

световода необходимо подать энергию, на порядок превышающую указанную выше, т.е. $W \sim 100$ мкДж. Поэтому $E_s \sim 1,3 \cdot 10^4$ Дж/м², что значительно ниже прочности жгутовых световодов – $2,0 \cdot 10^5$ Дж/м².

Выводы

На основе разработок высокочувствительных к лазерному импульсу взрывчатых составов экспериментально доказана принципиальная возможность построения оптической системы инициирования зарядов ВВ.

Сформулированы основные требования, соблюдение которых необходимо для построения промышленной ОПСИН.

На основе экспериментальных исследований уточнены параметры оптических элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Густафссон Р. Шведская техника взрывных работ. – М.: Недра, 1977. – 264 с.
2. Барон В.Л. Техника и технология взрывных работ в США / В.Л. Барон, В.Х. Кантор. – М.: Недра, 1989. – 376 с.
3. Шиман Л.Н. Опыт применения неэлектрической системы инициирования «ПРИМА-ЕРА» для взрывания скважинных зарядов взрывчатых веществ на нерудных и рудных карьерах / Л.Н. Шиман, Е.Б. Устименко, Л.И. Подкаменная, И.П. Терещенко // Вестник КГПУ имени Михаила Остроградского. – 2007. – №5. С. – 87–90.
4. Закусило Р.В. Состояние разработки безопасной неэлектрической системы инициирования. Исследования по разработке рецептуры полимерной трубки волновода / Р.В.Закусило, А.А.Желтоножко // Сборник научных трудов Национального горного университета. – 2003. – №18. – С. 42–50.
5. Бибик И.П. Особенности неэлектрических систем инициирования скважинных зарядов / И.П. Бибик, Т.П. Кустиков, С.С. Коломников // Горный вестник Узбекистана. – 2003. – № 3. – С. 55–57.
6. Sobolev V. OPSIN – a new system of blast-hole change blasting in explosives / V. Sobolev, A. Chernay, N. Studinski // 5-th International symposium on mine planning and equipment + selection. San Paulo. – Brazil, 1996. – P.441–443.

УДК 622.023:539.217.5

Соболев В.В., д.т.н., проф., Халимендик А.В., студ., каф. СГМ, НГУ, г. Днепрпетровск, Украина

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НАНОСТРУКТУРЕ УГЛЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СЛАБОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Введение. Обеспечение промышленности Украины качественными энергоносителями главным образом связано с использованием углей и продуктов их переработки. Следовательно, перспективным является переработка углей различных марок в другие виды топлива и прочие продукты.

Актуальным являются решения, связанные с проблемой газодинамических явлений в шахтах, возникающих на стадии добычи угля.

Переработка угля в другие виды энергоносителей и способы борьбы с газодинамическими явлениями можно условно рассматривать как решение одной физико-химической задачи, имеющей два противоположных по своей сути конечных результата. В

первом случае необходимо организовать процесс деструктуризации угольного вещества, а во втором – имитировать процесс "углефикации" для создания угольногазовой системы с большей степенью устойчивости. И в первом, и во втором случаях одними из основных параметров обработки рассматриваются электромагнитные поля слабых напряженностей.

Цель работы – экспериментально установить особенности фазовых превращений в образцах каменного угля при воздействии магнитного поля.

Материалы и методика исследований. В экспериментах использовался каменный уголь марки Г, отобранный из верхней пачки пласта I_3 (горизонт 500 м; крыло I_2 ; конвейерный штрек 2-ой южной лавы) шахты "Пионер" ГХК "Добропольеуголь". Также был использован уголь шахты "Алмазная" этой холдинговой компании. Образцы готовились из угля, измельченного до фракций 163/125 мкм. Масса образцов не превышала 1,3 г. Магнитное поле в образце возбуждалось проходящим током через катушку нагрева [1]. Напряженность магнитного поля по расчету составляла ~ 240 А/м. Максимальная температура нагрева до 120°C . Ограничение температуры обусловлено, во первых, необходимостью преимущественного влияния магнитного поля, а не температуры; во вторых – с целью исключения течения возможных реакций в органической массе угля, активированных нагревом. Время непрерывной обработки проб угля составляло 4, 24 и 60 ч. Условия и параметры экспериментов приведены в табл. 1. Значение величины напряженности магнитного поля во всех опытах составляло ~ 240 А/м; напряженности электрического поля около 300 В/см. Стабилизация напряжения (U_{\max} = от 30 до 300 В) и величина электрического тока ($I_{\max}=0,3$ А) осуществлялась установкой указанных значений на источнике питания Б5-50. Для оценочных исследований угольного вещества использовался спектрометр ЭПР "Минск – 21М". Амплитуда сигналов записывалась двухкоординатным самописцем типа ПДП-4, применяемым для записи спектров.

Рентгенометрические исследования проводились с использованием установки ДРОН-3м с приставкой для вывода результатов на ПК. Съемка проводилась методом Дебая–Шерера. Использовалось фильтрованное CuK_α - и CoK_α -излучение. Образцы угля представляли собой темный порошок. Порошок угля смешивался с техническим вазелином и наносился на стандартную кювету слоем, имеющим толщину 0,5 мм и площадью 2–3 см².

Обсуждение полученных результатов. Результаты исследования ЭПР угля приведены в табл. 2. В опытах 1–3 значения относительной интенсивности ($I_{\text{отн}}$) сигнала ЭПР имеют для не обработанных образцов (эталон) и образцов угля после простого нагрева (№ 55) одни и те же значения. Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что при данных параметрах в образцах угля не возникли новые центры, т.е. заметные химические реакции с образованием парамагнитных ионов (радикалов) не протекали. В опытах 1-3 увеличение $I_{\text{отн}}$ составило 24%; в опытах 4-8 (обработка 4 и 24 часа) – 45% и 60% соответственно. При 60 часовой обработке $I_{\text{отн}}$ увеличилась на 35%. Практически во всех углях фиксируется увеличение плотности сигнала ЭПР. Можно предположить, что магнитная обработка увеличила степень упорядоченности структуры (кристалличности) угля.

В исходных углях содержатся различные радикалы. Воздействие внешнего магнитного поля способно изменить направление спинов электронов в атомах углерода и стимулировать образование (или достраиванию) кристаллических углеродных структур – двумерных углеродных структур, углеводородных цепочек. В последнем случае общая концентрация радикалов увеличивается.

Результаты расчета дифрактограмм угля приведены в табл. 3 и 4. В целом дифрактограммы имеют два размытых максимума (гало), типичных для каменных углей и антрацита как наноструктурных систем. При этом, первый максимум (I) расщепляется на два: I_1 и I_2 . Как видно, максимумы I_1 в образцах угля 1 и 2 соответственно приходятся на углы θ 19,3 град и 18,8 град.. Максимумы I_2 в исследованных углях образцов 1 и 2

соответствуют углам 23,7 град и 23,9 град; максимум II приходится на углы 40,7 град и 39,4 град.

Таблица 1
Условия проведения экспериментов и параметры обработок угля марки Г при воздействии магнитного поля

№ образца	Электрическое сопротивление, Ом		Температура обработки, К	Напряжённость магнитного поля, А/м	Время обработки, час	Условия обработки
	начальное	конечное				
55	-	-	до 420	-	5	уголь "Алмазная"; простой нагрев
88	10 ⁴	10 ⁰	до 420	280	4	магнитное поле
эталон 1	-	-	300	-	-	исходный; уголь ш."Пионер"
4; 42	0,58	0,75	395	240	4	магнитное поле
7; 45	0,44	0,4	395	240	24	магнитное поле
эталон 2	-	-	300	-	-	исходный
37;31;51	0,44	0,54	395	240	60	магнитное поле

Таблица 2

ЭПР углей после обработки в магнитном поле

№ опыта	№ обр.	Масса навески, мг	Интенсивность, мм			Условия обработки
			абсолютная	Относительная	усреднённая	
1	эталон	9,4	102	10,9	10,9	исх. уголь ш."Алмазная" нагрев до T=420 К (5 час).
2	55	11,0	120	10,9		
3	88	7,5	101	13,6	13,6	в МП τ=4 часа при T=420К
4	эталон 14	10,5	102	9,7	10,5	исх. уголь ш."Пионер"
5	эталон 27	12,5	139	11,2		
6	42	9,4	143	15,2	15,2	МП, τ=4 часа при T=400К
7	7	10,5	182	17,33	16,86	МП, τ=24 часа при T=400К
8	45	11,1	182	16,4		
9	37	10,8	148	13,7	14,2	МП, τ=60 час. при T=400К
10	31	10,2	150	14,7		
11	51	10,6	151	14,25		

Наличие расщепления первого максимума на два (I_1 и I_2) указывает на существование двух аморфных фаз с различными функциями радиального распределения. Как считают авторы работы [2] максимум I_1 принадлежит графитоподобной структуре, а I_2 – углеводородной. Уширение или полуширина максимумов отражает степень упорядоченности структуры: чем меньше уширение, тем большей упорядоченностью обладает структура.

После обработки в магнитном поле соотношение долей аморфных фаз разного вида существенно изменилось по сравнению с данными исходного образца. В результате обработки количество углеводородов снизилось, а графитоподобных фаз увеличилось. В углях появляются кристаллиты графитоподобных фаз, в основном, двумерные зародыши (графены). По сравнению с исходной структурой наблюдается не только упорядочение периодичности в расположении частиц, но и образование новых кристаллических структур, о чём свидетельствует форма и максимальное значение интенсивности линий.

Интерпретация полученных результатов может быть следующей. В углях марки Г действие магнитных полей стимулирует встраивание радикалов в структуру углеродсодержащих фаз. При этом увеличивается интенсивность основного максимума.

Таблица 3

Результаты расчета дифрактограмм угля для максимума I

Номер и наименование образца	Максимум (гало), I ₁					Максимум (гало), I ₂				
	Положение максимума		Узкие линии		Полуширина	Положение максимума		Узкие линии		Полуширина
	θ , град	d_1 , нм	θ , град	d_{11} , нм		θ , град	d_1 , нм	θ , град	d_{12} , нм	
1. Уголь марки Г (без обработки)	19,3	0,459	21,9	0,405	6,83	23,7	0,375	24,2	0,366	–
2. Уголь марки Г (после обработки в МП)	18,8	0,471	21,2	0,413	5,93	23,9	0,372	23,5	0,373	–

Таблица 4

Результаты расчета дифрактограмм угля для максимума II

Номер и наименование образца	Максимум (гало) II				
	Положение максимума		Узкие линии		Полуширина максимума
	θ , град	d_2 , нм	θ , град	d_{22} , нм	
1. Уголь марки Г (без обработки)	33,2	0,268	33,3	0,260	–
2. Уголь марки Г (после обработки в МП)	32,6	0,273	32,6	0,264	–

Выводы

Проведены исследования превращений в образцах угля марки Г после обработки слабыми магнитными полями при температурах от 40°C до 120°C. Исследования показали, что химические реакции, протекающие в угольном веществе, направлены главным образом на рекомбинацию свободных радикалов с активными поверхностными состояниями органической массы угля (о чем свидетельствуют полученные дифрактограммы и данные ЭПР) и в устойчивые молекулы газа.

Влияние магнитного поля на систему “органическая масса угля – радикалы”, кроме стимулирования магнитного сценария межрадикальных реакций, приводит к стабилизации и росту углеродных структур с регулярным расположением атомов.

Практическое применение полученных результатов по магнитной обработке угля может быть непосредственно связано с созданием нового способа подавления выбросоопасного состояния в углях. Установленный эффект может быть использован при моделировании процесса углефикации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соболев В.В. Образование новых фаз в измельченном кальците с добавками кремния при нагревании и пропускании электрического тока // Минералогический журнал. – 2008. – №4. – С. 25–32.
2. Рентгеноструктурные исследования строения природных углей / А.Д. Алексеев, Г.Е. Шаталова, Е.В. Ульянова, С.Е. Дегтярь // Сб. научн тр. Национального горного университета.–2003.–1, №17.–С. 26–30.