

УДК 622.831.325.3

Д.М. Житленок

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ПРИ ЕГО ДЕГАЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

ГП «Дзержинскуголь»

Наведено результати експериментальних робіт з дегазції вугільного пласта з використанням гідродинамічної дії і розглянуто її вплив на зміну структури вугілля.

Ключові слова: вугільний пласт, дегазация, гідродинамічна дія, структура вугілля

D.M. Zhytlyonok

STRUCTURE CHANGES IN A COAL SEAMS AT DEGASSING TREATMENT USING HYDRODYNAMIC AFFECTS

The results of experimental degassing treatment of a coal seams using hydrodynamic affects are presented. Influence of these affects on the coal structure is considered.

Keywords: coal seam, degassing, hydrodynamic affects, coal structure

Дегазация угольных пластов применяется на большинстве шахт, разрабатывающих высокогазоносные угли. Уменьшение содержания метана в последних приводит к снижению газодинамической активности массива и повышению безопасности ведения горных работ. Однако применяемые в настоящее время способы дегазации угольных пластов не обеспечивают необходимой ее степени. Результаты изучения геомеханических процессов, протекающих в массиве при ведении очистных и подготовительных работ, полученные в ИГТМ НАН Украины, показывают возможность значительного повышения степени дегазации угольных пластов при применении способов интенсификации газовыделения и увеличения зон дренирования газа вокруг скважин при одновременном уменьшении времени, затрачиваемого на этот процесс. В ИГТМ НАН Украины разработан способ гидродинамического воздействия на напряженный газонасыщенный угольный массив, при котором последний претерпевает изменения своей структуры как на макро-, так и на микроуровне. Шахтные исследования способа показали, что величина динамических импульсов при гидродинамическом воздействии превышает 100 МПа·с, что создает динамические пригрузки к горному давлению, спо-

собные кардинально изменить структуру угольного массива и его напряженное состояние [1,2].

Уголь по своим свойствам занимает особое место среди осадочных пород в силу органического происхождения, представляя собой смесь продуктов глубокого изменения органических соединений и битумов игуминовых кислот. Уголь – вещество, компонентами которого являются активные низкомолекулярные единицы.

Высокомолекулярные фрагменты могут быть продуктами конденсации мелких фрагментов [3]. Связи углерода в ароматическом ядре, а также с находящимися на периферии атомами водорода очень прочны (101–104 ккал/моль), поэтому ядро макромолекулы является устойчивым фрагментом угля. Связь между этими структурными фрагментами невелика, т.е. в угольном веществе имеются энергетически ослабленные участки, где могут протекать различные превращения, разрыв макромолекул на звенья с последующим взаимодействием цепей.

Известно, что прочность комплексов в переносном заряде и донорно-акцепторных связей составляет от 2 до 15 ккал/моль, и, конечно же, они разрушаются в первую очередь при обработке угля давлением. В углях обычно мы имеем дело с макромолекулами, представляющими соединенные между собой циклические группы – бензольные кольца, чередующиеся с гетероциклами, включающими атомы углерода, азота, кислорода, т.е. с системами сопряженных двойных связей. По мнению В.И. Касаточкина, под действием давления углеродные ядра перемещаются до наиболее выгодных энергетических положений, что возможно при деструкции боковых цепей при поворотах углеродных ядер [4]. Высокомолекулярные соединения, содержащие такие молекулы, обладают полупроводниковыми свойствами. Возникшая неоднородность структуры и свойств приводит к образованию трещин, и механо-химический процесс завершается разрушением угля.

При гидродинамическом воздействии на выбросоопасные угольные пласты выход разрушенного угля из одной скважины достигал 50 т, что составляло 2% от массы угля в обработанной зоне, а объем пористости угля в этой зоне увеличивался на 37,5 м³. Ситовый состав вышедшего угля, извлеченного из скважин при гидродинамическом воздействии на пласте l_4^H – «Девятка», представлен в табл. 1.

Анализ таблицы показывает, что при гидродинамическом воздействии характерен высокий выход фракций размером зерна менее 5,0 мм. Выход угля при воздействии на пласт l_4^H – «Девятка» (гор. 1080 м) не содержит фракций более 1,0 мм, что объясняется большей глубиной залегания пласта. Объем фракций 0,5 мм при проведении экспериментальных работ определялся расчетным путем, так как уголь, находясь во взвешенном состоянии, не успевал оседать в мерных емкостях и уносился водой по выработке. Объем этих фракций достигал 11% от общего объема рассева.

Таблица 1

Ситовый состав угля, извлеченного из технологических скважин в процессе гидродинамического воздействия

Горизонт	Класс, мм	Содержание, %	Содержание фракции менее 0,5 мм, %
970 м	Более 10,0	4,2	8,9
	10,0–7,0	2,1	
	7,0–5,0	2,8	
	5,0–2,0	10,1	
	2,0–1,0	11,6	
	1,0–0,5	11,7	
	0,5	57,5	
	$d_{cp} = 0,22$	100	
1080 м	более 5,0	10,7	9,2
	5,0–2,0	18,9	
	2,0–1,0	20,2	
	1,0–0,5	10,5	
	0,5	39,7	
	$d_{cp} = 0,33$	100	

В последние годы применение методов спектроскопии дало возможность проследить изменения, происходящие в структуре углей после внезапных выбросов угля и газа [5].

Для определения параметров парамагнитной системы «уголь–газ», отражающих ее структурные особенности, были проведены исследования зависимости кинетических параметров взаимодействия угля и газа по регистрации спектра поглощения СВЧ-энергии парамагнитными центрами (ПМЦ) угля при изменении барических условий при гидродинамическом воздействии и после его проведения [6].

Исследованиями установлено, что во время гидродинамического воздействия уголь представлен мелкой фракцией (угольная пыль), которая имеет повышенные концентрации ПМЦ. После гидродинамического воздействия в вынесенном струей воды угле концентрация ПМЦ снижена примерно в три раза по сравнению с первоначальными значениями.

ОП «шахта им. Ф.Э. Дзержинского» ГП «Дзержинскуголь» и ГТМ НАН Украины проведены работы по гидродинамическому воздействию с целью дегазации и снижения газодинамической активности угольного пласта l_7^B – «Пугачевка» (гор. 1026 м) в нижней части молотковой лавы № 66. Мощность пласта составляет 0,81–0,88 м, угол падения – 55°. На всем протяжении выемочного участка пласт выдержан по мощности и строению и состоит из двух пачек угля, разделенных в средней части слоем мягкого, чешуйчатого, сыпучего углесто-глинистого сланца мощностью 0,02–0,07 м. Уголь обеих пачек идентичен, мощность верхней пачки составляет 0,23–0,32 м, нижней – 0,42–0,58 м. Уголь полублестящий, слоистый, крепости ниже средней с включением линз сернистого колчедана, хрупкий, разбит разнонаправленными трещинами. Гипсомет-

рия пласта спокойная, уголь коксующийся – марки Ж, природная газоносность – 16–17 м³/т г.м., выход летучих веществ – 29,6–33,44 м³/т. Крепость угля по шкале проф. Протодяконова 0,8–1,0, объемный вес 1,3–1,4 т/м³.

Пласт опасен по внезапным выбросам угля и газа, по обрушению угля и по взрывчатости угольной пыли, к самовозгоранию не склонен, по горным ударам не опасен. На контакте с кровлей залегает сланец углисто-глинистый, чешуйчатый, сыпучий, слабый, мощностью 0,01–0,07 м. Наличие углисто-глинистого сланца значительно снижает сцепление пласта с боковыми породами, в результате чего возникает возможность самопроизвольного обрушения угля из нависающего массива. В кровле залегает глинистый сланец мощностью 0,6–1,0 м, тонкоплитчатый, межслоевая связь непрочная, плоскости слоев притертые, с зеркалами скольжения, трещиноватый, средней крепости, неустойчивый, предел прочности на сжатие – 275 кг/см², объемный вес – 2,5–2,5 т/м³. Непосредственно у пласта мощностью до 0,40 м сланец сильнотрещиноватый, весьма неустойчивый, обрушается во время выемки угля, образуя ложную кровлю мощностью от 0,2 до 0,55 м. В почве пласта залегает песчано-глинистый сланец мощностью от 0,4 до 1,1 м комковатой текстуры, трещиноватый, плоскости слоев притертые с остатками ископаемой флоры, неустойчивый, средней крепости, при водонасыщении склонен к вспучиванию и скалыванию на мощность 0,1–0,3 м. Основная почва повсеместно представлена песчаником мощностью более 10 м, мелкозернистым, грубослоистым, слюдистым, трещиноватым, крепким, устойчивым, с пределом прочности на сжатие 1580 кг/см². Песчаник опасен по внезапным выбросам породы и газа. Разрывных нарушений на поле участка нет. Встречаются зоны с неустойчивыми боковыми породами.

Отработка пласта осуществляется с опережающей отработкой пласта m_3 – «Толстый» не менее 40 м. Створы при отработке пласта отсутствуют. Откаточный штрек полевой, проводится в почве пласта на расстоянии не менее 5,0 м от последнего по нормали. Схема вентиляции участка возвратноточная. Отработка пласта осуществляется потолкоуступами. В качестве специальной крепи в лаве применяются костры из обрезанных стоек (стойка диаметром 16–20 мм, разрезанная пополам). Костры устанавливаются через 2,7 м по простиранию и 4,0 м – по падению. Опережение нижней печи по отношению к уступу №1 составляет не менее 20 м. Управление кровлей в лаве осуществляется в режиме предельных пролетов, расстояние между которыми 20–25 м. На сопряжении каждого из пролетов выкладываются 2 ряда костров из обрезанных стоек. Расстояние между кострами 1,8 м по простиранию и 1,8 м по падению, считая по осям.

Для проведения гидродинамического воздействия на угольный пласт через породную пробку бурились технологические скважины (рис. 1).

Бурение скважин осуществлялось в три этапа:

- бурение скважины диаметром 76 мм с перебуриванием пласта;
- разбуривание скважины диаметром 76 мм до диаметра 96 мм с перебуриванием пласта;

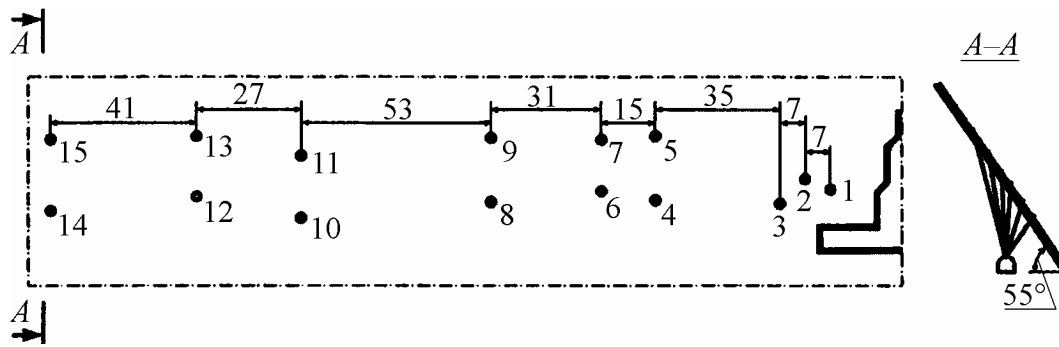


Рис. 1. Расположение технологических скважин

– разбуривание скважины диаметром 96 мм до диаметра 150 мм на глубину герметизации не менее 5 м.

Скважина на глубину разбуривания обсаживалась отрезками стальных труб с наружным диаметром 104–112 мм, длиной по 2–2,2 м, а затрубное пространство заполнялось песчано-цементным раствором при помощи сжатого воздуха. Для этого в специальном металлическом бачке емкостью 20–30 л с герметически закрывающейся крышкой приготавливался цементный раствор и через штуцер, расположенный в верхней части бачка, подавался сжатый воздух, в результате чего раствор через нижнее отверстие бачка по шлангам поступал в скважину. При этом длина выступающей в выработку части трубы с крепежным фланцем составляла не менее 0,3 м. Удержание обсадного става на время тампонажа и затвердевания тампонажного раствора осуществлялось при помощи крепления става круглозвенной цепью к рамам арочной крепи.

Гидродинамическое воздействие проводилось через технологические скважины, пробуренные из полевого откаточного штрека. Давление нагнетания находилось в пределах 7 МПа. Время сброса давления на устье скважины не превышало 0,1 с. Количество извлеченного из одной скважины угля достигало 9 т, а объем выделившегося метана – 22 тыс. м³. Результаты воздействия приведены в табл. 2.

Коэффициент дегазации определялся из выражения

$$k_d = V_p / V_\phi,$$

где V_p – расчетное количество газа в обрабатываемой зоне, м³, $V_p = Sm\chi\gamma$, (где S – площадь зоны обработки, м²; m – мощность угольного пласта, м; χ – природная газоносность пласта, м³/т; γ – плотность угля, т/м³); V_ϕ – фактический объем газа, выделившийся через технологическую скважину, м³, определяемый по его концентрации в воздушной струе:

$$V_\phi = 0,01vS_B \int_t^T C_t dt,$$

где N – скорость движения воздушной струи, м/мин; S_B – площадь сечения выработки в месте замера, м²; C_t – прирост концентрации метана над фоновой, %.

Результаты гидродинамического воздействия через технологические скважины

№ скважины	Масса извлеченного угля, т	Объем выделившегося метана, тыс. м ³	Объем техногенной пористости угля, м ³	Радиус эффективного воздействия (м), определенный по количеству		Площадь обработки, м ²	Коэффициент дегазации
				извлеченного угля	выделившегося газа		
1	4,6	17,0	3,3	7,4	14,0	1280	0,61
2	–	–	–	–	–		
3	7,0	21,0	5,0	9,2	11,8		
4	2,5	14,2	1,8	6,3	17	960	0,31
5	6,0		4,3	9,8	17		
6	3,0	11,7	2,2	7,9	22	800	0,3
7	4,0		2,8	9,0	22		
8	0,4	2,4	0,3	3,0	6	380	0,13
9	1,0		0,7	4,0	6		
10	5,0	19,3	3,6	10,0	22	1290	0,31
11	6,5		4,6	11,0	22		
12	8,0	16,4	5,7	11,0	20	1240	0,27
13	9,0		6,4	11,7	20		
14	2,0	1,1	1,4	5,0	25	1220	0,02
15	3,5		2,5	6,5	25		

Различие в объемах метана, выделившегося из скважин, связан с существенной разницей времени на дегазацию, т.е. времени между проведением гидродинамического воздействия и отработкой скважины лавой. Коэффициент дегазации для скважин № 14 и 15 рассчитан непосредственно после воздействия. Пример изменения расхода и давления воды на устье технологических скважин приведен на рис. 2.

При выемке угля в месте обработки угольного пласта через технологические скважины полости в пласте не обнаружены, уголь был интенсивно дезинтегрирован, а удельная поверхность дезинтегрированного угля в 2–3 раза превышала удельную поверхность извлеченного угля. При прохождении лавой зоны обработки влажность угля была увеличена только в сечении скважины, заполненном разрушенным уплотненным углем.

Поведение кровли пласта l_7^B – «Пугачевка-запад» при выемке угля в обработанной зоне спокойное, нарушений кровли в виде повышенной трещиноватости или вывалов обнаружено не было. Размокания или увеличения влажности вмещающих пород в зоне обработки также не наблюдалось.

В результате гидродинамического воздействия угольный пласт на площади 7170 м² был дегазирован в среднем на 30%, что, по данным аппаратуры газовой защиты и сейсмоакустического контроля, снизило газодинамическую активность угольного пласта в зоне воздействия и обеспечило безопасные условия выемки угля по газу и внезапным выбросам угля и газа. Обработанный участок

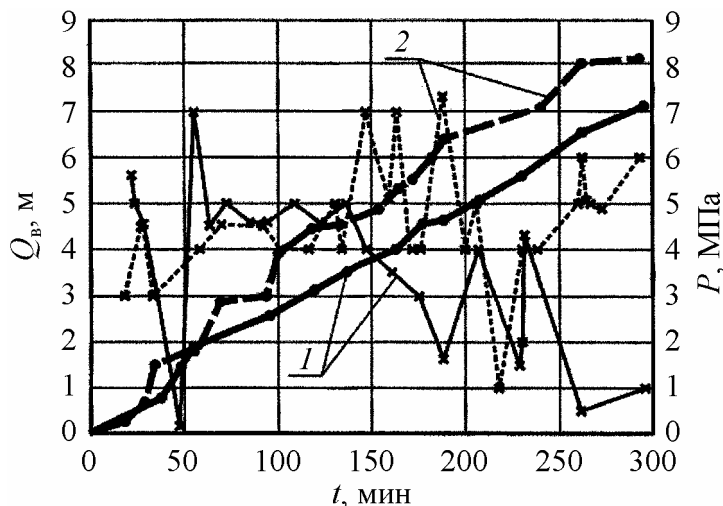


Рис. 2. Расход $Q_{в}$ (—■—) и давление воды P (—x—) на устье скважины №1 в течение первого (сплошные кривые) и второго (штриховые) цикла гидродинамического воздействия на угольный пласт

пласта имеет размеры 240 м по простиранию и 30 м по падению, а гидродинамическое воздействие явилось эффективным для дегазации и снижения газодинамической активности угольного пласта l_7^B — «Пугачевка-запад».

Таким образом, при гидродинамическом воздействии на угольный пласт из него извлекается уголь и метан, что приводит к нарушению его природного геомеханического состояния, раскрытию природной и формированию дополнительной (техногенной) трещиноватости, активизации быстрого перехода находящегося в угольном веществе метана из метастабильного состояния в свободную фазу и разгрузке, создающей условия для деструкции твердого компонента на микроуровне, что приводит как к снижению его газодинамической активности, так и к интенсификации газовыделения.

1. Софийский К.К., Калфакциян А.П., Воробьев Е.А. Нетрадиционные способы предотвращения выбросов добычи угля. — М.: Недра, 1994. — 192 с.
2. Софийский К.К., Булат А.Ф., Силин Д.П. и др. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты. — Днепропетровск: Полиграфист, 2003. — 220 с.
3. Shinn Y.N. From coal to single stage and two stage product: a reactive model of coal structure // Fuel. — 1984. — **63**, № 9. — P. 1187–1196.
4. Касаточкин В.Н., Горина Н.К. Строение и свойства природных углей. — М.: Мир, 1986. — 306 с.
5. Алексеев А.Д., Зайденварг В.Е., Синолицкий В.В., Ульянова Е.В. Радиофизика в угольной промышленности. — М.: Недра, 1992. — 183 с.
6. Изменения парамагнитных показателей системы «уголь–газ», отражающие ее структурные особенности / Ефремов И.А., Бурчак А.В., Силин Д.П. и др. // Импульсные процессы в механике сплошных сред: материалы VII международной научной школы-семинара (21–25 августа 2007 г.). — Николаев: КП «Миколаївська обласна друкарня», 2007. — С. 169–170.

Статья поступила в редакцию 14 мая 2009 года