

УДК 532.64

А.С. Усанина, В.А. Архипов, Д.Ю. Палеев, Ю.Ф. Патраков

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЕЙ НА СМАЧИВАЕМОСТЬ ИХ ПОВЕРХНОСТИ

Смачиваемость угля играет важную роль и является одним из показателей, определяющих эффективность таких процессов, как отделение минералов от пустых пород в процессе флотации при обогащении угля [1], нейтрализация угольной пыли в шахтах путем орошения жидкостью [2]. Эффективность данных технологических процессов определяется гидрофобностью или гидрофильтостью частиц угля.

Основной характеристикой смачиваемости плоской поверхности твердого тела жидкостью является краевой угол θ [3], который отсчитывается

образца, получить плоскую рабочую поверхность, исключить просачивание жидкости в образец и получить стабильную каплю на плоской поверхности.

Все исследуемые образцы угля измельчались в порошок и просеивались через сито до получения частиц порошка с диаметром d не более 100 мкм.

С помощью капилляра на прессованый брикет угольного порошка помещается капля исследуемой жидкости. Равновесная форма и краевой угол капли регистрируется с помощью скоростной видеокамеры. Скоростная видеосъемка использу-

Таблица 1. Характеристика образцов углей

Образец	Влажность, %	Зольность, %	Углерод C, % на daf	Водород H, % на daf	O+N+S, % на daf
Бурый 1Б	4.2	7.1	65.6	4.0	30.4
Бурый 3Б	1.4	4.6	74.2	4.6	21.2
Длиннопламенный Д	4.4	38.8	76.9	4.0	19.1
Газовый Г	4.6	18.4	82.9	4.1	13.0
Жирный Ж	0.8	4.5	84.9	5.9	9.2
Коксовый КС	1.6	10.7	90.1	4.6	5.3

ся от касательной к свободной поверхности жидкости, проведенной в точке раздела трех фаз (жидкой, газообразной, твердой), в сторону жидкости.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального исследования смачиваемости угольной поверхности дистилированной водой по измерениям краевого угла.

Для экспериментов были отобраны пробы бурых и каменных углей месторождений Хакасии, Тувы, Монголии и Кузбасса (табл. 1)

В данной работе использован экспериментальный метод оценки смачиваемости угольной поверхности, приготовленной путем прессования угольного порошка в таблетки цилиндрической формы [4]. При этом проблема просачивания жидкости через поверхность решается подбором давления прессования таблетки. Давление прессования в экспериментах варьировалось в диапазоне $p=400\div1000$ МПа. Эксперименты показали, что выбор давления прессования брикета не менее 400 МПа позволяет существенно снизить пористость

ется для того, чтобы определить момент установления равновесной формы капли и начало физико-химических процессов на границе трехфазного контакта, которые приводят к смене фаз и, следовательно, к изменению величины краевого угла смачивания [5]. Во всех экспериментах использовали капли дистилированной воды одинакового диаметра $D=3$ мм.

Значение краевого угла определялось по наклону касательной, проведенной в точке контакта трех фаз, при помощи программы ImageJ. Полученные в настоящей работе значения краевого угла θ с доверительным интервалом для исследуемых образцов угля приведены в таблице 2. Относительная погрешность определения краевого угла, обусловленная разбросом результатов $8\div10$ дублирующих опытов, не превышала 6% при значении доверительной вероятности $\alpha=0.95$. Для образцов А1 и А2 большое значение относительной погрешности $\delta\theta$ объясняется высоким содержанием кислородных групп в угле (см. табл. 2). Для данных образцов наблюдался процесс разру-

Таблица 2. Значения краевого угла смачивания для исследуемых образцов угля

Образец	Бурый 1Б	Бурый 3Б	Длиннопламенный Д	Газовый Г	Жирный Ж	Коксовый КС
θ , градус	53 ± 10	61 ± 7	67 ± 3	60 ± 3	90.14 ± 0.35	87.2 ± 2.2
$\delta\theta$, %	19	11	4.2	5	0.4	2.5
ε , %	0.7	6.2	10.8	16	13	7.8

шения угольной поверхности (вспучивание) при соприкосновении с жидким фазой, что приводило к увеличению погрешности определения равновесной формы и, следовательно, краевого угла капли θ .

В табл. 2 также приведены результаты измерения пористости прессованных образцов (ε) углей для давления прессования $p=1000$ МПа

Проанализирована зависимость краевого угла смачивания от химических свойств угольной по-

верхности будет гидрофобной при большом содержании углерода и водорода в образце (рис. 1, 2) и значение краевого угла, в этом случае, будет возрастать. Полученные зависимости хорошо коррелируют с литературными данными для углей из других месторождений [6, 7].

Таким образом, в работе представлены результаты определения краевого угла смачивания угольной поверхности для 6-ти типов углей разных месторождений. Показано, что свойства угольной поверхности в сильной степени влияют

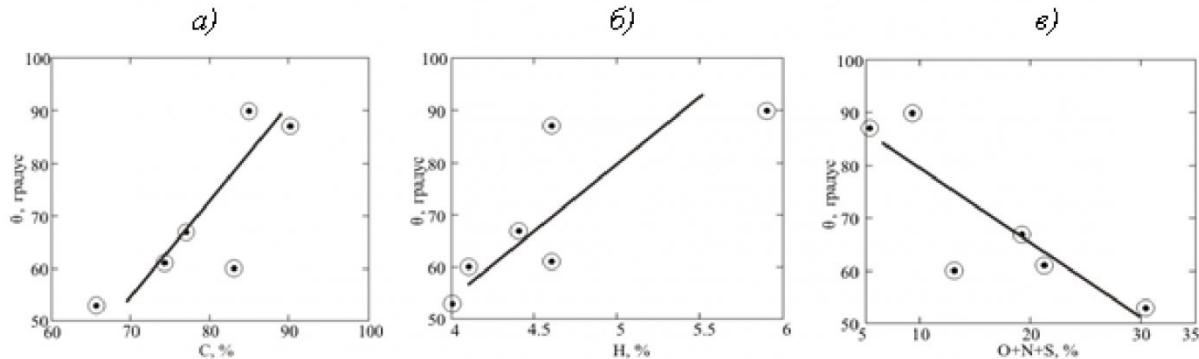


Рис. 1. Зависимость краевого угла от процентного содержания:
а – углерода; б – водорода; в – суммы элементов $O+N+S$

верхности. На рис. 1 приведены зависимости краевого угла от процентного содержания в образце углерода С, водорода Н и суммы элементов О+N+S. Из приведенных данных видно, что существует линейная зависимость между углом смачивания и свойствами угольной поверхности. При большом процентном содержании О+N+S поверхность становится гидрофильной, что приводит к уменьшению краевого угла (рис. 3). Наоборот,

на величину краевого угла смачивания θ . В частности, величина краевого угла возрастает примерно на 30 градусов при увеличении содержания углерода в угле на 20 %, а водорода на 2 %. Присутствие в образце угля кислородных групп ($O+N+S > 20\%$) приводит к значительному уменьшению значения θ .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов А.А. Флотационные методы обогащения. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2008. – 3-е издание. – 710 с.
2. Пицумов А.И. Обеспыливание воздуха. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с.
3. Де Жен П.Ж. Смачивание: статика и динамика // Успехи физических наук, 1987. – Т. 151. – Выпуск 4. – С. 619-678.
4. Заявка на патент РФ № 2011107818 от 28.02.2011 «Способ определения смачиваемости порошковых материалов» / Архипов В.А., Палеев Д.Ю., Трофимов В.Ф., Усанина А.С.
5. Архипов В.А., Усанина А.С. Исследование характеристик растекания капли при малых числах Вебера // Инженерная физика, 2010. – № 5. – С. 38-42.
6. Drellich J., Laskowski J.S., Pawlik. Improved Sample Preparation and Surface Analysis Methodology for Contact Angle Measurements on Coal (Heterogeneous) Surfaces // Coal Preparation, 2000. – Vol. 21. – P. 247-275.
7. Toshiaki Murata. Wettability of coal estimated from the contact angle // Fuel, 1981. – Vol. 60. – P. 744-746.

□Авторы статьи:

Усанина
Анна Сергеевна
- аспирант ТГУ
E-mail:
Usaninaanna@mail.ru

Архипов
Владимир Афанасьевич
- докт. физ.-мат. наук,
профессор, зав. отделом
НИИ прикладной матема-
тики и механики при ТГУ.
E-mail: leva@niipmm.tsu.ru

Палеев
Дмитрий Юрьевич
- докт. техн. наук, вед.
научн. сотр. Института
угля СО РАН
E-mail: pal07@rambler.ru

Патраков
Юрий Фёдорович
- докт. хим. наук, доцент,
вед. научн. сотр. Институ-
та угля СО РАН
E-mail: yupat@icc.kemsc.ru