

1. При среднем выходе слива в операции 18,8 % (8,5 % от исх.) слив обогащает питание 1-й стадии магнитной сепарации на 2-3 % и снижает его плотность по сравнению со сливом классификатора на 100 кг/м³.

2. Концентрат 1-й стадии получается богаче на 2 % и тоньше на 2-3 %.

3. Содержание Feобщ, Feмагн в хвостах 1-й стадии изменяется мало, в среднем не превышает технологической нормы. На содержание Feобщ в хвостах оказывают влияние следующие показатели слива (в порядке убывания): содержание Feмагн., ситовка, выход, содержание Fe общ..

4. За счет использования МГК-ПП конечный концентрат становится богаче в среднем на 0,5 % без снижения производительности по руде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новая технология производства высококачественного железорудного концентрата при измельчении руды в две стадии / Надутый В.П., Чельшкіна В.В, Усов О.А., Щаденко А.А.// Матер. II-й международной науч.-техн. конф. «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях». 25 февраля - 1 марта, п. Славское, Карпаты. – 2002. – С.163.

2. Промышленные испытания магнитной сепарации разгрузки мельницы доизмельчения рядового концентрата ОАО «Лебединский ГОК» / Чельшкіна В.В.// Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2008. – Вып. 74. – С. 22-24.

УДК 622.333:[522.12:537.611.43]

А.В. Бурчак, канд.техн.наук,
В.И. Барановский, мл. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ УГЛЕЙ ПРИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОМ ЯВЛЕНИИ НА ПЕТРОГРАФИЧЕСКОМ И МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ

В роботі представлено результати досліджень впливу раптового викиду вугілля та газу на стан та властивості органічної речовини. Показано що газодинамічні явища викликають структурні трансформації у вугільній речовині, які призводять до генерації газів

CHARACTER OF DESTRUCTION OF COALS AT THE GAZDYNAMIC PHENOMENON AT THE PETROGRAPHIC AND MOLECULAR LEVEL

In the work the researches' results of influencing of coal and gas sudden are outburst are represented on the condition and properties of organic matter. It is shown that the gazdynamic phenomenon cause structural transformations in the coal matter, which result in the generation of gases

Газодинамические явления (ГДЯ) в угольных пластах приводят к существенному изменению структуры и свойств органического вещества. Исследования этих изменений, причин их появления и законов развития, позволяют приблизиться к решению проблемы выбросоопасности углей и прогнозу состояния системы «уголь-газ». Понимание условий и закономерностей возникновения ГДЯ, способствует решению ряда технических и энергетических проблем страны. Поэтому, исследование особенностей разрушения угольного вещества, условий и путей прохождения структурных трансформаций на петрографическом и молекулярном уровне, является актуальным.

Цель данной работы – изучение условий и особенностей разрушения угля при ГДЯ, приводящих к изменению физических свойств угля, а также к структурным трансформациям в угольном веществе.

Использование современных физических методов позволяет проводить исследования на уровне составных частей (компонентов) органической массы угля, то есть рассматривать угольное вещество как набор структурных элементов, химических соединений, взаимодействие которых и приводит к процессам преобразования вещества [1, 2].

Связь между структурными преобразованиями органической массы угля и внешними воздействиями имеет принципиальное значение для понимания природы и механизма выбросов угля и газа в шахтах.

Для снижения влияния степени углефикации вещества и случайных факторов, исследования проводились по пробам изометаморфных углей. Экспериментальные работы были проведены на угольном материале, отобранном на шх. Краснолиманская, после произошедшего там, на пласте l_3 внезапного выброса угля и газа. На расстоянии 50 м от полости выброса было взято две пробы – одна в виде монолитного куска размером 50x40x30 см, не разрушенного во время выброса («Кусок»). Другая – уголь, измельченный в результате газодинамического явления до порошкообразного состояния – «Порошок». Угольный материал этой пробы поступил в ИГТМ в измельченном состоянии, с большим содержанием пылевидной фракции. На основании оценки состояния, в котором была получена проба «Порошок» можно (в качестве рабочей гипотезы) предположить, что это органическое вещество принимало непосредственное активное участие в процессе внезапного выброса. Другими словами именно в этом веществе осуществились необходимые условия, которые привели к внезапному выбросу.

Пробоподготовка отобранных образцов угля проводилась в соответствии с действующими требованиями (ГОСТ 9414.2-93) для проведения аналитических исследований. Изготавливался аншлиф-брикет по «средней» пробе, то есть, включающей в себя частицы всех размеров меньше 1 мм. Затем проба рассеивалась на установке «Analizette-3» по классам крупности частиц. Из каждого класса отбиралась навеска для изготовления аншлиф-брикета, проведения технического анализа (V^{daf} , A^d) и изучения парамагнитных свойств угля.

В таблице 1 приведены результаты петрографических исследований и технического анализа по классам крупности частиц препарированных углей из зоны газодинамического явления на шх. Краснолиманская.

Уголь обеих проб («Кусок» и «Порошок») характеризуется сходным петрографическим составом: V_t – 67-69%; I – 19-22%; L – 9-12%. При этом в измельченной пробе («Порошок») – повышена зольностью, т.к. в продукты выброса попадает не только уголь, но и породные прослои.

Таблица 1—Результаты лабораторных исследований образцов угля. (Шх. Краснолиманская. Выброс угля и газа)

Проба	Класс крупности	Содержание микрокомпонентов группы инетринита			Содержание микрокомпонентов группы витринита								Содержание микрокомпонентов группы лейптинита				Выход летучих V_{daf} , %	Содержание золы A^d , %
		V_{bk}	V_{bt}	ΣVt	Sv	I_{mi}	I_{me}	I_{of}	I_f	I_d	ΣI	L_{mas}	Lk	ΣL				
Кусок	Средняя	66	1	67	2	6	3	3	9	1	22	0	8	1	9	31,9	3,92	
	0,20-0,16	76	2	78	1	4	1	3	5	2	16	0	4	2	6	31,39	5,02	
	0,16-0,10	74	2	76	0	2	1	7	3	4	18	0	4	2	6	30,59	5,75	
	0,10-0,08	71	1	72	1	2	2	7	8	4	23	0	2	2	4	29,54	6,9	
	0,08-0,063	56	6	62	5	2	6	9	9	2	28	1	3	1	5	28,81	7,4	
	0,063-0,05	57	2	59	2	2	4	10	18	4	38	0	1	0	1	25,37	8,42	
	< 0,05	44	0	44	4	1	15	12	9	14	51	0	0	1	1	22,46	9	
	Средняя	61	8	69	0	5	2	6	6	0	19	3	3	6	12	40,74	42,1	
	0,20-0,16	78	6	84	0	0	1	3	0	0	4	1	5	6	12	34,65	30,85	
	0,16-0,10	74	6	80	0	2	1	1	3	0	7	0	3	10	13	35,58	30,54	
Порошок	0,10-0,08	82	2	84	0	2	4	0	4	10	0	0	6	6	34,51	30,13		
	0,08-0,063	76	0	76	1	3	3	9	0	18	1	0	4	5	31,38	29,43		
	0,063-0,05	82	0	82	0	0	2	1	10	13	1	0	4	5	32,8	29,32		
	< 0,05	66	0	66	1	0	13	7	13	0	33	0	0	0	30,97	28		

При расसेве, по мере уменьшения размеров частиц, идет закономерное накопление более хрупких мацералов группы инертинита. Интенсивность перераспределения инертинита J_i [3] больше у порошкообразного угля (4,7 по сравнению с 2,9 для «Куска»). Следовательно, препаарация угля при внезапном выбросе практически вдвое сильнее, чем при разрушении угля в лабораторных условиях.

Перераспределением мацералов в продуктах рассева объясняется последовательное уменьшение значений выхода летучих с 32 до 22% для пробы представленной чистым углем - «Кусок», в случае «Порошка» эта тенденция затухает тридцатипроцентной зольностью.

В этой таблице привлекает внимание – повышенное в 4-5 раз содержание золы в пробе «Порошок» (по сравнению с «Куском») и существенная разница в перераспределении мацералов угля по пробам. Не отвечает также установившимся взглядам повышение выхода летучих в пробе «Порошок». Отсюда возникает вопрос о причинах появления таких фактов и необходимость их научного объяснения. Первое и самое простое объяснение повышения содержания золы – это разрушение прослоек породы в пласте, но суммарная мощность их относительно пласта мала. По данным приведенными на планах горных работ мощность породных прослоек в пласте вблизи места выброса составляет от 3% к 20%. Этой мощности прослоек, безусловно, недостаточно для настолько существенного повышения содержания золы во всех фракциях пробы «Порошок».

Известно, что разрушение угля мелких классов крупности проходит по поверхностям контактов различных микрокомпонентов. Благодаря этому мацералы угля перераспределяются по фракциям. Фракция 0,16-0,1мм обогащается, относительно средней пробы, витринитом. Соответственно содержание инертинита повышается в мелких классах крупности (максимальные значения в <0,05мм). Именно такой, классический, вид имеет перераспределение угольных микрокомпонентов в рассеянной пробе «Кусок».

Вместе с тем перераспределение мацералов по фракциям в пробе «Порошок» имеет существенные отличия. Все выделенные и исследованные фракции пробы обогащены витринитом. Обогащение мелких фракций витринитом, который при обычных условиях значительно меньше попадает в мелкие фракции следует объяснять разрушением вещества на микроуровне вплоть до молекулярного.

В результате петрографических исследований в «Порошке» зафиксировано снижение содержания инертинита во фракции <0,05мм. (33% - вместо 51% наблюдавшихся в пробе «Кусок»). И именно отсутствием вещества (вследствие деструкции) можно объяснить резкое уменьшение содержания инертинита во всех фракциях и одновременное повышение выхода летучих. Если допустить, что частицы инертинита измельчены до размера менее 1 мкм, (при которых мацералы уже не идентифицируются петрографическими методами) то присутствие не измененного вещества инертинита, даже в таком измельченном состоянии, было бы учтено при определении выхода летучих. Отсюда следует вывод,

что во время выброса прошла деструкция угольного вещества, то есть разрушение высокомолекулярных углеводородных соединений с изменением химического состава и образованием газов.

Доказано [1, 4–6], что структурные превращения в высокомолекулярных соединениях проходят по свободно-радикальному механизму [7, 8]. В результате подобных реакций всегда образуются новые, меньше по размеру радикалы, которые в свою очередь вступают в соответствующие реакции с образованием низкомолекулярных соединений. Подобные процессы характерны для боковых алифатических групп. Эти теоретические представления хорошо отвечают закономерному росту концентрации ПМЦ в угле с повышением степени углефикации.

Другая физическая природа парамагнетизма присущая сопряженным системам, то есть двойным связям между атомами углерода C=C. Такие структурные элементы характерные в большей степени для конденсированной ароматической составляющей угольного вещества. В сопряженной системе π -электроны делокализованы и принадлежат всей структурной единице [9]. При этом ширина сигнала ЭПР зависит от двух факторов – экстенсивного и интенсивного. Экстенсивный – это количество двойных связей в сопряженной системе, а интенсивный – это степень взаимодействия в самой системе и между подобными соединениями.

В таблице 2 приведены результаты оценки парамагнитных свойств угольного вещества проб «Порошок» и «Кусок» (по классам крупности частиц) отобранных на шх. Краснолиманская.

Таблица 2–Результаты оценки парамагнитных свойств проб угля (Шх. Краснолиманская. Выброс угля и газа)

Проба	Класс крупности	Выход летучих, V^{daf} , %	Конц. ПМЦ, $N \cdot 10^{19} \Gamma^{-1}$	Коэфф. пасс. $K_{пас}$	Пределн. сорбц. способн. $\alpha, \Gamma/\text{см}^3$	Период стаб. сигнала $T, \text{сек}$	Ширина сигнала $\Delta H, \text{Э}$	Отнош. интенс, $N_{cc}/N_{рад}$
КУСОК	0,20-0,16	31,39	3,21	44,7	12,9	82,1	5,60	1,24
	0,16-0,10	30,59	3,32	51,4	15,3	52,6	5,65	0,95
	0,10-0,08	29,54	3,40	56,6	17,3	32,8	4,95	0,87
	0,08-0,063	28,81	3,46	58,9	18,3	22,0	4,54	0,70
	0,063-0,05	25,37	3,27	62,2	18,3	16,2	4,33	0,61
	< 0,05	22,46	3,54	68,0	21,6	12,8	4,00	0,47
ПОРОШОК	0,20-0,16	34,65	2,18	48,9	9,5	33,5	6,61	1,05
	0,16-0,10	35,58	2,16	48,9	9,5	33,7	6,85	1,05
	0,10-0,08	34,51	2,16	51,0	9,9	24,2	6,42	0,96
	0,08-0,063	31,38	2,16	53,8	10,6	17,7	5,98	0,86
	0,063-0,05	32,80	2,37	54,5	11,6	14,5	5,67	0,83
	< 0,05	30,97	2,27	56,2	11,4	10,4	5,30	0,78

Анализ результатов измерений методом ЭПР необходимо проводить по классам крупности частиц одной пробы и по одинаковым фракциям между двумя пробами. По разнице между значениями показателей определенных по одному классу крупности частиц, но разных проб, можно судить о наличии структурных трансформаций в молекулярном строении угля, вызванных внезапным выбросом.

Из анализа таблицы видно, что концентрация парамагнитных центров в веществе «Порошок» приблизительно на 20% меньше чем в соответствующих фракциях пробы «Кусок». Исчезновения ПМЦ свидетельствуют о структурных превращениях именно на молекулярном уровне.

Ширина спектра ЭПР (ΔH) вещества принимавшего участие выбросе, больше по всем парам фракций. Это, во-первых, подтверждает данные петрографии о перераспределении инертинита, которому присущий более узкий спектр ЭПР, а во-вторых, свидетельствует о снижении структурированности вещества в процессе выброса. В частности, в процессе выброса уменьшились размеры систем сопряжения, и снизилась степень их взаимодействия [10, 11]. В комплексе эти данные подтверждают предположение о физико-химических превращениях в угольном веществе, которые произошли во время газодинамического явления.

Для каждой отдельно взятой пробы наблюдается снижение значений показателя ΔH с уменьшением класса крупности зерен, то есть структурированность вещества повышается. Этот факт видимо, является следствием дополнительных потерь алифатической составляющей мелкими фракциями в процессе выброса.

Существенные изменения ширины сигнала подтверждает ранее сделанные предположения относительно путей релаксации угольным веществом приобретенной энергии через изменение природы связей, то есть через структурные трансформации на микроуровне. Преобразования приводят к уменьшению размеров систем сопряжения и степени их взаимодействия. Изменения происходят как в конденсированной ароматической составляющей, так и в алифатических боковых группировках, что приводит к упрощению молекулярного строения угля и выделению флюидов.

С позиции физико-химических процессов деструкции вещества в процессе внезапного выброса, легко объяснить повышение выхода летучих в пробе «Порошок». При деструкции угля, в качестве промежуточного продукта реакций, от макромолекул отделились алифатические соединения, размер которых характерен для «летучих веществ» с соответствующими физико-химическими свойствами.

В таблице 2 также приведены результаты оценки кинетических характеристик процесса взаимодействия угля и газа при повышении давления. Сравнительный анализ результатов измерений между двумя пробами также дает основание утверждать, что вещество «Порошок» существенно нарушено (уменьшение более чем в два раза показателя нарушенности $-T$) [10]. Вместе с тем по всем фракциям этой пробы уменьшился процент ПМЦ способных к взаимодействию с газом ($K_{\text{нас}}$). С учетом снижения концентрации ПМЦ для этой пробы

следует утверждать, что это вещество в значительной мере лишено способности к превращениям, его внутренняя энергия потеряна во время выброса.

Приведенные в этой же таблице данные по расчетному показателю предельной сорбционной способности – α показывают низкую сорбционную способность вещества разрушенного в процессе выброса [11]. В обеих пробах малые классы крупности частиц обогащены инертинитом, который обладает более сильными сорбционными свойствами, чем витринит. Но в пробе «Порошок» вещество деструктировано, а «Куске» структура и сорбционные свойства мацералов сохранены.

По результатам эксперимента с изменением давления в системе уголь-газ, спектр ЭПР угольного вещества был разделен на две составляющие; широкую – отождествляемую с ПМЦ радикального типа в алифатических цепочках, и узкую которую принято соотносить с полисопряженными системами, присущими ароматической составляющей [12]. Таким образом, отношение интенсивностей спектров узкой и широкой составляющих позволяет оценить методом ЭПР относительное содержание ароматических соединений в веществе, то есть степень ароматичности угольного вещества.

Также в таблице 2 приведены рассчитанные по результатам экспериментов методом ЭПР значения степени ароматичности исследуемых проб. Полученные результаты хорошо согласуются с выводами о физико-химическом разрушении алифатической составляющей угля. В пробе «Кусок», вещество которой не принимало участия в выбросе, с уменьшением класса крупности отношение интенсивностей узкой и широкой составляющих уменьшается, то есть содержание алифатических цепочек возрастает.

В пробе «Порошок», претерпевшей физико-химическое разрушение, при сохранении той же тенденции, изменения показателя менее существенные, а абсолютные значения степени ароматичности во всех фракциях выше, кроме фракции 0,2-0,16мм в которой уголь претерпел минимальные разрушения в процессе выброса.

Проведенные исследования характера разрушения углей при газодинамическом явлении показали, что в процессе внезапного выброса параллельно проходят: разрушение угольного пласта, препарация мацералов и деструкция вещества на молекулярном уровне. В процессе выброса меняются физико-механические свойства угольного вещества и выделяются низкомолекулярные соединения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саранчук В.И. Надмолекулярная организация, структура и свойства угля / В.И. Саранчук, А.Т. Айруни, К.Е. Ковалев. – К.: Наук. думка, 1988. – 192 с.
2. Гюльмалиев А.М. Теоретические основы химии угля / А.М. Гюльмалиев, Г.С. Головин, Г.С. Гладун. – М.: МГУ, 2003. – 556 с.
3. Поляшов А.С. Распределение петрографических микрокомпонентов в порошкообразных углях / А.С. Поляшов, В.И. Барановский // Уголь Украины. – 1987. – № 10. – С.24.
4. Нестеренко Л.Л. Основы химии и физики горючих ископаемых / Л.Л. Нестеренко, Ю.В. Бирюков, В.А. Лебедев. – К.: Вища школа, 1987. – 359с.
5. Саранчук В.И. Физико-химические основы переработки горючих ископаемых / В.И. Саранчук, В.В. Ошовский, Г.А. Власов. – ДонГТУ, Східний видавничій дім, 2001. – 304 с.

6. Касаточкин В.И. Строение и свойства природных углей. / В.И. Касаточкин, Н.К. Ларина.– М.: Наука, 1975.– 158 с.
7. Нонхибел Д. Химия свободных радикалов / Д. Нонхибел, Дж Уолтон. – М.: Мир, 1977.– 606 с.
8. Барамбойм Н.К. Механохимия высокомолекулярных соединений / Н.К. Барамбойм.– М.: Химия, 1978.– 384 с.
9. Любченко Л.С. Магнитные свойства полимеров с системой сопряженных связей 1. Экспериментальное исследование собственного парамагнетизма методом электронного парамагнитного резонанса / Л. С. Любченко, М.А. Кожушнер // Журнал физической химии.– 1988.– Т.62.–№ 9.– С. 2308 – 2324.
10. Бурчак А.В. Кинетические характеристики системы уголь-газ как критерии состояния структуры угольного вещества / А.В. Бурчак // Геотехническая механика.– Днепропетровск.– 2006.– Вып.67.– С.115 – 121.
11. Лукинов В.В. о возможности оценки сорбции выбросоопасных углей Донбасса методом электронного парамагнитного резонанса / В.В. Лукинов, В.А. Гончаренко, А.В. Бурчак // Геотехническая механика.– Днепропетровск.–2000.– Вып.17.– С.104 – 109.
12. Алексеев А.Д. Радиофизика в угольной промышленности / А.Д. Алексеев, В.Е. Зайдерванг, В.В. Синолицкий, Е.В. Ульянова.– М.: Недра, 1992.– 184 с.

УДК 531.3:621

В.Ф. Куница, аспирант (НГУ)

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ГРОХОТА

С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ РАБОЧЕГО ОРГАНА

Стаття присвячена динамічним розрахункам грохоту з просторовими коливаннями робочого органу. Приведені його амплітудно-частотні характеристики. Отримані залежності коефіцієнта вібропереміщення по ширині грохота від параметрів розташування приводу

FEATURES OF DYNAMICS OF SCREEN WITH SPACIAL VIBRATIONS OF WORKING ORGAN

Article is devoted dynamic calculations of a screen with spatial vibrations of working organ. Its gain-frequency characteristics are resulted. Dependences of coefficient of vibromoving on width of a screen from parameter the location of drive are received

В последнее время с разработкой новых технологий увеличился объем переработки мелкодисперсных материалов. Это привело к тому, что существующие грохота не могут обеспечить необходимую эффективность разделения. Поэтому усовершенствование существующих и разработка новых типов классифицирующих аппаратов применительно к требованиям новых технологий является задачей важной и актуальной.

Цель работы – повышение эффективности разделения мелкодисперсных материалов за счет выбора рациональных динамических параметров грохота с пространственными колебаниями рабочего органа.

Научная задача – путем изменения геометрических параметров грохота и места установки вибровозбудителя получить зависимости позволяющие проследить изменение характера движения рабочей поверхности, что обеспечит получение рациональных параметров движения материала по рабочей поверхности.

Отличительной особенностью классификации мелкодисперсных материалов от обычной классификации по крупности 5 и более миллиметров, является то,