

*д.т.н. Новохатський О.М., Михайлюк Г.Д.,
Карпов А.В., к.т.н. Манаков В.П.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)*

ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ АНТРАЦИТУ НА ПОКАЗНИКИ CSR І CRI

Отримано й проаналізовано значення реакційної здатності (CRI) і гарячої міцності (CSR) антрациту, добытого на ряді шахт України. Визначено характер впливу хімічного складу антрациту на показники CRI й CSR.

***Ключові слова:** антрацит, реакційна здатність, гаряча міцність, хімічний склад.*

Получены и проанализированы значения реакционной способности (CRI) и горячей прочности (CSR) антрацита, добытого на ряде шахт Украины. Получен характер влияния химического состава антрацита на показатели CRI и CSR.

***Ключевые слова:** антрацит, реакционная способность, горячая прочность, химический состав.*

Проблема і її зв'язок з науковими й практичними завданнями.

Для досягнення високопродуктивної й економічної роботи доменної печі необхідно застосовувати кокс із низьким значенням реакційної здатності й високим показником гарячої міцності.

При низькому значенні реакційної здатності кокс незначно реагує з матеріалом і газом, які перебувають у доменній печі. Завдяки цьому зберігається розмір його шматків і досягається висока газопроникність стовпа шихтових матеріалів. Високий показник гарячої міцності характеризує зниження кількості зруйнованих шматків коксу, що так само сприяє збереженню високої газопроникності стовпа шихтових матеріалів.

У сучасних умовах, при постійному зростанні цін на матеріали й паливо для металургійного переділу, актуальний пошук нових, альтернативних методик заміни коксу на більш дешеве паливо. Одним з них є антрацит. Але застосування даного виду палива, незважаючи на його високий показник міцності (серед вугілля), обмежується низьким показником термостійкості. Застосування антрацитів з високим значенням термостійкості дозволить замінити ними 50 і більше кілограмів коксу на тону чавуну.

Аналіз досліджень і публікацій.

Термічну міцність антрациту визначають за ГОСТ 7714-75 [1]. Сутність методу полягає в термічній обробці вугілля в муфельній електропечі при температурі $900 \pm 25^{\circ}\text{C}$ та випробуванні його після охолодження в лабораторному барабані з наступним визначенням виходу класу більше 13 мм.

Реакційну здатність і гарячу міцність коксу визначають у цей час за ДСТУ 4703:2006 [2].

Суть методу полягає в тому, що сухі зразки коксу певного розміру й походження взаємодіють із вуглекислим газом у реторті при заданій підвищеній температурі протягом певного проміжку часу. Два показники, реакційна здатність (CRI) і гаряча міцність коксу (CSR) визначаються з використанням коксового залишку, що прореагував.

CRI - втрата, у відсотках, маси коксу після реакції з діоксидом вуглецю з утворенням оксиду вуглецю.

CSR - міцність залишку коксу після реакції з діоксидом вуглецю під час випробування CRI, що визначена як відсоток проби, яка залишилася на ситі 10 або 9,5 мм після випробування на міцність в барабані, що обертається.

Випробування роблять у наступному порядку:

- нагрівають піч до температури, при якій розміщена в ній реакційна реторта із пробєю досягне температури, рівної $1100 \pm 3^{\circ}\text{C}$;

- перед розміщенням в електричній печі реакційної реторти в неї засипають навішення, щоб термопара розміщалася вертикально в центрі проби. Перед розміщенням у печі реакційну реторту продувають азотом протягом 5 хвилин;

- реакційну реторту в печі розміщують так, щоб центр коксового засипання перебував у центрі зони нагрівання, і нагрівають пробу до $1100 \pm 3^{\circ}\text{C}$ протягом 40 хвилин в атмосфері азоту;

- як тільки температура проби досягне $1100 \pm 3^{\circ}\text{C}$, реакційну реторту витримують 10 хвилин в атмосфері азоту, а потім переходять на діоксид вуглецю й витримують її в цій атмосфері 120 хвилин;

Постановка завдання.

Визначити залежність індексу реакційної здатності й міцності залишку антрациту після реакції від його хімічного складу.

Виклад матеріалу і отримані результати.

З метою забезпечення більшої показності результатів і можливості їхнього порівняльного аналізу із характеристиками коксу, для дослідження властивостей антрациту була обрана методика визначення показників CRI й CSR [2]. Проби антрациту для досліджень, були відібрані безпосередньо з рудного двору доменного цеху. Хімічний склад проб представлений у таблиці 1.

Таблиця 1 - Хімічний склад проб антрациту

Постачальник	Зола, %	Волога, %	Л.р., %	Сірка, %
Софія Бродська	9,7	4,6	3,1	2,3
Червоний Луч	6,8	5,5	3,5	1,32
Червоний Луч	7,1	4,8	4,8	2,1
Червоний Луч	8,2	6,1	4	1,28
Дар'євка	7,4	5,5	5	2,35
Постіково	7,9	4,2	4,2	2,1
Ровеньки-Антрацит	2,3	4,5	1,15	1,15
Ровеньки-Антрацит	6,8	4,2	3,8	1,6
Ровеньки-Антрацит	7	4,9	4,7	1,99
Лобовські копалини	5,5	3,6	3,8	1,56
ЦЗФ Нагольчанська	3,7	4,7	3,6	1,1
ЦЗФ Нагольчанська	5,7	4,5	4,3	1,9

Для кожної із представлених проб визначення показників CRI, CSR було зроблено чотири рази. Результати представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Результати випробувань проб антрациту, %

Постачальник	Значення показників за результатами випробувань							
	1		2		3		4	
	CRI	CSR	CRI	CSR	CRI	CSR	CRI	CSR
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Софія Бродська	31,69	20,29	38,6	22,52	34,6	21,9	37,2	21
Червоний Луч	36,52	29,43	43,3	19,75	38,4	26,8	41,3	27,3
Червоний Луч	34,54	14,12	39,27	14	36,5	14	39,1	14
Червоний Луч	32,65	8,28	35,15	18,65	33,9	12,6	33,9	14,7
Дар'євка	38,25	23,16	35,32	13,2	36,78	17,3	36,78	19,8
Постіково	40,38	18,91	31,74	15,42	33,8	16,7	36,7	17,9
Ровеньки-Антрацит	46,51	19,15	39,31	26,23	42,6	21,4	43,2	23,6
Ровеньки-Антрацит	39,84	18,02	41,69	27,7	40,76	21,6	40,76	23,3
Ровеньки-Антрацит	42,55	22,95	39,3	21,28	40,92	21,8	40,92	22,6
Лобовські копалини	41,33	26,94	37,5	23,28	38,4	24,3	39	25,4
ЦОФ Нагольчанська	32,1	16,79	45,24	17,92	36,55	17,2	40,6	17,7
ЦОФ Нагольчанська	40,21	24,17	42,5	29,17	41,35	25,7	41,35	26,9

Для оцінки впливу хімічного складу антрациту на його показники CRI, CSR були складені кореляційні матриці, які представлені у вигляді таблиць 3, 4.

Таблиця 3 – Кореляційна матриця результатів досліджень показника CRI

	CRI	Зола	Волога	Летючі речовини	Сірка
CRI	1,000	-0,418	-0,098	-0,155	-0,521
Зола	-	1,000	0,297	0,537	0,663
Волога	-	-	1,000	0,206	-0,083
Летючі речовини	-	-	-	1,000	0,572
Сірка	-	-	-	-	1,000

Таблиця 4 – Кореляційна матриця результатів досліджень показника CSR

	CSR	Зола	Волога	Летючі речовини	Сірка
CSR	1,000	-0,412	-0,247	-0,532	-0,532
Зола	-	1,000	0,297	0,537	0,663
Волога	-	-	1,000	0,206	-0,083
Летючі речовини	-	-	-	1,000	0,572
Сірка	-	-	-	-	1,000

З таблиці 3 видно, що між реакційною здатністю й вмістом золи й сірки в антрациті, спостерігається тіснота зв'язку відповідно 0,418 і 0,521. А тіснота зв'язку між гарячою міцністю й вмістом золи, летючих речовин і сірки (табл. 4) дорівнює відповідно 0,412, 0,532, 0,532. Чим ближче тіснота зв'язку до 1, тим вагоміша залежність між досліджуваними значеннями. З вище викладеного слідує, що на показник CRI найбільше впливає вміст золи й сірки у вугіллі, а на показник CSR істотно впливають вміст в антрациті летючих речовин і сірки.

Зазначені залежності відображені на рисунках 1, 2.

З рисунку 1 видно, що при збільшенні вмісту золи й сірки в антрациті показник реакційної здатності знижується. Це можна пояснити тим, що зола є баластом, що сповільнює процес горіння. Найбільш близький показник реакційної здатності до коксу має антрацит з вмістом золи 4-6% і сірки 1,0-1,7%.

З рисунку 2 видно, що термічна стійкість антрациту знижується зі збільшенням вмісту в ньому сірки й летючих речовин. Сірка в антрациті, представлена сульфідними, сульфатними й органічними сполуками, які при спалюванні вугілля виділяються у вигляді газів SO₂, SO₃, H₂S та ін. Утворення даних газів підвищує внутрішні напруження в шматках антрациту, що приводить до зниження їхньої міцності. Летючі представлені газами CO, CO₂, H₂, вуглеводнями, сірчистим газом, паром й ін. Вплив вмісту летючих речовин антрациту на його термічну стійкість аналогічний впливу сірки.

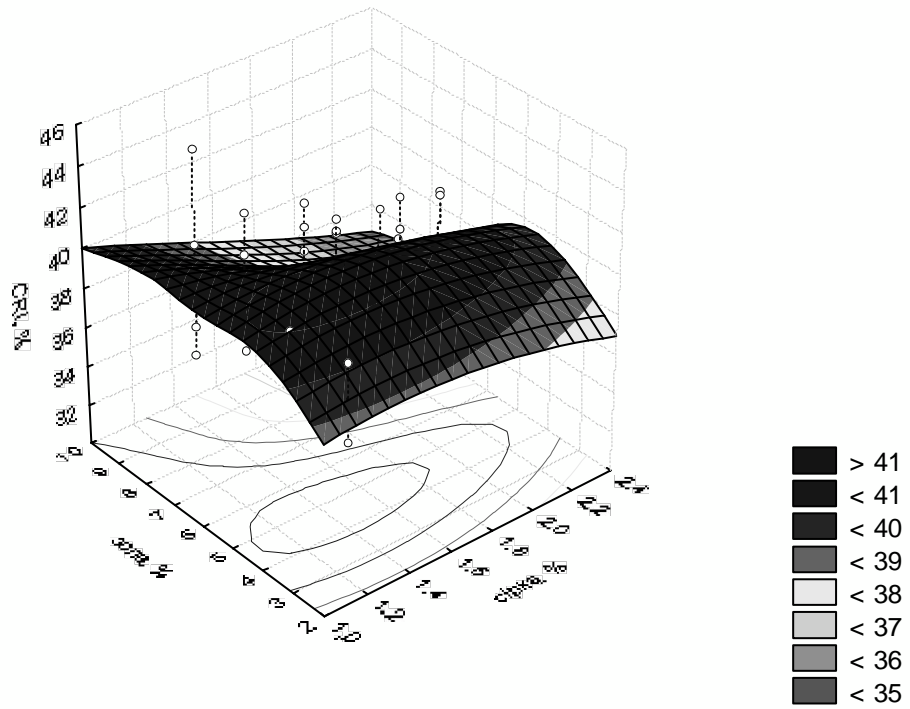


Рисунок 1 - Залежність CRI від вмісту сірки й золи в антрациті

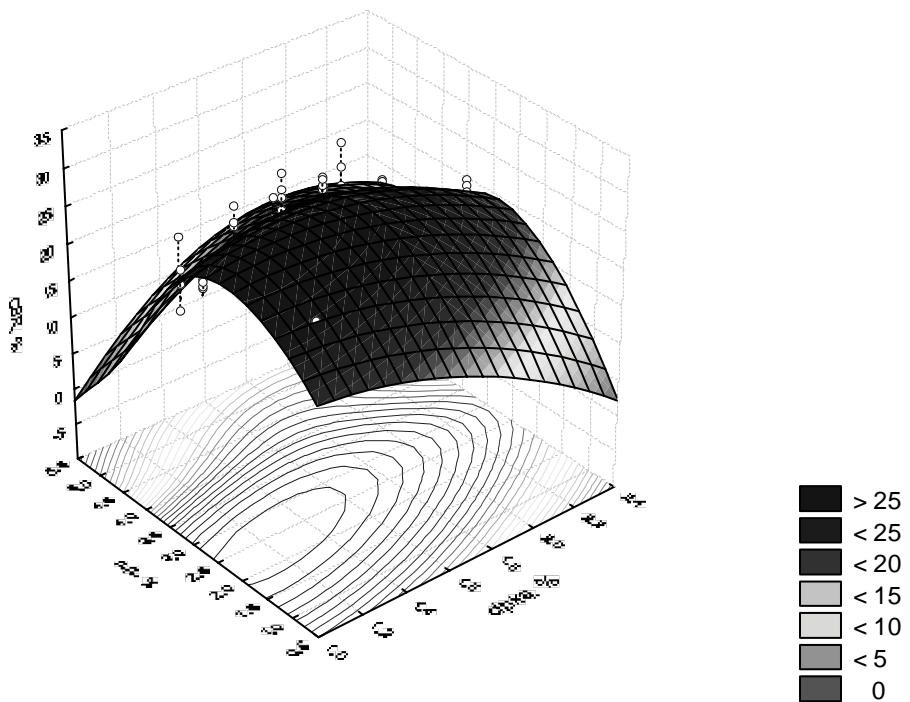


Рисунок 2 - Залежність CSR від вмісту сірки й летючих речовин в антрациті

Максимальне значення показника CSR буде досягтися при вмісті сірки 1,0-1,7% і летючих речовин 1,8-3,1%.

Співставлення характеристик антрацитів, добутих з різних шахт, показано на рисунку 3.

З рисунка 3 видно, що найменший показник реакційної здатності мають антрацити з Постіково, Софія Бродська, а найвищий - ЦЗФ Нагольчанська, Лобовські копалини.

Низький показник гарячої міцності мають антрацити наступних постачальників: Дар'євка, Постіково (рис. 3). Інші вугілля практично не відрізняються цим показником один від одного.

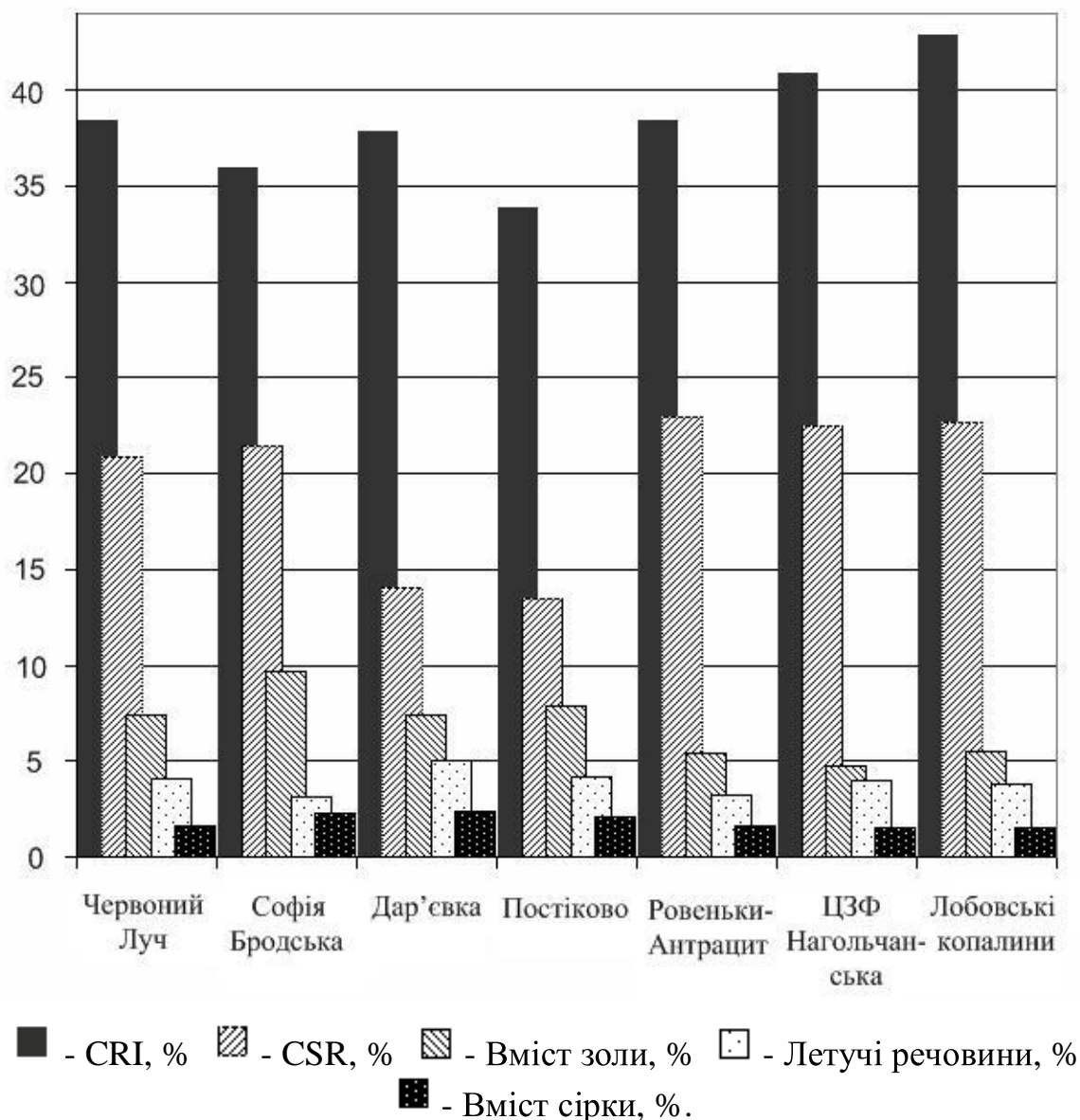


Рисунок 3 - Співставлення характеристик антрацитів, добутих з різних шахт

Для доменної плавки більше прийнятні вугілля шахт Софія Бродська й Ровеньки-Антрацит. Для вугілля цих постачальників характерні відносно низька реакційна здатність і висока гаряча міцність, що необхідно для збереження рівного ходу печі.

Кокс, вироблений у ВАТ «Алчевськкокс», має середній показник реакційної здатності 39,8% і гарячої міцності 43,12%. По реакційній здатності антрацит схожий на кокс, але по гарячій міцності вугілля гірше коксу, приблизно у два рази. Але, незважаючи на це, при виборі правильної системи завантаження антрациту, можлива ефективна заміна ним 50-ти й більше кілограмів коксу на тонну чавуну.

Висновки й напрямки подальших досліджень.

Обрано метод дослідження якості антрациту для використання його в доменній печі. Визначено значення реакційної здатності (CRI) і гарячої міцності (CSR) антрациту добутого на ряді шахт України. Отримано закономірності впливу хімічного складу антрациту на його показники CRI й CSR, відповідно до яких найбільш високим показником CRI володіє антрацит з вмістом золи 4-6% і сірки 1,0-1,7%, а максимальне значення показника CSR буде спостерігатися при вмісті сірки 1,0-1,7% і летючих речовин 1,8-3,1%. На основі показників CRI й CSR антрацитів різних шахт прийнято, що для використання в доменній печі найбільше підходять антрацити, добути на шахтах Софія Бродська й Ровеньки-Антрацит. Надалі плануються дослідження впливу структури антрациту, добутого на ряді підприємств, на його міцність, а так само застосування отриманих результатів для підвищення техніко-економічних показників доменної плавки при використанні антрациту в якості заміника коксу.

Бібліографічний список

- ГОСТ 7714-75. Угли каменные и антрацит. Метод определения термической стойкости.*
- ДСТУ 4703:2006 (ISO 18894:2006, MOD) Кокс. Метод визначення індексу реакційної здатності коксу (CRI) і міцності залишку коксу після реакції (CSR).*

Рекомендовано до друку д.т.н., проф. Петрушовим С.М.