

ВЛИЯНИЕ ВИДА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАНА В УГЛЕ ПРИ ЕГО РАЗРУШЕНИИ

д.т.н. Ревва В.Н., к.ф.-м.н. Ульянова Е.В., инж. Бачурин Л.Л., асп. Кольчик И.Е. (ИФГП НАН Украины)

Здійснена оцінка впливу виду напруженого стану на сорбційні властивості вугілля при його руйнуванні в умовах об'ємного нерівно-компонентного стиснення.

INFLUENCE OF TYPE OF THE TENSE STATE ON THE PHASE STATE OF METHANE IN CORNER AT HIS DESTRUCTION

Revva V.N., Ul'yanova E.V., Bachurin L.L., Kolchik I.E.

The effects of stress condition on sorption properties of coal are determined for the case of coal fracture under true triaxial compression.

Горные породы, в отличие от других твердых тел, имеют свои специфические особенности, связанные с дефектностью, неоднородностью, гетерогенностью среды и действием в горном массиве, особенно в окрестности горных выработок, неравнокомпонентного объемного поля сжимающих напряжений.

При разработке способов прогноза и управления состоянием горного массива необходимо учитывать указанные особенности горных пород.

Большое влияние на физико-механические свойства угля оказывают флюиды, в том числе метан, находящийся в нем в разном фазовом состоянии. Поскольку уголь в массиве находится в условиях неравнокомпонентного объемного сжатия весьма актуальным является исследование влияния неравнокомпонентности напряженного состояния, характеризуемой видом напряженного состояния μ_σ (параметр Лоде-Надаи), на фазовое состояние метана в нем при разрушении.

В результате экспериментальных исследований образцов углей на установке неравнокомпонентного трехосного сжатия УНТС [1] были установлены закономерности изменения вида деформационного состояния

$$\mu_\varepsilon = 2 \left(\frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - \varepsilon_3} \right) - 1 \text{ от вида напряженного состояния } \mu_\sigma = 2 \left(\frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} \right) - 1$$

при их разрушении в условиях неравнокомпонентного объемного сжатия, где впервые установлено, что в условиях объемного неравнокомпонентного сжатия углей наименее энергоемким является обобщенный сдвиг, а обобщенный отрыв энергетически невыгоден.

Флюиды, находящиеся в поровом пространстве углей, оказывают физико-механическое и чисто механическое влияние на их прочность и пластичность.

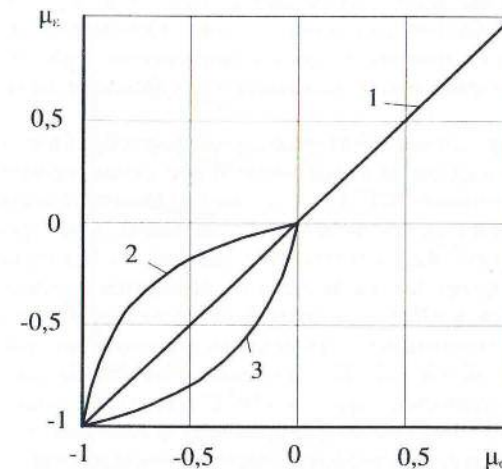
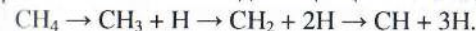


Рис. 1. Зависимость вида деформационного состояния от вида напряженного состояния при разрушении образцов углей на УНТС: 1 – теоретическая прямая; 2 – при нагружении; 3 – при разгрузке.

Физико-химическое влияние (эффект Ребиндера) [3 - 5] объясняется адсорбцией флюида на внутренних поверхностях, что приводит к уменьшению свободной энергии на границе фаз. Уменьшение поверхностной энергии понижает параметр прочности в связи с пластической деформацией, обусловленной скоплением дислокаций на границах кристалл – флюид. Пластифицирование вызывается облегчением выхода дислокаций на поверхность, охрупчивание – блокированием дислокаций, выходящих на поверхность или к границе трещин.

Адсорбция неполярных адсорбатов, в том числе метана, происходит на наиболее активных центрах (оборванных связях). На поверхности твердых тел обнаруживаются все углеродно-водородные фрагменты, отвечающие различным степеням диссоциации метана [6]



Молекулы, участвующие в физической адсорбции за счет сил Ван-дер-Ваальса, никогда не диссоциируют, поэтому можно предположить, что метан может также хемсорбироваться на поверхности угля.

Наряду с физико-химическим эффектом в этих же условиях проявляется и механический эффект давления поровых флюидов, наиболее резко влияющий на деформацию углей. При внешнем сжатии уменьшение объема пор приводит к возникновению давления флюида, которое действует перпендикулярно поверхности зерен. Давление порового флюида уменьшает нормальное напряжение, но не оказывает влияния на касательные напряжения, что, в конечном счете, приводит к охрупчиванию среды.

Для оценки влияния вида напряженного состояния на фазовое состояние метана в угле при его разрушении на УНТС были проведены экс-

периментальные исследования по деформированию образцов углей марки КЖ (шахта им. А.Ф. Засядько, пласт m_3 , гор. 1300 м) при объемном неравнокомпонентном сжатии вплоть до их разрушения. При этом моделировалось два вида напряженного состояния – обобщенное сжатие и обобщенный сдвиг.

Пробы разрушенного материала угольных образцов, на которых моделировались разные виды напряженного состояния, помещались в систему высокого давления (СВД). СВД состоит из баллона с метаном емкостью 2 л, манометра и контейнеров высокого давления, в которые помещаются стеклянные ампулы. Контейнеры изготовлены из бериллиевой бронзы с уплотнением из фторопласта. В баллоне находится очищенный сухой метан под давлением 8 МПа. Для сравнения исследования производились на образцах углей, которые не подвергались разрушению при объемном неравнокомпонентном сжатии. Исследуемые угли измельчались до фракций 0,1 – 1 мм и высушивались при $T = 110^0$ С в течение 1 часа. Затем каждую пробу угля засыпали в стеклянную пробирку диаметром 10 мм и помещали в СВД, позволяющую регулировать давление насыщающего газа (метана) в пределах 0,1 – 8 МПа.

Затем, используя насос ВН-461, СВД подвергали вакуумированию в течение получаса, что исключало влияние кислорода, адсорбированного на угольных образцах. После этого пробы углей насыщались метаном при давлении 4 МПа в течение 10 дней. Далее пробы поочередно помещались в контур ЯМР – спектрометра широких линий. По уменьшению интенсивности узких линий I_1 спектрометров ЯМР можно проследить скорость десорбции метана из образцов углей [7]. Интенсивность широких линий I_2 спектров ЯМР углей для данной марки оставалась неизменной. Зависи-

мость $\frac{I_1}{I_2}$ от времени характеризует скорость десорбции исследуемых образцов (рис. 2). Откуда видно, что максимальное количество метана сорбирует уголь не подверженный действию объемного неравнокомпонентного сжатия. Скорость его десорбции невелика – за сутки уголь теряет около 35 % сорбированного метана. Уголь после разрушения в условиях объемного неравнокомпонентного сжатия при виде напряженного состояния, соответствующему обобщенному сжатию, сорбирует только 85 % метана (по сравнению с исходным углем) и за сутки теряет около 55 % метана. После разрушения угля при виде напряженного состояния, соответствующему обобщенному сдвигу, он обладает минимальной сорбционной способностью: сорбирует только 60 % метана (по сравнению с сорбированным метаном в исходном угле), а десорбирует за сутки 65 % метана (по сравнению с первоначально сорбированным количеством) [8].

Таким образом, сорбционная способность угля, подверженного разрушению в условиях объемного неравнокомпонентного поля сжимающих напряжений при виде напряженного состояния, соответствующем сдвигу, наименьшая, а скорость десорбции – наибольшая. Изменение сорбционных свойств угля после разрушения позволяет сделать вывод о том, что в его структуре происходят изменения не только на макро-, но и на микроуровне – происходит уменьшение сорбционных центров. Наибольшее изменение в

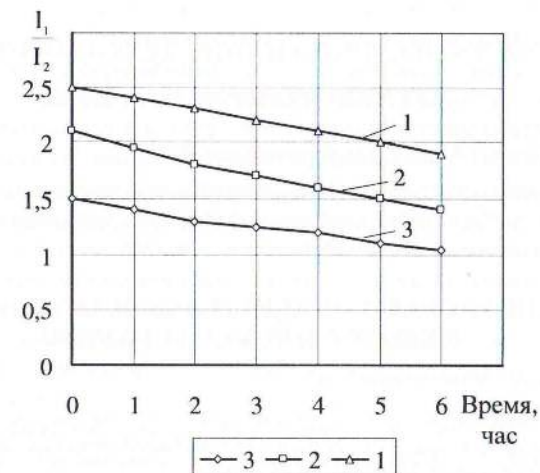


Рис. 2. Зависимость от времени отношения интенсивностей линий спектров ЯМР метанонасыщенных образцов углей: 1 – исходный уголь (не деформированный); 2 – после обобщенного сжатия; 3 – после обобщенного сдвига.

структуре углей при разрушении его в объемном неравнокомпонентном поле сжимающих напряжений происходит при виде напряженного состояния, соответствующем обобщенному сдвигу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А.Д., Недодаев Н.В. Предельное состояние горных пород. – Киев: Наукова думка. – 1982. – 200 с.
2. Алексеев А.Д., Ревва В.Н., Рязанцев Н.А. Разрушение горных пород в объемном поле сжимающих напряжений. – Киев: Наукова думка. – 1989. – 168 с.
3. Баррет Ч.С. Хрупкое разрушение // Атомный механизм разрушения. – М.: Металлургиздат. – 1963. – С. 401 – 410.
4. Вествуд А., Прис К., Камбар М. Хрупкое разрушение в среде жидкого металла // Разрушение. – М.: Мир. – 1976. – т. 3. – С. 202 – 212.
5. Лихтман В.И., Щукин Е.Д., Ребиндер П.А. Физико-химическая механика металлов. – М.: Изд. АН СССР, -1982. - 303 с.
6. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. – М.: Мир, 1980. – 488 с.
7. Алексеев А.Д., Зайденварг Е.В., Синолицкий В.В., Ульянова Е.В. Радиофизика в угольной промышленности. – М.: Недра. – 1992. – 186 с.
8. Алексеев А.Д., Ревва В.Н., Ульянова Е.В. Влияние давления на сорбционные свойства углей // ФТВД. – 2001. – т. 11. - № 1. – С. 9 – 11.