

ПОРИСТАЯ СТРУКТУРА СРЕДНЕМЕТАМОРФИЗИРОВАННОГО ИСКОПАЕМОГО УГЛЯ

д.т.н. Алексеев А.Д., к.ф.-м.н. Василенко Т.А., к.т.н. Слюсарев В.В.,
к.ф.-м.н. Васильковский В.А. (ИФГП НАН Украины)

В статті були представлені дослідження пористої структури вивіреного вугілля декількома незалежними методами, а так само пористої структури, зруйнованої високим тиском до 1,6 ГПа. Отримані різними методами значення пористості близькі і набагато вище за одержувані стандартними методами.

DYNAMICS OF MEDIUM METAMORPHIZED FOSSIL COAL POROUS STRUCTURE

Alexeev A.D., Vasilenko T.A., Slyusarev V.V., Vasilkovsky V.A.

Examinations of fossil coal porous structure and porous structure broken under high pressure up to 1,6 GPa by the several different methods represented in the paper. Porosity values determined by the different methods are close one to another and higher than values obtained by standard ones.

По структуре ископаемого угля, несмотря на огромное количество работ в этой области, не существует никакой единой теории. По наиболее общим представлениям, основанных на рентгеноструктурном анализе и электронной микроскопии, угли различных модификаций рассматриваются как системы, построенные из маленьких графитоподобных фрагментов (кристаллитов), беспорядочно ориентированных в объеме и цепной неароматической части [1, 2, 3].

Пористая структура ископаемого угля непосредственно связана с его внутренней структурой. На сегодняшний день можно считать доказанным наличие в структуре ископаемого угля пор размерного уровня 10^{-3} - 10^{-9} м. Методики определения пористости основанные на экспериментах измельчения и пикнометрии, дают чересчур неточные результаты, не учитывая закрытой пористости. Проблема закрытой пористости изучена с позиций адсорбции газов [4], разрушения высоким давлением [5] и методик малоуглового рентгеновского [6] и нейтронного [7] рассеяния.

Целью данной работы является исследование пористой структуры ископаемого угля несколькими независимыми методами, а так же пористой структуры, разрушенной высоким давлением до 1,6 ГПа.

Исследовались образцы ископаемого угля марки Ж (кокс), шахты им. Засядько, пласт l_1 . Пласт l_1 сложного строения, хрупкий, с включениями пирита, опасен по газу, суфлярным выделениям метана, взрывчатости угольной пыли, внезапным выбросам угля и газа. Качественная характеристика угля: Ad – 4,3-18,7 %; Sdt – 2,2-3,39 %; Vdaf – 27,6-35,4 %; W – 1-2 %. Природная газоносность пласта – 20-25 м³/т с.б.м.

Исследования пористости выполнялись пикнометрической методикой по ГОСТ 2160-92, методикой сорбции газов [4] и методом разрушения ископаемого угля высоким давлением [5]. Динамика газовыделения из нормального и разрушенного высоким давлением угля исследовалась при помощи метода десорбции метана в вакуумированный сосуд известного объема. Точность метода определяется точностью измерения объема сосуда и измерения давления газа, собранного в сосуде. Этот метод свободен от влияния влажности атмосферы воздуха и позволяет проводить измерения процесса десорбции длительное время. Чтобы исключить дополнительный варьируемый параметр – влажность, для опытов использовались предварительно высушенные образцы угля. Десорбция метана изучалась в углях измельченных до гранул 0,2-0,25 мм после насыщения их метаном в сорбционной камере при давлении газа 4 МПа.

Эксперименты по пикнометрии дали значение кажущейся плотности образцов $1,31 \text{ г/см}^3$, для действительной плотности – $1,37 \text{ г/см}^3$. Таким образом, величина открытой пористости для этого угля составляет 4,6%.

Результаты исследований по разрушению угольных образцов высоким давлением приведены на рисунке 1 в виде зависимости изменения плотности образцов от давления. Суммарная пористость, определяемая этим методом, составляет 26%. При этом значение плотности при максимальном давлении достигает $1,65 \text{ г/см}^3$.

Эксперимент по определению закрытой пористости изучаемых образцов дал следующие результаты – 23,5 %. На рисунке 2 приведена зависимость изменения давления метана в сорбционной ампуле от времени.

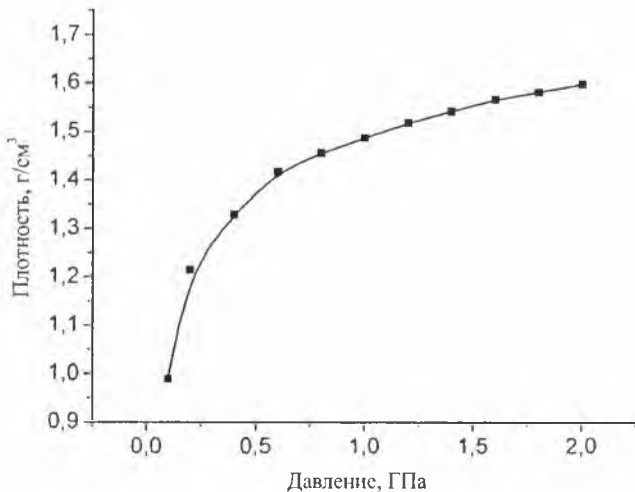


Рис. 1. Зависимость плотности угля от давления.

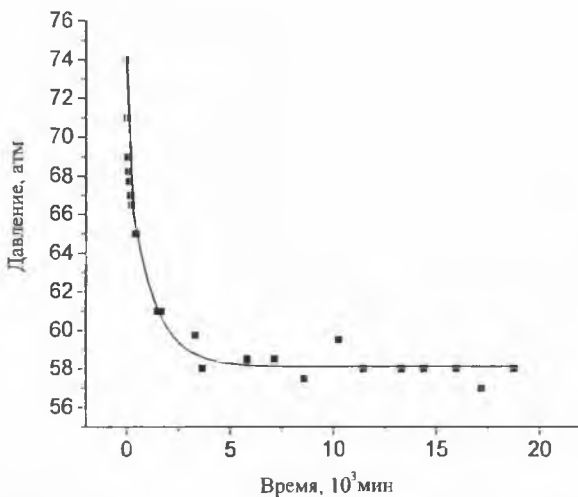


Рис. 2. Зависимость давления метана в сорбционной ампуле от времени насыщения.

Сравнивая значения общей пористости, полученные различными методами (26% и 23,5%+4,6%=28,1%), нетрудно заметить, что эти значения близки и гораздо выше получаемых стандартными методами.

Результаты измерений газовыделения из нормального и разрушенного высоким давлением угля представлены на рисунке 3.

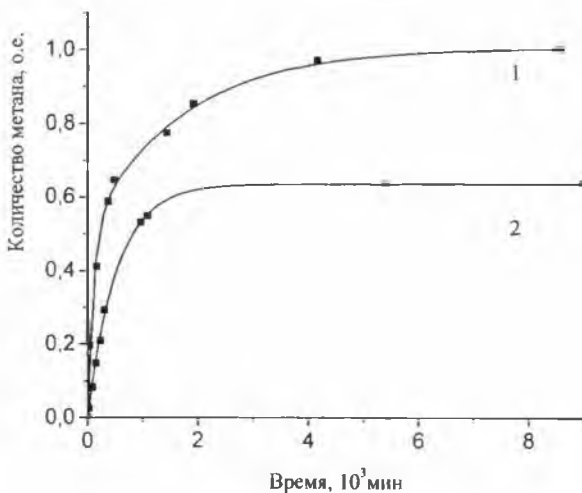


Рис. 3. Кинетика десорбции метана из угля: 1 – исходный образец; 2 – образец после обработки высоким давлением.

В исходном образце кинетика дегазации (кривая 1 на рисунке 3) такая же, как и во всех каменных углях, которые до настоящего времени были объектами исследований. Её особенность – невозможность описания хода изменения давления в накопительном сосуде в виде одной экспоненциальной зависимости. Это признак процессов, в которых в качестве составляющей присутствует не только диффузия, но и эффект фильтрации газа транспортными каналами (открытыми порами, трещинами) [8]. Действительно, истечение газа по фильтрационным каналам сопровождается появлением, так называемого, опорного давления в каналах, что ограничивает (“регулирует”) интенсивность газового потока, поступающего из закрытых пор углей. В ходе десорбции опорное давление изменяется (уменьшается), что обуславливает изменение показателя экспоненты. Для образца угля после его обжаривания характер десорбции (кривая 2 на рисунке 3) существенно изменяется. Как видно из рисунка, существенно уменьшается его сорбционная способность. Принимая во внимание диапазон приложенных давлений, можно предположить, что одним из результатов экстремальной деформации угля является уменьшение его закрытой пористости. К такому выводу можно прийти, если учитывать значительный вклад закрытой пористости угля в аккумуляцию метана [5].

Кинетика десорбции газа после обжаривания угля также изменилась: она удовлетворительно описывается одной экспоненциальной зависимостью. Это указывает на отсутствие или пренебрежимо малый вклад эффекта фильтрации газа вследствие разрушения трещиновато-пористой структуры образца. В качестве варианта объяснения этого явления можно предположить, что наряду с закрытой пористостью происходит также уменьшение пористости открытой, а образовавшиеся фильтрационные каналы имеют большой диаметр. В этом случае дегазация происходит путем диффузии молекул метана из угля или его десорбции с поверхности гранул.

Таким образом, значительно уменьшив пористость и естественную трещиноватость, мы после обжаривания, и последующей разгрузки образца угля, получили материал с другой, наведенной, проницаемостью. Сечение фильтрационных каналов, при этом, оказывается настолько большим, что наблюдение эффекта фильтрации становится невозможным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Касаточкин В.И., Ларина Н.К. Строение и свойства природных углей. М.: Недра, 1975, 159 с.
2. Shinn Y.N. From coal to single-stage and two-stage products: a reactive model of coal structure // Fuel. –1984. – V. 63, №9. –P. 1187-1196.
3. Oberlin A. High-Resolution TEM Studies of Carbonization and Grafitization // Chemistry and Physics of Carbon. – 1989. – V. 22. –P. 1-143.
4. Alexeev A.D., Feldman E.P., Vasilenko T.A. Alternation of methane pressure in closed pores of fossil coals. // Fuel 79 (2000). 939-943.

5. Слюсарев В.В., Василенко Т.А. Определение пористости ископаемого угля с учетом объема закрытых пор. // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк: о.о.о. “Апекс”. – 2002. - №5. – С. 79-86.
6. Василенко Т.А., Поляков П.И., Слюсарев В.В. Исследование физико-механических свойств углей при гидростатическом и квазигидростатическом давлении. // ФТВД, 2000, т. 10, №3.
7. Hall P.J., Antxustegi M., Ruiz W., Contrast-matching small-angle neutron scattering evidence for the absence of a connected pore system in Pittsburgh №8 coal // Fuel. –1998. –V. 77, №14. –P. 1163-1165.
8. Алексеев А.Д., Синолицкий В.В., Василенко Т.А., Сереброва Н.Н., Кирюков В.В., Козлитин А.А., Изотова И.А. Закрытые поры ископаемых углей. ФТПРПИ 1992 г., №2, с. 99-106