs at underground mining is managing the process of rocks destruction. In spite of the forty-year history of these compositions, there weren't any system researches conducted that could be focused on the use of non-explosive destroying mixtures at underground mining excavations. In this vein a study of kinetics of NEMs' hydration and of dynamics of the growth of their pressure of expansion is a major scientific challenge.

The experiments were conducted on autodyne NMR spectrometer. A differential method of recording spectra was used. The regularities of water phase change in a solution of NEMs in the process of hydration that are formed by the NMR spectrum of hydrogen were set. The influence of these chemical additives on the process was determined. The studies have established the relationship of a hydration stage NEMs with a phase state of a solution and with a self-expansion of a hardening system as well. It was set that the hydration hardening and self-expansion occurs differently in NEMs' samples in a free form and when the volumetric changes are restricted. The effect of various additives on the process of hydration has been identified.

The paper presents the results of laboratory tests of the NEMs in the three most typical conditions of deep-hole charges deformation modes. The experiments were conducted on a facility of non-equal-component triaxial compression. The tests carried out have established the dynamics of a growth of pressure and volume of NEMs from the moment of its preparation to the end of its recrystallization. The peculiar properties of NEMs work in conditions of different rigidity of cavity wall, where it was set, in different directions were set. The time of the beginning and taking place of the most active stage of a self-expansion pressure growth that is 2.5 – 2.7 hours. Maximum pressure of self-expansion in conditions of a zero defined deformation is 52.5 MPa.

The results of experimental and theoretical research with the sufficient for their practical application accuracy can be used to determine parameters of the quasi-static rocks breaking by non-explosive compounds. It will significantly raise the job security and expand the area of non-explosive conduction on the rocks with a high strength.

Keywords: coal mining, destroying non-explosive mixture, expansion, hydration, rocks, stress, strain.