

УДК 662.7:552.57

<https://doi.org/10.34185/tpm.5.2019.08>

Сорокін Є.Л., Камкіна Л.В.

## Дослідження хімічного складу золи густинних фракцій слабкоспікливого вугілля для обґрунтування вибору компонентів шихти для коксування

Sorokin E., Kamkina L.

### Investigation of the chemical composition of ash dense fractions of low-alumina coal to substantiate the choice of charge components for coking

Наукова стаття присвячена темі вивчення структурного вмісту вугільних фракцій, які відрізняються одна від одної по густині. Головна увага приділяється вивченню хімічного складу золи густинних фракцій слабкоспікливого вугілля. Що дозволить розширити уявлення про золу, яка входить до складу вугілля. В публікації представлений якісний та кількісний аналіз хімічного складу слабкоспікливого вугілля, за допомогою якого було розраховано індекс основності золи дослідних проб, що в свою чергу дозволило розрахувати попередню оцінку коксу за показниками реакційної здатності CRI і міцності коксу після реакції CSR. З представлених результатів виходить, що фракція з густиною  $<1,25 \text{ г/см}^3$  та  $> 1,3 \text{ г/см}^3$  мають найгірші технологічні характеристики.

Ключеві слова: густинні фракції, індекс основності, вугілля, зола, хімічний склад, кислі оксиди, реакційна здатність.

The scientific article is devoted to the study of the structural content of coal fractions, which differ in density. The main attention is paid to the study of the chemical composition of ash dense fractions of weakly burned coal. This will extend the idea of coal ash. The publication presents a qualitative and quantitative analysis of the chemical composition of low-alumina coal, which was used to calculate the ash index of the main samples, which in turn allowed us to calculate a preliminary estimate of coke on the CRI reactivity and coke strength after the CSR reaction. From the presented results it turns out that the fraction with a density  $<1.25 \text{ g/cm}^3$  and  $> 1.3 \text{ g/cm}^3$  have the worst technological characteristics.

Keywords: density fractions, basicity index, coal, ash, chemical composition, acidic oxides, reactivity.

#### У статті вирішувалось

Дослідження які представлені в роботах [1-4] дозволяють стверджувати, що при поділі на густинні фракції спікливого вугілля різних марок можна спостерігати різний склад і хімічну будову. Також потрібно відзначити, що густинний розподіл вугілля різних марок призводить до можливості виділяти окремі фрагменти досліджуваного вугілля які мають кілька поліпшених властивостей по відношенню до материнського складу. Представлені роботи дозволяють визначити, що густинні фракції мають досить високі показники щодо густини та мають схожу будову.

Для використання густинних фракцій слабкоспікливого вугілля марки ДГ в шихті для коксування і отримання необхідної якості вуглецевого відновника було проведено вивчення хімічного складу золи проб вугілля, яке досліджувалося. При аналізі отриманих результатів враховувався вміст в окремих густинних фракціях основних, а також кислих і амфотерних оксидів. Результати проведеного дослідження представлені в таблиці 1.

Результати дослідження складу золи густинних фракцій (табл. 1) показує, що фракції з меншою густиною містять меншу кількість кислих оксидів ( $\text{SiO}_2$ ), при цьому, вміст амфотерних оксидів змінюється від 20,14% до 20,81%.

Розподіл основних оксидів не однаковий для різних фракцій. Так, гематит в густинних фракціях від  $1,25 \text{ г/см}^3$  до  $1,27 - 1,28 \text{ г/см}^3$  знаходиться практично на одному рівні ( $21,52 \pm 0,38\%$ ), а фракції з густиною  $> 1,28 \text{ г/см}^3$  містять оксид, що розглядається в більшій кількості з максимальним значенням 30,92% у проби з густиною  $> 1,3 \text{ г/см}^3$ .

Вміст оксиду кальцію в золі густинних фракцій має дещо інший характер ніж вміст гематиту. Так зі збільшенням густини у фракціях міститься менша кількість цього оксиду. Найбільша кількість (23,4%) міститься у фракції  $<1,25 \text{ г/см}^3$ , а найменша кількість (10,87%) у фракції  $>1,3 \text{ г/см}^3$ .

Решта основних оксидів, які містяться в густинних фракціях низькометаморфізованого вугілля та знаходяться на одному рівні не залежить від густини вугільних фракцій.

Сорокін Євген Леонідович - к.т.н., доц. НМетАУ  
Камкіна Людмила Володимирівна – д.т.н., проф. НМетАУ

Sorokin E. - Ph.D., Assoc. Prof. NMetAU.  
Kamkina L. - Ph.D., prof. NMetAU

Таблиця 1  
Хімічний склад золи густинних фракцій низькометаморфізованого вугілля марки ДГ

№ з/п	Густина фракцій, г/см <sup>3</sup>	Хімічний склад золи, %						
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
1	< 1,25	18,00	20,14	21,30	23,40	0,40	1,10	1,20
2	1,25 – 1,26	21,10	20,54	21,20	22,40	0,40	1,10	0,80
3	1,26 – 1,27	23,20	20,64	21,14	21,87	0,40	1,20	0,30
4	1,27 – 1,28	24,10	20,70	21,90	20,10	0,40	1,10	0,40
5	1,28 – 1,3	25,30	20,75	22,40	20,00	0,40	1,20	0,30
6	> 1,3	28,00	20,81	30,92	10,87	0,40	1,30	1,10

Для більш детальної оцінки отриманих результатів дослідження з визначення хімічного складу золи густинних фракцій слабкоспікливого вугілля марки ДГ був проведений розрахунок індексу ос-

новності золи досліджуваних проб. Розрахунок показника індексу основності вели за відомою формулою, яка була розроблена в інституті ВУХІН [5].

$$I_o = \frac{100A^d (Fe_2O_3 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O)}{(100 - V^{daf})(SiO_2 + Al_2O_3)}; \quad (1)$$

де:  
A<sup>d</sup> – зольність проб які досліджувались, %;  
V<sup>daf</sup> – вихід летких речовин проб які досліджувались, %;

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – вміст оксидів у пробах які досліджувались, %.  
Результати розрахунку індексу основності представлені на рисунку 1.

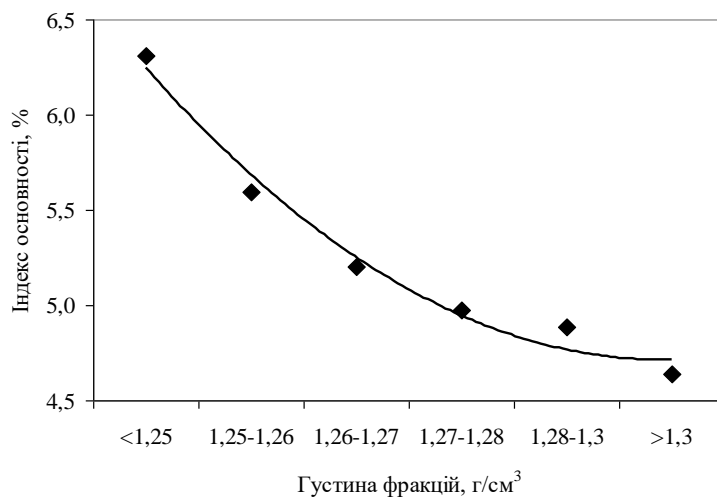


Рисунок 1 Зміна індексу основності золи густинних фракцій вугілля марки ДГ

З результатів розрахунку індексу основності випливає, що найбільше значення (6,31%) має густинна фракція <1,25 г/см<sup>3</sup>. Цей показник обумовлений в найменшій фракції високим вмістом основних оксидів і найменшим вмістом кислих. У фракцій з більшою густиною від 1,25 - 1,26 г/см<sup>3</sup> до >1,3 г/см<sup>3</sup> розрахований показник монотонно знижується з 5,6% до 4,64%, що пов'язано з перерозподілом у густинних фракцій основних і кислих оксидів,

які містяться в золі. Перші знижують свій вміст, а другі збільшують.

Беручи до уваги, що останнім часом при складанні вугільних шихт індекс основності застосовується для попередньої оцінки коксу за показниками реакційної здатності CRI і міцності коксу після реакції CSR, зазначену оцінку проводять шляхом розрахунку показників по рівняннях [5]:

$$CRI = 13,39 + 9,35I_o - 0,45I_o^2; \quad (2)$$

$$CSR = 94,23 - 1,275 \cdot CRI; \quad (3)$$

За розрахунками по формулам 2 і 3 були отримані дані за якими оцінювався внесок кожної густинної фракції в показник загальної реакційної здатності і міцності коксу після реакції.

Розрахована реакційна здатність коксу густинних фракцій слабкоспівного вугілля наведена на рисунку 2. Цей показник змінюється по певній функціональній залежності від густини проби яка досліджувалась. Найбільший показник реакційної здатності відповідає густині проби низькометаморфзованого вугілля  $<1,25 \text{ г/см}^3$  і становить 54,5 %. Найменше значення показника, що аналізується має також гранична густинна фракція з густиною  $>1,3 \text{ г/см}^3$ , яка приймає значення 47,1 %. Як видно з отриманої залежності, фракції слабкоспівного вугілля мають проміжні значення по густині. Їх середній показник реакційної здатності складає  $49,6 \pm 2 \%$ . Отримані результати розрахунку реакційної

здатності пояснюються тим, що розрахований показник знаходиться практично в прямій залежності від показника індексу основності, що підтверджується коефіцієнтами в рівнянні 2.

Беручи до уваги те, що функція розподілу результатів розрахунку міцності коксу після реакції густинних фракцій слабкоспівного вугілля є обернено пропорційною, відповідно до рівняння 3, то отримані результати розрахунку показника міцності (рис. 3) є дзеркальним відображенням результатів розрахунку реакційної здатності (рис. 2) густинних фракцій. Отже, мінімальне значення (24,8 %) має фракція вугілля з мінімальною густиною, тобто  $<1,25 \text{ г/см}^3$ , а максимальне значення (34,2 %) фракція з найбільшою густиною  $>1,3 \text{ г/см}^3$ . Решта досліджуваних фракцій мають значення показника міцності коксу після реакції в межах  $31 \pm 2,5 \%$ .

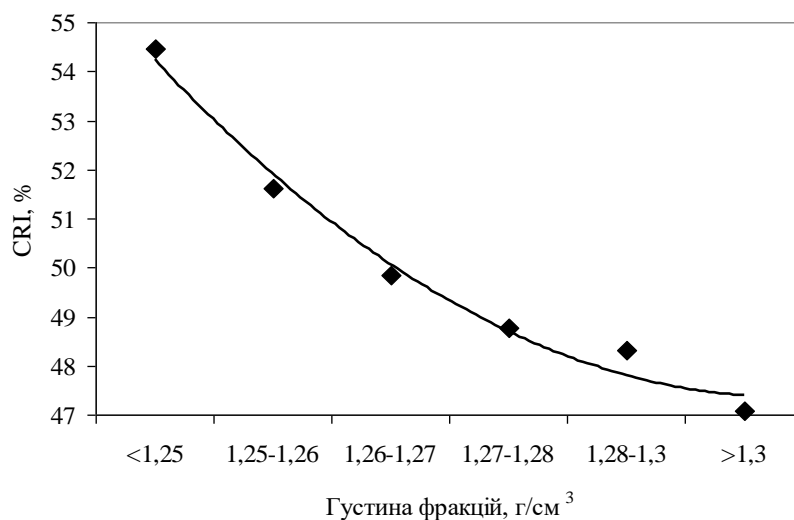


Рисунок 2 Зміна реакційної здатності коксу густинних фракцій вугілля марки ДГ

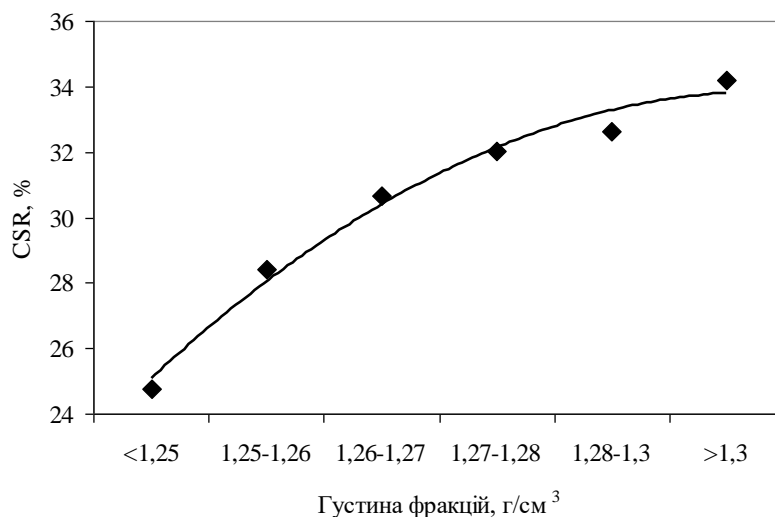


Рисунок 3 Зміна міцності коксу густинних фракцій вугілля марки ДГ після реакції

Таким чином, отримані результати розрахунку показників реакційної здатності, а також міцності коксу після реакції дозволили визначити, що фракція з густиною  $<1,25 \text{ г/см}^3$  в шихті для коксування

буде істотно знижувати технологічні характеристики.

Отже, для виробництва коксу заданих властивостей, з використанням окремих фракцій слабко-

спікливого вугілля в шихті для коксування можливо використовувати тільки проміжні фракції, а саме фракції що знаходяться в межах 1,25 – 1,3 г/см<sup>3</sup>.

#### Бібліографічний опис:

1. Кушнарєва Т.А. Изучение спекания и спекающей способности отдельных фракций обогащенного слабоспекающегося угля / Т.А. Кушнарєва, Е.Л. Сорокин // Кокс и химия. 2018. – №2. с. 11 – 16.
2. Сорокин Е.Л. Дослідження компонентного складу слабоспікливого малометаморфізованого вугілля марки ДГ / Е.Л. Сорокин, Біла О.В., Т.А. Кушнарєва // Теорія и практика металургії. 2018. - № 3-5. с. 52 – 55.
3. Кабак Т.А. Изучение свойств слабоспекающегося угля марки ДГ. / Т.А. Кабак // Теорія и практика металургії. 2013. - № 3-4. с. 15 – 17.
4. Гагарин С.Г. Моделирование обогащения угля с разделением его на фракции различной плотности / С.Г. Гагарин // Кокс и химия. – 2009. – № 3. с. 2 – 7.
5. Datta I. Filler Metal Flux Basicity Determination Using the Optical Basicity Index / I Datta, M Parekh - Welding Journal, 1989, с. 68-76.

#### Reference

1. Kushnareva T.A. Izuchenie spekaniya i spekayushej sposobnosti otdelnyh frakcij obogashenno-go slabospekayushegosya uglya / T.A. Kushnareva, E.L. Sorokin // Koks i himiya. 2018. – №2. s. 11 – 16.
2. Sorokin E.L. Doslidzhennya komponentnogo skladu slabkospiklivogo malometamorfizovanogo vugillya marki DG / E.L. Sorokin, Bila O.V., T.A. Kushnareva // Teoriya i praktika metalurgiyi. 2018. - № 3-5. s. 52 – 55.
3. Kabak T.A. Izuchenie svojstv slabospekayushegosya uglya marki DG. / T.A. Kabak // Teoriya i praktika metalurgiyi. 2013. - № 3-4. s. 15 – 17.
4. Gagarin S.G. Modelirovanie obogasheniya uglya s razdeleniem ego na frakcii razlichnoj plotnosti / S.G. Gagarin // Koks i himiya. – 2009. – № 3. s. 2 – 7.
5. Datta I. Filler Metal Flux Basicity Determination Using the Optical Basicity Index / I Datta, M Parekh - Welding Journal, 1989, s. 68-76.

*Стаття постуила: 29.08.2019*