

КРАЙОВИЙ КУТ ЗМОЧУВАННЯ КАМ'ЯНОГО ВУГІЛЛЯ ВОДОЮ

© В.М. Кузнiченко¹, О.В. Ситник²

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, м. Харків, вул. Весніна, 7, Україна

¹ Кузнiченко Вячеслав Михайлович, канд. техн. наук, с.н.с., провідн. наук. співр. коксового відділу (КО), e-mail: ko@ukhin.org.ua

² Ситник Олексій Володимирович, канд. техн. наук, ст. дослідн., ст. наук. співр. КО, e-mail: ko@ukhin.org.ua

Відомо, що у процесі коксування ущільненої кам'яновугільної шихти при її трамбуванні у промисловій трамбувально-завантажувально-виштовхуючій машині роль агента-ущільнювача виконує волога шихти. На основі цього авторами висунуто обґрунтоване припущення: що вища гідративність зерен вугілля, то міцніше контакт між ними і, відповідно, то значнішою є щільність сформованого трамбованого вугільного пирога. Тому визначення рівня гідратації поверхні вугілля, використовуваного в шихтах для трамбування, має як теоретичне, так і практичне значення. Для чисельного визначення цього показника авторами обрано крайовий кут змочування, визначений методом «сидячої краплі» води на вугільному субстраті. У статті наведено результати дослідження гідратації різних марок кам'яного вугілля.

У статті надана характеристика досліджуваних марок вугілля та їх крайовий кут змочування водою (Θ) після 1, 2 і 3-х хвилин витримки краплі на полірованої поверхні.

Оскільки за літературними даними органічна маса вугілля є гідрофобною, а мінеральні домішки, зазвичай, гідрофільними, авторами досліджено міру впливу показника «зольність вугілля» (A^d) на значення Θ . Для визначення впливу крайового кута змочування і внутрішньої вологості вугілля після 14 годин вологонасичення у воді ($W_{\text{вн}}$) на міцність (σ_{33}) трамбованого зразка визначено відповідну графічну залежність.

Отримані дані свідчать, що будь-який значимий зв'язок між A^d та Θ відсутній, коефіцієнт кореляції незначний ($r = 0,28$). Таким чином, переважаючим чинником гідратації збагаченого вугілля є властивості його органічної маси. Кореляційний зв'язок між Θ та виходом летких речовин V^{daf} і змістом вітриніту V_t також незначний – коефіцієнт кореляції складає відповідно 0,43 і 0,50. Тісніший зв'язок крайового кута змочування виявлено з коефіцієнтом відбиття вітриніту R_o ($r = 0,72$), внутрішньою вологістю вугілля після 14 годин насичення у воді $W_{\text{вн}}$ ($r = 0,65$) і міцністю трамбованого вугільного зразка на зрізання σ_{33} ($r = 0,68$).

Ключові слова: вугілля, здатність до гідратації, крайовий кут змочування, органічна маса вугілля, мінеральні домішки, щільність, міцність

Автор для листування В.М. Кузнiченко, e-mail: ko@ukhin.org.ua

Крайовий кут змочування характеризує явище адгезії рідини до твердого тіла і може служити якісною мірою цього явища [1]. По А.Т. Елишевичу, якщо крайовий кут змочування (Θ) дорівнює нулю, то змочування є повним (граничний випадок змочування), якщо Θ більше 90° , то змочування дуже слабе, а при $\Theta = 180^\circ$ змочування взагалі відсутнє [2]. Якщо рідиною, що змочує, є вода, то в цьому випадку поверхня твердого тіла характеризується поняттям гідратації [3]. При цьому, чим менше здатність поверхні до гідратації, тим більший крайовий кут змочування.

При трамбуванні дисперсної вугільної шихти в промисловій трамбувально-завантажувально-виштовхуючій машині роль агента-ущільнювача виконує волога шихти. Правомірно припустити: що вища ступінь гідратації зерен вугілля, то міцніше контакт між ними і, відповідно, то більшою є щільність сформованого трамбованого вугільного пирога. Тому визначення здатності до гідратації поверхні вугілля, використовуюваного в шихтах для трамбування, має як теоретичне, так і практичне значення.

Одним з поширених методів виміру крайового кута змочування є метод т.з. «сидячої краплі». Суть методу полягає в тому, що краплю рідини (адгезив) за допомогою піпетки або шприца наносять на рівну горизонтальну тверду поверхню (субстрат), фотографують і за профілем краплі визначають крайовий кут змочування. При цьому змочуваність можна додатково характеризувати коефіцієнтом розтікання адгезиву на поверхні субстрату.

При визначенні ступеню гідратації ми полірували куски вугілля на верстаті для приготування аншлифів, що вони використовуються при визначенні петрографічного складу вугілля. Обробці піддавали поверхні, паралельні смужчатості вугілля, оскільки заздалегідь було встановлено, що при нанесенні краплі води на смужчасту поверхню, вода у

багатьох випадках швидко вбирається всередину шматка вугілля. Краплю води на поліровану поверхню вугілля наносили за допомогою шприца з постійної висоти 5 мм і фотографували профіль краплі через 1, 2 і 3 хвилини після нанесення. Фотографування виконували з відстані 50 мм. Діаметр краплі зазвичай складав 3,5-4,0 мм. Комп'ютерне збільшення фотографії краплі в 20 разів робили для точного визначення крайового кута змочування. При цьому утворюючи краплі для точнішого проведення дотичної лінії, що визначає крайовий кут змочування, продовжували нижче точки її зіткнення з поверхню вугілля, як показано на рис. 1.



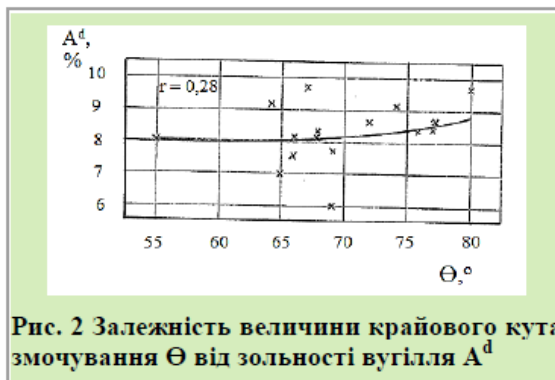
Рис.1 Крайовий кут змочування вугілля марки ГЖ, ЦЗФ Розпадська після двохвилинної витримки краплі на полірованій поверхні вугілля

Як видно з рисунка, кути між поверхнею вугілля і дотичними, проведеними з різних боків краплі, дещо розрізняються між собою. При усіх вимірах найбільша відмінність кутів склала 3° . За результат приймали середнє арифметичне кутів. У таблиці надано характеристику досліджуваного вугілля і крайовий кут змочування водою після 1, 2 і 3-х хвилин витримки краплі на полірованій поверхні.

Крайовий кут змочування різних марок вугілля

№ п/п	Вугілля, марка, ЦЗФ, шахта, розріз	A^d , %	V^{daf} , %	R_o	V_t , %	$W_{вн}^*$, %	σ_{33} , кПа	Θ , °, після витримки, хв		
								1	2	3
1	ДГ, Західнодонбаська	8,0	42,5	0,52	55	8,76	3,7	71	55	52
2	Г, Южнодонбаська	6,0	37,6	0,75	55	3,81	4,1	75	69	63
3	Г, Добропільська	7,6	37,5	0,77	74	6,00	4,4	76	69	65
4	ГЖ, Розпадська	9,1	38,0	0,82	87	2,40	6,4	77	74	72
5	ГЖ, Антонівська	8,3	36,2	0,84	86	2,60	6,2	75	68	60
6	ГЖО, Кузбаська	9,6	35,6	0,77	79	2,72	6,6	74	67	62
7	Ж, ш. Засядько	8,6	31,4	1,07	90	1,64	7,4	80	77	74
8	Ж, ш. Скочинського	7,5	33,9	0,98	88	1,90	7,1	71	66	63
9	Ж, Абашевська	9,2	36,9	0,90	89	2,60	7,0	73	64	58
10	2Ж, Печорська	8,4	32,2	0,98	78	1,75	6,9	78	75	73
11	К, Святоварваринська	8,6	29,5	1,13	88	1,68	7,3	80	72	65
12	К, Пролетарська	8,4	27,8	1,16	89	1,50	8,0	81	77	74
13	ОС, Нерюнгринська	9,7	19,9	1,60	90	1,43	7,2	83	80	77
14	КСН, р-з Чернігівський	8,1	24,4	1,02	26	1,54	7,2	74	66	62
15	КС, р-з Краснобродський	8,2	22,9	1,06	44	1,50	7,1	72	68	64
16	ССОМ, р-з Кедровський	7,0	22,8	1,02	32	2,32	6,8	77	70	63

*Після 14 годин вологонасичення

Рис. 2 Залежність величини крайового кута змочування Θ від зольності вугілля A^d

Залежності між Θ і показниками властивостей вугілля надані на рис. 2-7. Оскільки за даними [4] «чиста вугільна речовина є гідрофобною, а мінеральні домішки, зазвичай, гідрофільні», нами було прийнято рішення визначити міру впливу зольності вугілля A^d на крайовий кут змочування Θ . Крім того, для

порівняння міри впливу крайового кута змочування і внутрішньої вологості вугілля після 14 годин вологонасичення у воді $W_{вн}$ [5] на міцність σ_{33} трамбованого зразка нами дана графічна залежність σ_{33} від $W_{вн}$.

Отримані дані показують, що будь-який значимий зв'язок між зольністю вугілля A^d та величиною крайового кута змочування Θ відсутній, коефіцієнт кореляції незначний – $r = 0,28$ (див. рис. 2). Таким чином, переважаючим чинником здатності збагаченого вугілля до гідратації є властивості його органічної маси, а не зольність (принаймні, в межах значень цього показника, прийнятних для сировини коксування). Кореляційний зв'язок між Θ та виходом летких речовин V^{daf} і змістом вітриніту V_t також незначний – коефіцієнт кореляції становить відповідно до 0,43 і 0,50 (див. рис. 3 та 5). Тіснішим є зв'язок крайового кута змочування з коефіцієнтом відбиття вітриніту R_o – 0,72 (див. рис. 4), внутрішньою

вологістю вугілля після 14 годин насичення у воді $W_{BH} = 0,65$ (див. рис. 6) і міцністю трамбованого вугільного зразка $\sigma_{33} = 0,68$ (див. рис. 7).

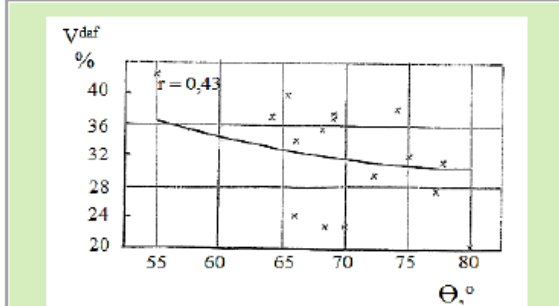


Рис. 3 Залежність величини крайового кута змочування Θ від V^{daf}

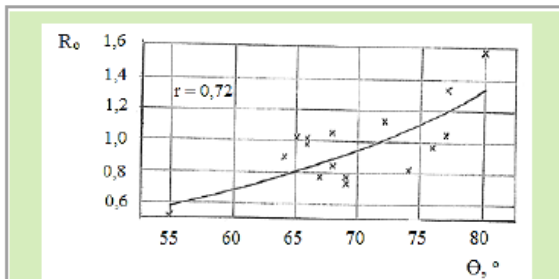


Рис. 4 Залежність величини крайового кута змочування Θ від коефіцієнта відбиття вітриніту R_0

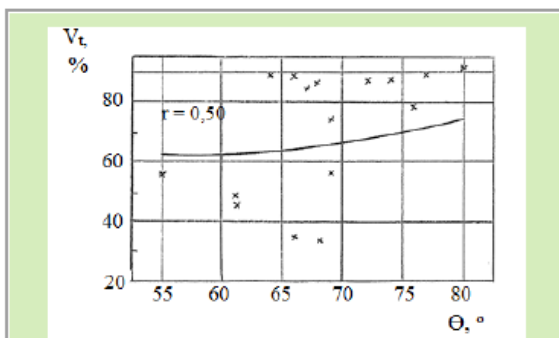


Рис. 5 Залежність величини крайового кута змочування Θ від V_t

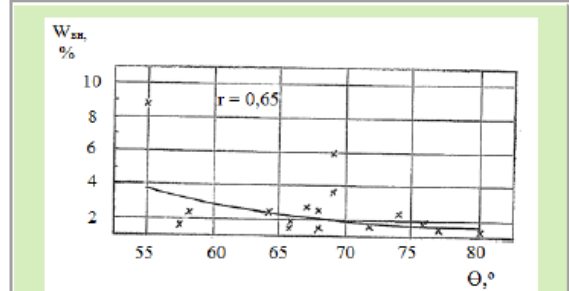


Рис. 6 Залежність величини крайового кута змочування Θ від W_{BH}

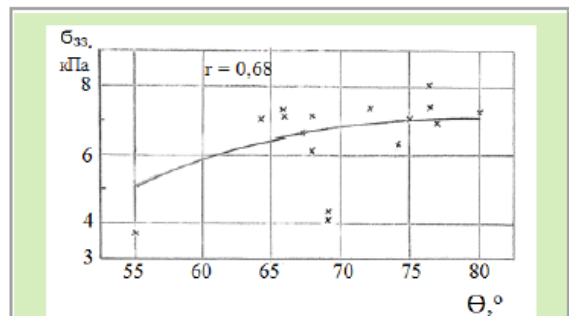


Рис. 7 Залежність міцності трамбованого вугільного зразка σ_{33} від величини крайового кута змочування Θ

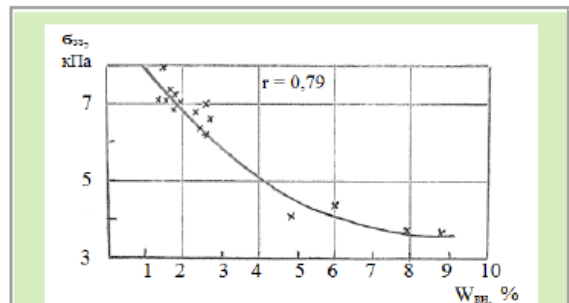


Рис. 8 Залежність міцності трамбованого вугільного зразка σ_{33} від W_{BH}

На рис. 8 надано залежність міцності трамбованого вугільного зразка σ_{33} від W_{BH} . Коефіцієнт кореляції цієї залежності становить 0,79. Це дещо вище, ніж коефіцієнт коре-

ляції залежності ϵ_{33} від Θ . Проте, на практиці для прогнозування міцності промислового трамбованого пирога при введенні того або іншого вугілля в шихту, доцільно користуватися показником Θ , оскільки час його визначення значно менший, ніж тривалість визначення показника $W_{\text{вн}}$, а методика визначення простіша.

Висновки

1. На підставі виконаних вимірів крайового кута змочування вугілля водою доведено, що ступінь гідрофільності вугілля є невисокою – $\theta > 70^\circ$. З підвищенням ступеня метаморфізму вугілля його здатність змочуватись водою зменшується. При збільшенні показника відбиття вітриніту R_0 з 0,5 до 1,6 крайовий кут змочування Θ збільшується на 25° .

2. Вміст мінеральних домішок у вугіллі в межах значень цього показника, прийнятних для сировини коксування, не впливає на крайовий кут змочування вугілля водою.

3. На практиці для прогнозування міцності промислового трамбованого пирога при введенні того або іншого вугілля в шихту, доцільно користуватися показником Θ , оскільки час його визначення значно менший, ніж три-

валість визначення показника $W_{\text{вн}}$, а методика визначення простіша.

Бібліографічний список

1. Дерягин Б.В. Адгезия / Б.В. Дерягин, Н.А. Кротова. – Москва – Ленинград: Издательство Академии Наук СССР, 1949. – 244 с.
2. Елишевич А.Т. Брикетирование полезных ископаемых / А.Т. Елишевич. – Киев – Одесса: Лыбидь, 1990. – 295 с.
3. Глуценко И.И. Химическая технология горючих ископаемых / И.И. Глуценко. – Киев: Вища школа, 1985 – 447 с.
4. Дроздник И.Д. Угли для коксования и пылеугольного топлива / И.Д. Дроздник, А.Г. Старовойт, В.Г. Гусак [и др.]. – Харьков: ИПЦ Контраст, 2011. – 187 с.
5. Кузнichenko В.М. Максимальна вологемність вугілля різних класів крупності / В.М. Кузнichenko, Я.С. Балаєва // Вуглехімічний журнал. – 2019. – № 6. – С. 8-13.

Рукопис надійшов до редакції 02.12.2020

DOI: 10.31081 / 1681-309X-2021-0-1 -4-10

Specialty 161. U.D.C.66.063.5

CONTACT ANGLE OF COAL WETTING WITH WATER

© V.M. Kuznichenko, PhD in technical sciences, A.V. Sytnik, PhD in technical sciences (State Enterprise "Ukrainian State Research Coal Chemical Institute (UKHIN)", 61023, Kharkov, Vesnina st., 7, Ukraine)

It is known that in the process of coking a compacted coal charge during its ramming in an industrial ramming-loading-pushing machine, the moisture of the charge plays the role of a compaction agent. On the basis of this, the authors put forward a reasonable assumption that the higher the ability of coal grains to hydration, the stronger the contact between them and, accordingly, the greater the density of the formed rammed coal cake. Therefore, the determination of the ability to hydrate the surface of coal used in the charge for ramming is of both theoretical and practical importance. For the numerical determination of this indicator, the authors have chosen the contact angle of wetting, determined by the method of "sessile drop" of water on a carbon substrate. The article presents the results of a study of the ability of various brands of coal to hydrate. The article describes the characteristics of the studied grades of coal and their contact

angle of wetting with water (Θ) after 1, 2 and 3 minutes of keeping the drop on a polished surface. Since according to the literature data, the organic mass of coal is hydrophobic, and mineral impurities, as a rule, are hydrophilic, the authors investigated the degree of influence of the "ash content of coal" (A^d) indicator on the value of Θ . To determine the influence of the wetting angle and the internal moisture content of coal after 14 hours of moisture saturation in water (W_{ms}) on the strength (σ_{ss}) of the rammed sample, the corresponding graphical dependence was determined.

The data obtained indicate that any significant relationship between A^d and Θ is absent, the correlation coefficient is insignificant ($r = 0.28$). Thus, the predominant factor in the hydration of cleaned coal is the properties of its organic matter. The correlation between Θ and the yield of volatile substances V^{daf} and the content of vitrinite V_t is also insignificant – the correlation coefficient is up to 0,43 and 0,50 respectively. A close relationship of the contact angle was found with the reflection coefficient of vitrinite R_o ($r = 0.72$), the internal moisture content of coal after 14 hours of saturation in water, W_{ms} ($r = 0,65$), and the shear strength of the rammed coal sample σ_{ss} ($r = 0,68$).

Keywords: coal, ability to hydration, contact angle of wetting, organic mass of coal, mineral impurities, density, strength.

Corresponding author V.M. Kuznichenko, e-mail: : ko@ukhin.org.ua

DOI: 10.31081 / 1681-309X-2021-0-1-4-10

Специальность 161. УДК 66.063.5

КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ УГЛЯ ВОДОЙ

© В.М. Кузниченко, к.т.н., А.В. Сытник, к.т.н. (Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)», 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина)

Известно, что в процессе коксования уплотненной каменноугольной шихты при ее трамбовании в промышленной трамбовочно-погрузочно-выталкивающей машине роль агента-уплотнителя выполняет влага шихты. На основе этого авторами выдвинуто обоснованное предположение, что чем выше способность зерен угля к гидратации, тем крепче контакт между ними и, соответственно, тем значительнее плотность сформированного трамбованного угольного пирога. Поэтому определение способности к гидратации поверхности угля, используемого в шихтах для трамбовки, имеет как теоретическое, так и практическое значение. Для численного определения этого показателя авторами выбран краевой угол смачивания, определенный методом «сидячей капли» воды на угольной подложке. В статье приведены результаты исследования способности различных марок каменного угля к гидратации.

В статье дана характеристика исследуемых марок угля и их краевой угол смачивания водой (Θ) после 1, 2 и 3-х минут выдержки капли на полированной поверхности. Поскольку по литературным данным органическая масса угля является гидрофобной, а минеральные примеси, как правило, гидрофильны, авторами исследованы степень влияния показателя «зольность угля» (A^d) на значение Θ . Для определения влияния краевого угла смачивания и внутренней влажности угля после 14 часов влагонасыщения в воде (W_{en}) на прочность (σ_{oc}) трамбованной об-



разца определены соответствующую графическую зависимость.

Полученные данные свидетельствуют, что любой значимый связь между A^d и Θ отсутствует, коэффициент корреляции незначительный ($r = 0,28$). Таким образом, преобладающим фактором гидратации обогащенного угля являются свойства его органической массы. Корреляционная связь между Θ и выходом летучих веществ V^{daf} и содержанием витринита V_t также незначителен – коэффициент корреляции составляет соответственно до 0,43 и 0,50. Тесная связь краевого угла смачивания обнаружена с коэффициентом отражения витринита R_o ($r = 0,72$), внутренней влажностью угля после 14 часов насыщения в воде $W_{вн}$ ($r = 0,65$) и прочностью трамбованного угольного образца на срез $b_{ос}$ ($r = 0,68$).

Ключевые слова: уголь, способность к гидратации, краевой угол смачивания, органическая масса угля, минеральные примеси, плотность, прочность.

Автор для корреспонденции В.М. Кузниченко, e-mail: ko@ukhin.org.ua

DOI: 10.31081/1681-309X-2021-0-1-10-19

Спеціальність 161. УДК 66-913:669.014.84

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ ВУГІЛЬНОЇ ШИХТИ НА ЇЇ НАСИПНУ ГУСТИНУ

© Н.А. Десна¹

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, м. Харків, вул. Весніна, 7, Україна

Д.В. Мірошніченко²

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2, Україна

І.В. Мірошніченко³

ПРАТ «МК «Азовсталь», 87500, м. Маріуполь, вул. Лепорського, 1, Україна

В.І. Мещанін⁴, В.В. Коваль⁵

Державне підприємство «Український державний науково-дослідний вуглехімічний інститут (УХІН)», 61023, м. Харків, вул. Весніна, 7, Україна

1. Десна Наталя Анатоліївна, канд. техн. наук, в.о. зав. вугільним відділом (ВВ), e-mail: desnana@ukr.net

2. Мірошніченко Денис Вікторович, докт. техн. наук., проф., зав. каф. технологій переробки нафти, газу та твердого палива, e-mail: dvmir79@gmail.com

3. Мірошніченко Ігор Володимирович, заступник директора по КХВ, e-mail: igor.miroshnichenko@azovstal.com.ua

4. Мещанін Валерій Іванович, провідн. інженер ВВ, e-mail: valerameshchanin@gmail.com

5. Коваль Валентин Валерійович, провідн. інженер ВВ, e-mail: kovalen79@gmail.com

Аргументовано необхідність визначення насипної густини кам'яновугільного завантаження для розрахунку роботи коксових печей, оскільки цей показник впливає на фізико-хімічні властивості коксу та на продуктивність коксових печей. Надано