

УДК 622.83

ИЗУЧЕНИЕ РАСШИРЕНИЯ УГЛЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ЖИДКОСТЯМИ

Елкин И. С., к.т.н., доцент
Брыков Д. В., студент гр. ФПс-151, II курс
Киреев П. А., студент гр. ФПс-151, II курс
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Аннотация

Представлены результаты исследований по влиянию растворов поверхностно-активных веществ на процессы расширения и набухания угля.

Ключевые слова: уголь, смачиваемость, фильтрация, увлажнение, поверхностно-активные вещества, влажность.

С каждым годом происходит увеличение глубины отработки угольных пластов. Увеличение глубины закономерно приводит к увеличению активности газодинамических явлений, газоносности, газовыделения в подготовительные выработки [1, 2]. В связи с этим актуальным становится подробное изучение свойств угля, его структуры и их изменение при взаимодействии с газом, жидкостью при его увлажнении с целью разработки способов управления напряженным состоянием в краевой части угольного массива, где вероятность газодинамических явлений наиболее высока.

В связи с этим нами проведены исследования, целью которых являлось изучение процесса расширения угля при взаимодействии с различными жидкостями и растворами. В качестве жидких веществ были использованы: вода, растворы ПАВ (поверхностно-активные вещества) различной концентрации, раствор этилового спирта (до 20 %), раствор с поваренной солью, раствор серной кислоты (до 10%) и др. В качестве ПАВ использовали применяемый в горной промышленности смачиватель «Неолас». Концентрация в растворе ПАВ составляла до 1%. Объектом исследований были угли марок Д, Г, К с различной естественной влажностью и пористостью.

Схема разработанной нами исследовательской лабораторной установки для изучения расширения угля представлена на рис. 1.

Разработанная нами методика измерений заключается в следующем:

- 1) Отбирались образцы угля массой 50–150 г, из которых путем механической обработки изготавливались образцы угля в виде параллелепипеда;

- 2) Исследуемые образцы взвешивались на электронных весах и помещались в кювету;
- 3) На штативе закрепляли микрометр в рабочем положении;
- 4) Заполняли кювету исследуемой жидкостью;
- 5) С течением времени, через равные промежутки 1 – 2 мин фиксировали показания микрометра на протяжении 30 – 60 мин;
- 6) Измеряли массу образца после опыта;
- 7) Исходя из полученных данных, строились графические зависимости показаний микрометра от времени, используя Excel.

1. – Стрелочный индикатор, микрометр
2. – Кювета с жидкостью
3. – Образец угля
4. – Штатив
5. – Пластина

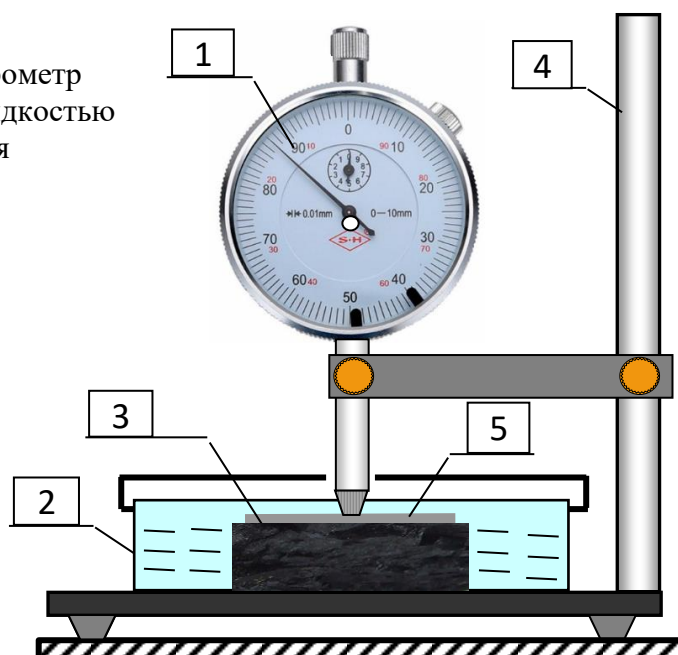


Рис. 1. Установка для исследования расширения угля

При фиксировании параметров расширения образца угля одновременно в конце опыта фиксировалось изменение массы образца за счет впитывания жидкости, приобретенная влажность в течение опыта.

На рис. 2 представлены зависимости изменения линейных размеров образцов угля от времени для различных жидкостей.

По результатам исследований можно отметить, линейное расширение угля хорошо аппроксимируется формулой вида

$$\frac{\Delta h}{h_0} = At^\lambda + B \quad (1)$$

или

$$\frac{\Delta h}{h_0} = A_1(1 - e^{-kt}), \quad (2)$$

где $h_0, \Delta h$ – начальная высота образца и его приращение в процессе расширения; A, A_1, B, λ, k – постоянные; t – время увлажнения.

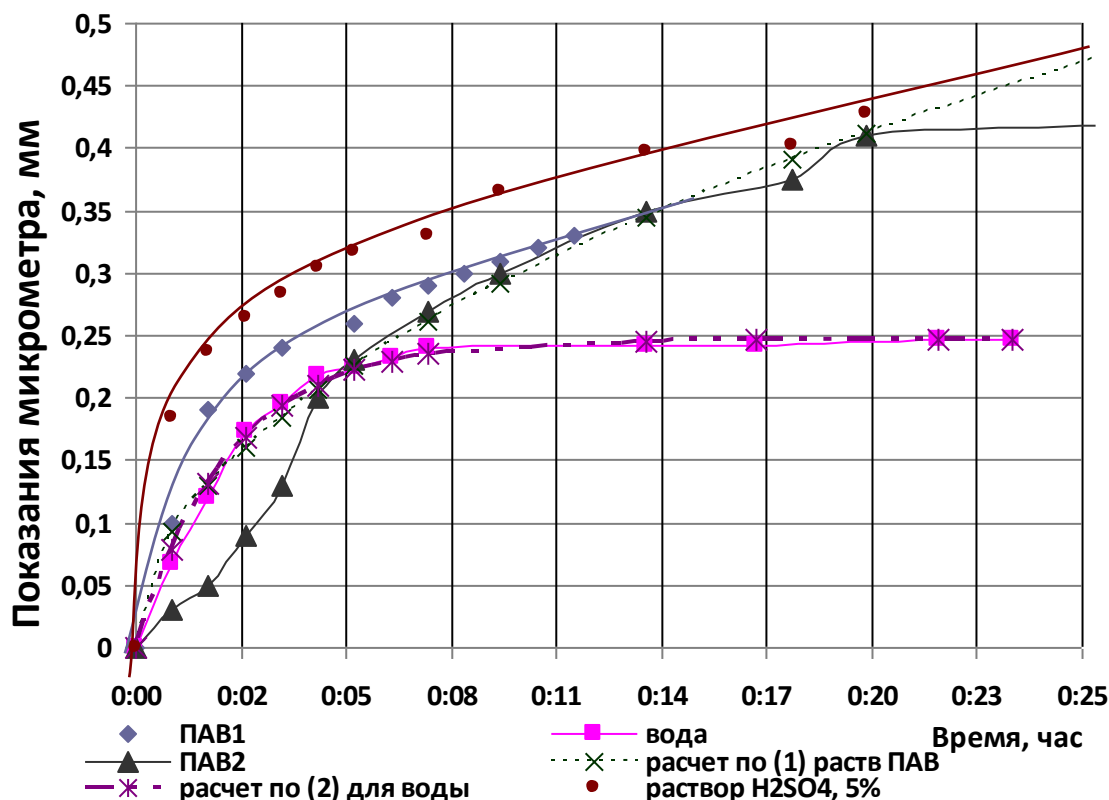


Рис. 2. Расширение угля при взаимодействии с жидкостями

При смачивании поверхности твердого тела образуется адсорбционная пленка на границе раздела фаз. Межфазные взаимодействия на границе раздела приводят к протеканию совокупности явлений: расклинивающее давление, эффект Ребиндера, заключающего в адсорбционном понижении прочности угля, изменение поверхностной энергии, действие сил Дерягина [3, 4, 5]. Наличие коллоидных веществ, находящихся в составе угля, приводит к процессу набухания угля [6].

Под действием капиллярных сил смачивания, происходит проникновение жидкости в капилляры угля.

Расклинивающие силы вызывают напряжения внутри угля направленные на его расширение и разрушение. Учитывая, что модуль упругости зависит от влажности можно сказать, что фиксируемое изменение размеров тела отражает также изменение его упругих величин.

По наблюдениям, при малой прочности угля, при прочности менее 1,1 по шкале Протодяконова, уголь при взаимодействии с водой и другими жидкостями быстро разрушался. Отсюда можно сказать, что влияние жидкости на изменение механических свойств имеет важное значение, определяемое силой, в зависимости от площади взаимодействующих фаз в соответствие с теорией Гриффитса [7, 8]. Действие сил расклинивания приводит к разрушению межкристаллических связей в угле, к его разрушению. Площадь межфазных взаимодействий будет определяться

капиллярными процессами, смачиваемостью. В этом случае на весь процесс будет оказывать существенное влияние значение краевого угла смачивания на границе раздела фаз.

Таким образом, существенным фактором в протекании рассматриваемого явления для угля является краевой угол смачивания, смачиваемость, способность жидкости проникать в микрокапиллярную структуру угля и затем производить работу по расширению. Опыты, проведенные на сухих образцах угля, для которых краевой угол смачивания составлял более 95° , показали низкую скорость расширения, напротив таких же образцов, но с влажностью 1%, где краевой угол смачивания составлял $65-70^\circ$ для воды. Естественная влажность увеличивает проникающую способность жидкости, тем самым увеличивает скорость расширения.

Уменьшение размеров образцов угля приводит к увеличению скорости межфазных взаимодействия соответственно к большей скорости расширения угля.

Учитывая время развития процесса расширения угля, можно заключить, что определяющим в процессе расширения является действие эффекта Ребиндера, напротив процесса набухания коллоидных веществ угля.

Уменьшение краевого угла смачивания приводит к большей проникающей способности, к большему расширению угля. При этом в наблюдениях отмечается, что при устремлении краевого угла смачивания к нулю, эффективность расширения резко снижается, действие эффекта Ребиндера прекращается. Эффект Ребиндера оказывает существенное свое влияние на расширение при определенных соотношениях поверхностных энергий взаимодействующих фаз, а также при определенном угле смачивания.

Уголь органическое высокомолекулярное соединение способное к растворению некоторых основных элементов, с другой стороны, поликристаллическое тело с высокой пористостью, которое при взаимодействии с жидкостью приводит к расширению, разрушению поликристаллической структуры.

Список литературы:

1. Чернов, О. И. Подготовка шахтных полей с газовыбросоопасными пластами / О. И. Чернов, Е. С. Розанцев. – М. : Недра, 1975. – 287 с.
2. Елкин, И. С. Повышение эффективности низконапорного увлажнения угольных пластов / И. С. Елкин, В. В. Дырдин, В. Н. Михайлов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001. – 100 с.
3. Адамсон, А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – М.: Мир, 1979. – 568 с.
4. Ребиндер, П. А. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения / П. А. Ребиндер, Е. Д. Щукин // Усп. физ. наук. – 1972, – Т. 108, – С. 3 – 42.

5. Сумм, Б. Д. Основы коллоидной химии / Б. Д. Сумм. – М.: Академия, 2007. – 240 с.

6. Ферапонтов Н.Б., Токмачев М.Г., Гагарин А.Н., Ферапонтов Н.Б., Токмачев М.Г., Гагарин А.Н. Влияние свойств полимеров на условия их набухания в воде и в водных растворах // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2014. – Т. 14. – Вып. 5. – С. 795 – 812.

7. Волынский А. Л. Эффект Ребиндера в полимерах // Природа. – 2006. – № 11. – С. 11 – 18.

8. Егоров С. В., Мухачева Е. С. и др. Коллоидная химия. <http://fictionbook.ru/static/trials/06/14/79/06147976.a4.pdf>.