

3. Забигайло В.Е. Геологические основы теории прогноза выбросоопасности угольных пластов и горных пород. – Киев: Наукова думка, 1978. – 163 с.
4. Николин В.И., Качан И.И., Конин В.А. Прогноз выбросоопасности пород при геологоразведочных работах // Разведка и охрана недр. – 1972. – № 6. – С. 54–56.
5. Временное руководство по борьбе с выбросами породы и газа при проведении выработок – Макеевка, Донбасс, 1968. – 22 с.
6. Забигайло В.Е., Белый И.С. Геологические факторы разрушения керна при бурении напряженных горных работ. – Киев: Наук. Думка, 1981. – 179 с.
7. Расчет и экспериментальная оценка напряжений в целиках и краевых частях пласта для угля (методические указания) / И.М. Петухов, А.М. Линьков, В.С. Сидоров и др. – Л.: ВНИМИ, 1975. – 130 с.
8. Петухов И.М., Запрягаев А.П. Определение напряжений в массиве пород по делению керна на диски и выхода буровой мелочи при бурении скважин. – В кн.: Горное давление и горные удары. Л., 1975, С. 126–130 (труды ВНИМИ, сб. 95).
9. К определению основных показателей разрушения напряженных горных пород дисковыми шарошками проходческого комбайна / С.А. Полуянский, В.А. Страшко, Л.Д. Шматовский и др. – В кн.: Разработка месторождений полезных ископаемых на больших глубинах – Киев: Наук. думка, 1979. – С. 106–118.

УДК 622.831.325

Г.А. Шевелев

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ САМОПОДДЕРЖИВАЮЩЕГОСЯ ПОСЛОЙНОГО РАЗРУШЕНИЯ НАПРЯЖЕННЫХ ГАЗОНАСЫЩЕННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

Закономірність самопідтримуючогося пошарового руйнування напружених газонасичених вугільних пластів та гірських порід.

Представлено опис та докази встановленої закономірності самопідтримуючогося пошарового руйнування напружених газонасичених вугільних пластів та гірських порід.

Известно, что угольные пласты и осадочные горные породы являются коллекторами газообразных и жидких флюидов. Причем, степень их газонасыщенности достаточно высока. Так, например, в Донбассе на глубине 1000 м природная метаноносность угольных пластов зачастую превышает $15 \text{ м}^3/\text{т}$, а выбросоопасных песчаников - $2,5 \text{ м}^3/\text{т}$ при абсолютной пористости около 10 %. Давление метана близко к гидростатическому - 10 Мпа.

До недавнего времени в механике горных пород роль газа, насыщающего угленосную толщу, отводилась к двум основным положениям: изменению физико-механических свойств и напряженно-деформированного состояния среды.

Силовое взаимодействие сжатого газа с коллектором допускалось в изменении, как уже сказано, его напряженно-деформированного состояния, а также в отбросе разрушенной горной массы при выбросах.

Участие сжатого газа в разрушении угольных пластов и горных пород не учитывалось и не предполагалось. Тому, казалось, есть веские причины. Во-первых, в нетронутом массиве давление газа в несколько раз меньше напряженного состояния горных пород (в соотношении гидростатического и гравитационного давлений). Во-вторых, пределы прочности на разрушение горных пород выше давления насыщающего их газа. В-третьих, отсутствует градиент (разность) давлений в смежных участках пласта. В-четвертых, фильтрационные процессы, происходящие в призабойной части угленосного массива, рассматриваются как дегазирующий фактор, снижающий соответственно давление газа и газоемкость среды, а следовательно - силовое взаимодействие с разрушаемой средой.

Однако, как доказали результаты теоретических и экспериментальных исследований авторов, в шахтах существуют природные и технологически создаваемые условия, при которых фильтрационные процессы не только не способствуют уменьшению (рассеиванию) свободной энергии сжатого газа, а, наоборот, обеспечивают локализацию и накопление свободной энергии сжатого газа в природных дефектах и трещинах. Причем, это не пассивный

процесс, отслеживающий рост трещин, а активный, поскольку он обуславливает их дальнейший рост, слияние в магистральные трещины, послойное самоподдерживающееся разрушение и последующий отброс разрушенной горной массы.

Разрушение горных пород и других хрупких сред и материалов может происходить, как известно, под действием внешних сил (по отношению к объему разрушаемого тела), например, горные удары или разрушение образца под прессом; внутренних сил - здесь наиболее характерным примером может служить разрушение горных пород энергией взрыва; и совместного (комбинированного) действия внешних и внутренних сил, например, действие взрыва в напряженной среде, гидроразрыв стенок скважины, пробуренной в напряженном горном массиве, выбросы угля, породы и газа.

Выбросы угля, породы и газа представляют собой природное газодинамическое явление, происходящее в результате нарушения технологическими процессами равновесного состояния напряженного газонасыщенного горного массива.

Общая схема процесса разрушения при выбросах до недавнего времени представлялась так: горное давление (внешние силы) разрушает массив, а сжатый газ (внутренние силы) выносит разрушенную уже горную массу из полости выброса в выработку.

Если следовать данной схеме, то должны выполняться следующие условия. Во-первых, энергетические параметры напряженного горного массива должны превосходить работу разрушения при выбросах.

Однако, как доказывают результаты расчетов, величина работы разрушения при выбросах угля или пород составляет около 100 кДж/т, что в несколько раз превышает потенциальную энергию упругого деформирования в объеме образующейся полости выброса. Расчеты производились по известным формулам и фактическим данным, поэтому достоверность полученных результатов сомнений не вызывает. Во-вторых, известно, что скорость распространения волны разрушения в любой среде, в том числе в горных породах, близка к местной скорости звука. В горных породах это

более тысячи метров в секунду. Между тем, результаты экспериментальных исследований различных авторов доказывают, что фактическая скорость распространения фронта разрушения при выбросах угля, породы и газа составляет лишь метры в секунду, что на три порядка меньше по сравнению с классическими представлениями. То есть, по данному параметру схема разрушения при выбросах: "горное давление разрушает массив, а газ выносит разрушенную горную массу" - также не подтверждается.

В третьих, прочностные свойства выбросоопасных угольных пластов и песчаников существенно (на порядок) отличаются между собой, что, казалось, должно повлечь столь же существенные отличия динамических параметров выбросов: скорости распространения фронта разрушения по массиву и скорости отброса разрушенной горной массы. Между тем, подобные отличия не прослеживаются, что подтверждается экспериментальными данными различных авторов, полученными в различных условиях и различными методами. Так, экспериментально подтверждено, что скорость распространения волны разрушения независимо от внешних условий и причин возникновения выбросов угля, породы и газа составляет метры в секунду, а скорость отброса разрушенной горной массы 20-30 м/с.

Изложенные экспериментальные и расчетные данные доказывают, что механизм протекания выбросов, включая процесс разрушения среды, существенно отличен от существовавших ранее представлений. По сути, внезапные или спровоцированные сотрясательным взрыванием выбросы угля, породы и газа независимо от массы выбросов, места и условий их возникновения, прочностных свойств Среды, представляют собой вялотекущий процесс самоподдерживающегося разрушения, происходящий в достаточно узких границах динамических параметров.

Анализ полученных авторами результатов однозначно убеждает в том, что в основе механизма протекания выбросов, послышного самоподдерживающегося разрушения среды и перемещения по массиву волны разрушения являются фильтрационные процессы, происходящие в зоне разрушения в каждый момент времени.

Первоначально сжатый газ равномерно рассеян в природных дефектах и трещинах напряженного газонасыщенного горного массива и его силовые параметры в смежных участках пласта остаются взаимно уравновешенными. Если среда находится в допредельном состоянии, то при вновь образованной свободной поверхности, газ начнет дренироваться через эту поверхность.

В выбросоопасных зонах, где массив находится в предельном напряженно-деформированном состоянии, в призабойной зоне у вновь образованной свободной поверхности природные дефекты и трещины начнут подрастать вдоль линий равных напряжений, ориентированных параллельно свободной поверхности. При зарождении трещин и природной пористости 10 % (что характерно для выбросоопасных угольных пластов и песчаников) их объем увеличится соответственно в десять раз. В результате на порядок упадет начальное давление газа в зарождающейся трещине и возникает градиент давления между трещиной и смежными с нею слоями.

В результате в каждом слое возникают два разнонаправленных фильтрационных потока, питающих зародившиеся трещины, в которых резко повышается давление и количество сдренировавшегося в них сжатого газа.

При этом следует учесть, что средневзвешенный размер каждого слоя составляет 1 - 2,5 мм, что экспериментально зафиксировано при выбросах угля и песчаников. Время существования трещин с момента их зарождения до слияния в магистральные трещины и отрыва очередного слоя с поверхности обнажения составляет десятые доли секунды. Скорость фильтрации - примерно 1 см/с с учетом проницаемости и градиента давления. Результаты расчетов доказывают, что при этих условиях обеспечивается газодинамическая замкнутость трещин, давление газа в них возрастает до 30 % от природного в массиве, а количество сдренировавшегося газа в трещины из трещинно-порового пространства оконтуривающих слоев - до 70 %.

За счет этого происходит локализация и накопление свободной энергии сжатого газа в растущих трещинах, что обеспечивает их слияние в магистральные трещины, отрыв каждого слоя с по-

верхности обнажения и самоподдерживающийся характер распространения по массиву волны разрушения.

Действие внешних сил по отношению к объему разрушаемой Среды, т.е. сил горного давления, здесь можно сравнить с условиями испытаний образцов на жестком прессе, когда достижение предельного состояния не сопровождается потерей несущей способности. В этих условиях напряжения, вызванные силами горного давления, реализуются в зарождении трещин. Все последующие стадии механизма протекания выбросов обеспечиваются параметрами фильтрационных процессов в системе слой-трещина.

Таким образом, в результате теоретических и экспериментальных исследований авторами установлена неизвестная ранее закономерность хрупкого разрушения напряженных газонасыщенных угольных пластов и горных пород, заключающаяся в том, что при внезапном обнажении или сбросе давления в призабойной зоне, находящейся в предельном напряженном состоянии, формируется локально рассредоточенная зона послойного разрушения, в пределах которой возникают разнонаправленные фильтрационные потоки в системе "слой-трещина", что обеспечивает локализацию свободной энергии сжатого газа в зарождающихся трещинах, их дальнейшее развитие, слияние в системы магистральных трещин и в конечном итоге совершение работы разрушения и самоподдерживающийся характер распространения волны разрушения по массиву.

УДК 550.83:681.3.05

Б.М. Усаченко, Алекс.А. Яланский

ВВОД АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ПРИБОРАХ КОНТРОЛЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ НАПРЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Визначені: структурна схема на базі типових ланок і передаточна функція зовнішнього та вбудованого аналого-цифрових перетворювачів в мікропроцесорних приладах обробки геофізичних сигналів. Запропоновано алгоритм вимірювання тривалості імпульсних сигналів. Іл.3. Бібліогр.: 4 найм.