В.С. Волошин¹, д-р техн. наук, проф., ректор, e-mail: rektor2591@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8423-2663>**В.П. Руських¹**, канд. техн. наук, доц., зав. кафедри, e-mail: russkih_v_p@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9711-2599>**Ю.В. Хавалиць¹**, наук. співр., e-mail: uliya1981havalic@gmail.com**Д.С. Зотов²**, канд. техн. наук, директор з технології та якості, e-mail: dmitriy.zotov@metinvestholding.com, <https://orcid.org/0000-0003-0684-5517>**С.А. Каріков²**, начальник доменного цеху, e-mail: sergeykarikov@metinvestholding.com, <https://orcid.org/0000-0001-7311-7267>**Р.Ю. Кірсанов²**, начальник аглодоменного відділу, e-mail: roman.kirsanov@metinvestholding.com, <https://orcid.org/0000-0001-9247-2475>¹ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (Маріуполь, Україна)²Приватне акціонерне товариство «Металургійний комбінат «Азовсталь» (Маріуполь, Україна)

Захаращення горна доменної печі й способи його очищення

Проведено аналіз методів контролю стану робочого обсягу горна доменної печі, розроблено раціональну технологію промивання периферії й усього обсягу горна в умовах роботи доменних печей з подачею в горн пиловугільного палива.

Проаналізовано способи діагностики стану робочого обсягу горна доменної печі, запропоновано методи визначення наявності захаращення горна, встановлено ознаки стійкого захаращення горна, що вимагають вживання спеціальних заходів для його очищення.

Як правило, промивання доменних печей, у тому числі й промивання горна, здійснюють завантаженням у доменні печі спеціальних промивних матеріалів. Такі способи промивання вимагають додаткових розрахунків з коригування витрати флюсу, маси коксу в подачу, очікуваного хімічного складу чавуну та ін.

Розроблено теоретичні обґрунтування можливості промивання периферії горна без завантаження в доменну піч промивних матеріалів, шляхом зменшення витрат кисню дуття на окиснення вуглеводеньвміщуючих домішок.

Проведено критичний аналіз використовуваних способів промивання периферії й повного обсягу горна доменної печі, запропоновано раціональний спосіб здійснення цих операцій, що не порушує рівного ходу доменної печі й без завантаження в доменну піч промивних матеріалів. Метод актуальний для умов роботи доменних цехів металургійних підприємств України, що не мають у достатній кількості промивних матеріалів власного виробництва.

Виконано розрахунки ефективності використання застосовуваних і пропонуваного способів промивання горна доменної печі.

Для умов роботи доменних печей металургійних підприємств України раціональним способом промивання периферії горна є спосіб, заснований на зміні кількості пиловугільного палива, що вдувається в піч в період випуску рідких продуктів плавки.

Ключові слова: доменна піч, робочий обсяг горна, промивання горна, вуглеводеньвміщуючі домішки, пиловугільне паливо, продукти плавки, окиснення елементів чавуну, виробництво чавуну.

Одним з факторів, що обмежують можливості формування доменної плавки й підвищення її економічності, є нагромадження в горні доменної печі продуктів руйнування коксу, що не пройшли через окисну зону у фурмі, що й не встигнули окиснитися компонентами шлаку у процесі його дренажу через коксу насадку. Домішуючись до шлаку, вони утворюють грузлі маси, що відкладаються у різних ділянках горна, у тому числі в периферійній його частині, у міжфурмених зонах, у центрі горна. Стійке скупчення цих мас погіршує рух продуктів плавки й зменшує ємність металоприймача. У зв'язку із цим визначають поняття, яке в практиці називають «активність роботи горна», від якої суттєво залежить таке явище, як відо-

мий розлад ходу доменної печі (ДП), яке називається захаращення горна.

Кількісні й тимчасові характеристики зазначеного явища вивчені недостатньо. Практикою роботи доменних печей встановлено ознаки стійкого захаращення горна, що вимагають вживання спеціальних заходів для його очищення («промивання») [1]. До цих ознак належать: збільшення загального перепаду тиску газу по висоті доменної печі; затримка опускання шихти перед випуском продуктів плавки; прискорений прогар повітряних фурм; нерівномірність випусків чавуну по масі; збільшений вихід графіту й коксовому дріб'язку під час випуску чавуну; значні коливання хімічного складу чавуну по випусках; систематичне зменшення,

у порівнянні зі звичайним, кількості чавуну, що наливається на випуску до появи шлаку; першочерговий вихід із чавунної льотки шлаку при її відкритті. Очищення горна роблять, як правило, шляхом уведення до складу доменних шихт так званих промивних матеріалів, таких як зварювальний шлак, марганцева руда, плавикий шпат, кускова залізна руда, високозакисний агломерат та інші матеріали.

У зв'язку з тим, що основними причинами захащення горнів доменних печей є неплавкі маси на основі коксового сміття, графіту й вапна, то для їхньої розробки необхідно подати в горн розплави з високим вмістом монооксиду заліза й оксиду кремнію й одночасно вжити заходів для недопущення продовження захащення горна.

У багатьох роботах питання, що розглядають захащення й очищення горна [2–6], є численні рекомендації із промивання горнів доменних печей.

Запропоновано для промивання горна вводити в доменну піч додатково до рудної частини шихти плавикий шпат у кількості 8–10 кг на одну тонну чавуну при показаннях теплотімі холоди́льників горна на 10–15 % менше нижньої межі оптимального значення теплотімі для конкретної доменної печі.

Рекомендовано вводити в рудну частину шихти періодично високозакисний агломерат через 30–60 випусків чавуну в кількості 0,3–0,6 обсягу горна.

Запропоновано вантажити в доменну піч зварювальний шлак в суміші з основними компонентами шихти, причому рекомендовано завантажувати зварювальний шлак однієї подачею з агломератом, окатишами, коксом і флюсом із чергуванням 5–20 звичайних подач. Відносно кількості зварювального шлаку запропоновано наступні співвідношення: зварювальний шлак з марганцевою рудою 1:(0,6–3); зварювальний шлак в суміші зі сталеплавильними шлаками 1:(1,5–1,7); зварювальний шлак в суміші з агломератом 1:(0,3–2,5); зварювальний шлак в суміші з коксом 1:(0,3–1,0).

Відомий спосіб промивання горна доменної печі завантаженням у піч дробленого зварювального шлаку фракції 10–100 мм у кожну подачу в кількості 10–70 кг/т чавуну. При цьому вирішуються два завдання – недопущення захащення горна й утилізація відходів металургійного виробництва.

Відомий досвід промивання горнів доменних печей марганцевистим агломератом. Один раз на тиждень по 5–8 годин завантажували в доменні печі промивний агломерат. Використання циклічних промивань поліщило хід доменних печей, інтенсивність плавки по коксу зросла на 3,8 %, а загальний ступінь використання

водню й СО збільшився з 39,9 до 42 %, питома витрата коксу на виплавку чавуну знизилася на 2,8 %, а продуктивність зросла на 5,6 %. У практиці роботи доменного цеху металургійного комбінату ім. Ілліча застосовано оперативний спосіб промивання горна – відключення подачі в доменну піч природного газу на 1–2 доби, що значною мірою сприяло промиванню периферійної частини горна з найменшими втратами продуктивності доменних печей.

По силі промивних властивостей (кількості FeO і SiO₂, що доходять у горн) промивні матеріали розташовуються в наступній послідовності [1] :

– зварювальний шлак, що містить 20–22 % SiO₂, до 50 % FeO, що приходить на рівень середини заплічок зі ступенем відновлення FeO до Fe, рівному приблизно 45 %;

– високозакисний агломерат, зі ступенем відновлення FeO до Fe на рівні 15–20 %;

– брикети БМС-55, що містять закис заліза на рівні 45–50 %;

– марганцева руда з відновленням MnO до Mn близько 2–3 %, але кількість MnO в шлаку обмежена у зв'язку з виплавкою низькомарганцевистих чавунів;

– передільні шлаки, що мають ступінь відновлення не більш 5–10 %, але через незначний вміст у них заліза, їх використання в якості промивних шихт не доцільно;

– залізна руда зі ступенем відновлення 5–10 % залежно від мінералогічного складу, крім того вихідний вміст FeO у більшості залізних руд перебуває на рівні декількох відсотків.

Таким чином, з наведених даних видно, що кращим промивним матеріалом вважається зварювальний шлак, розрахунки показують, що для промивання горна доменної печі обсягом 1719 м³, при повному його захащенні, необхідно завантажити 287 т зварювального шлаку, а при центральному захащенні горна маса зварювального шлаку складе 86 т.

У доменному цеху металургійного комбінату «Азовсталь» у якості промивних шихт використовують щебені з конвертерного шлаку, брикети металургійної металовміщуючі БМС-55, руду залізну доменну.

Хімічний склад застосовуваних у доменному цеху промивних шихт представлено в табл. 1.

Аналізуючи хімічний склад застосовуваних промивних матеріалів видно, що щебені із цією метою застосовувати не слід. Промивний матеріал повинен характеризуватися високим вмістом закису заліза й оксиду кремнію. Закис заліза газифікує коксове сміття, оксид кремнію сприяє зниженню в'язкості шлаків.

Таблиця 1

Усереднений хімічний склад промивних шихт

Найменування матеріалу	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	Fe	Mn	MnO	CaO	MgO	P	S
Щебені зі шл. конв.	17,1	1,9	9,6	19,2	21,6	1,7	2,2	41,7	6,8	0,28	0,18
Брикет БМС-55	6,8	1,8	28,0	46,0	56,0	1,2	1,5	7,3	1,2	0,05	0,16
Руда залізна	22,9	2,07	70,15	2,42	48,9	0,1	0,13	0,45	0,2	0,04	0,01

Таблиця 2

Тривалість завантаження й маса промивних матеріалів

Показники	ДП-2		ДП-3		ДП-4	
	Вересень	Жовтень	Вересень	Жовтень	Вересень	Жовтень
Тривалість, доба	16	16	29	14	17	16
Щеб. конв. шл., т	851	690	1502	297	730	756
Брик. БМС-55, т	1157	747	34	327	227	1188
Залізна руда, т	–	–	653	–	377	–
Усього, т	2008	1437	2198	624	1334	1944

Призначення щебенів більшою мірою доцільно використовувати в якості основного флюсу.

Кускова залізна руда споконвічно не містить закиси заліза, однак залізо в ній не може повністю відновитися, тому переходить у шлак з високим вмістом FeO, що й потрібно для промивання горна.

Найбільш доцільно в якості промивного матеріалу використовувати брикети БМС-55. Завантаження промивних шихт у доменні печі «ПРАТ МК «Азов-сталь» у вересні – жовтні 2020 року представлено в табл. 2.

Як видно з табл. 2 у доменну піч № 2 у вересні з 8 по 21 число промивні матеріали практично не завантажувалися. У дні промивань як промивні матеріали використовували щебені з конвертерного шлаку і брикети БМС-55 (див. табл. 2). Максимальна витрата щебенів була 04.09 і склала 57,47 кг на тонну виплавленого чавуну. Середня витрата щебенів за вересень місяць склала 14,07 кг/т чавуну. 23 вересня в піч було завантажено максимальну кількість брикетів, їх витрата склала 38 кг/т чавуну.

У жовтні перші два дні промивання доменної печі № 2 здійснювали завантаженням брикетів, витрата яких склала 34 кг/т чавуну. Наступне завантаження промивних шихт у піч зроблено в період з 6 по 9 жовтня, при цьому в якості промивних матеріалів використовували одночасно щебені конвертерного шлаку і брикети БМС-55. Сумарна їхня витрата досягала 58 кг/т чавуну. З 10 по 21 жовтня промивні матеріали в доменну піч не завантажувалися. З 22 по 31 жовтня в доменну піч завантажували переважно щебені з максимальною його витратою 22,67 кг/т чавуну. 30 і 31 жовтня завантажували щебені й брикети БМС-55, сумарна витрата склала 38 кг/т чавуну 30 жовтня й 52 кг/т 31 жовтня.

Усього в жовтні в доменну піч № 2 було завантажено 690 т щебенів з конвертерного шлаку, 749 т брикетів БМС-55, що склало 8,1 і 7,48 кг/т чавуну відповідно.

У доменну піч № 3 з 1 по 7 вересня завантажували щебені конвертерного шлаку з питомою його витратою від 15 до 36 кг/т чавуну, 1–3 вересня залізну руду з витратою 3,54–14,78 кг/т в окрему добу. З 9 вересня й до кінця місяця в доменну піч завантажували залізну руду, витрата якої коливалася від 3,47 до 14,63 кг/т чавуну в окрему добу. Усього у вересні в до-

менну піч № 3 було завантажено 1502,39 т щебенів (питома витрата 12,62 кг/т); 34,92 т брикетів (питома витрата 0,29 кг/т); 653,71 т залізної руди (питома витрата 5,49 кг/т). Усього в жовтні в доменну піч № 2 було завантажено 690 т щебенів з конвертерного шлаку, 749 т брикетів БМС-55, що склало 8,1 і 7,48 кг/т чавуну відповідно.

У доменну піч № 3 з 1 по 7 вересня завантажували щебені конвертерного шлаку з питомою його витратою від 15 до 36 кг/т чавуну, 1–3 вересня залізну руду з витратою 3,54–14,78 кг/т в окрему добу. З 9 вересня й до кінця місяця в доменну піч завантажували залізну руду, витрата якої коливалася від 3,47 до 14,63 кг/т чавуну в окрему добу. Усього у вересні в доменну піч № 3 було завантажено 1502,39 т щебенів (питома витрата 12,62 кг/т); 34,92 т брикетів (питома витрата 0,29 кг/т); 653,71 т залізної руди (питома витрата 5,49 кг/т).

У жовтні в доменну піч № 3 з 1 по 12 число завантажували залізну руду, питома витрата якої коливалася від 3,57 до 12,8 кг/т, 6–8 жовтня завантажували щебені. Мінімальна витрата – 11,07 кг/т 8 жовтня, максимальна витрата – 25,47 кг/т 7 жовтня. З 13 по 21 жовтня – зупинка доменної печі.

Після задувки доменної печі 30-го й 31-го жовтня в доменну піч завантажили відповідно 53,11 і 64,21 т щебенів.

Усього в жовтні в доменну піч завантажили 298,287 т щебенів 327 т залізної руди (4,69 і 5,14 кг/т чавуну відповідно).

У доменну піч № 4 з 1 по 7 вересня як промивний матеріал завантажували щебені з конвертерного шлаку. Усього було завантажено 730 т, питома витрата по окремій добі коливалася від 14,59 до 36,46 т/т чавуну. Третього й четвертого, 18, 19, 27 вересня було завантажено в цілому 253 т брикетів. З 10-го по 19 вересня як промивний матеріал використовували залізну руду. Завантажено за цей період 377,59 т залізної руди, питома витрата по окремій добі коливалася від 4,24 до 12,42 т/т чавуну. 8, 9, 20, 21 і з 23 по 30 вересня промивні матеріали в доменну піч не завантажувалися. Усього у вересні в доменну піч № 4 було завантажено 759,13 т щебенів; 253,92 т брикетів і 407,75 т залізної руди.

У жовтні 2–4, 7–8, 24–25 і 30–31 числа в доменну піч № 4 завантажували брикети БМС-55, усього було завантажено 1190,4 т, питома витрата по окремій добі коливалася від 21,75 до 45,92 т/т чавуну. З 6 по 8

і з 22 по 31 жовтня завантажувалися щебені з конвертерного шлаку, усього було завантажено 756,16 т, питома витрата по окремій добі коливалася від 11,67 до 71,33 т/т чавуну.

На основі аналізу застосовуваних у доменному цеху промивних доменних печей металургійного комбінату «Азовсталь» можна зробити висновок, що не всі застосовувані в цеху промивні матеріали мають високу промивну здатність. Приміром, щебені з конвертерного шлаку за хімічним складом більшою мірою мають властивості основного флюсу.

Ефективність промивання горна доменної печі різними промивними матеріалами визначалася за ступенем промивних властивостей кожного з них. При цьому допускалося, що FeO, що втримується в промивному матеріалі, повністю переходить у шлак, а Fe₂O₃ промивного матеріалу відновлюється до FeO, який теж переходить у шлак. У такий спосіб визначався теоретично можливий, максимальний ступінь використання промивних властивостей матеріалів, що завантажуються. У доменній печі цього досягти неможливо. Так, наприклад, зварювальний шлак, що містить до 50 % FeO, надходить на рівень середини заплічок зі ступенем відновлення FeO до Fe, рівним приблизно 45 %. Однак, виконані розрахунки дозволяють по силі промивних властивостей матеріали розташувати в певній послідовності. Розрахунки зроблено на одиницю маси промивного матеріалу (на 1 кг).

Залізна руда. Прийнятий вміст закису заліза – 2,5 %, вміст заліза – 47 %. Вміст заліза у вигляді FeO: $2,5 \cdot 56 / 72 = 1,9$ %. Вміст заліза у вигляді Fe₂O₃: $47 - 1,9 = 45,1$ %. Маса Fe₂O₃: $45,1 \cdot 160 \cdot 1000 / (112 \cdot 100) = 644$ г.

Маса FeO при відновленні Fe₂O₃ за реакцією:

Маса FeO в 1 кг залізної руди: $1000 \cdot 2,5 / 100 = 25$ г.
Загальна маса FeO: $579,6 + 25 = 604,6$ г.

Маса газифікованого вуглецю за реакцією:

Подібним методом розраховано промивну здатність щебенів зі шлаку конвертерного, зварювального шлаку, брикетів БСМ-55, шлаків металургійного ви-

робництва ПАТ «Енергомашспецсталь». Результати розрахунків наведено в табл. 3.

Як видно з наведених даних, найбільшою промивною здатністю володіє зварювальний шлак. Представлені дані дають тільки якісну характеристику промивних матеріалів, але послідовність промивних властивостей зберігається.

Розроблено способи промивання горна доменної печі без використання промивних матеріалів, за рахунок зменшення кисню дуття на окиснення вуглецю й водню вуглеводеньвміщуючих домішок [7]. У цьому випадку збільшується частка кисню на окиснення елементів чавуну, зокрема, на окиснення заліза.

Розрахунки маси газифікованого вуглецю в горні доменної печі при скороченні вдмухування природного газу на 1 кг. Окиснення вуглецю природного газу протікає за реакцією:

При окисненні вуглецю з 16 кг природного газу потрібно 16 кг кисню, отже, при скороченні витрати природного газу на 1 кг потреба кисню на окиснення вуглецю природного газу зменшується так само на 1 кг. Маса газифікованого вуглецю з горна доменної печі при цьому відповідно до реакції $\text{C} + 0,5\text{O}_2 = \text{CO}$ складе 750 г.

Нижче наведено розрахунки маси газифікованого вуглецю в горні доменної печі при зниженні витрати пилувугільного палива (ПВП) на 1 кг. У розрахунках прийнятий вміст вуглецю ПВП 72 %. Маса вуглецю в 1 кг ПВП – 720 г. Зменшення витрати кисню на окиснення вуглецю ПВП за реакцією:

Увесь цей кисень у вигляді FeO йде на окиснення вуглецю в горні доменної печі: $\text{C} + 0,5\text{O}_2 = \text{CO}$, $m_{\text{C}} = 1344 \cdot 12 / 11,2 = 1440$ г.

При окисненні вуглецю пилувугільного палива не до CO₂, а до CO, маса газифікованого вуглецю складе 720 г.

У розрахунках прийнято, що весь кисень витрачається на окиснення заліза, не враховується кисень, що витрачається на окиснення інших хімічних елементів чавуну (вуглецю, кремнію, марганцю). Але

Таблиця 3

Промивна здатність матеріалів

№	Промивний матеріал	Fe, %	FeO, %	Маса газ. вугл., г
1	Зварювальний шлак	67,2	57	144
2	Шлак металургійний	64,2	54,3	137,5
3	Брикети БМС-55	56	46	120,1
4	Залізна руда	47	2,5	100,8
5	Щебені конвертерного шлаку	20	16,9	72

тому що заліза в чавуні 94–95 %, у кілька раз більше інших елементів, то цілком можливо допустити, що найбільше окисниться залізо. У розрахунках також не враховується витрата кисню на окиснення летучих речовин пиловугільного палива.

Розрахунки показують, що ефективність промивання горна доменної печі зниженням витрати вуглеводеньмісуючих домішок до дуття, значно ефективніше завантаження в печі промивних матеріалів.

Висновки

1. Не всі застосовувані промивні матеріали мають високу промивну здатність. Наприклад, щебені з кон-

вертерного шлаку за хімічним складом більшою мірою мають властивості основного флюсу.

2. Слід дотримуватися плановості профілактичних промивань доменних печей. Необхідно суворе дотримання графіка промивань доменних печей.

3. Ефективність промивань знижується при використанні введення до складу шихти промивних матеріалів малими кількостями в подачу в суміші з іншими шихтовими матеріалами.

4. Доцільно розробити технологію промивання горна доменної печі періодичним припиненням (скороченням) подачі в доменні печі пиловугільного палива.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лялюк В.П. Современные проблемы технологии доменной плавки. Днепропетровск: «Пороги», 1999. 162 с.
2. Литвиненко В.И., Лаврентьев М.Л., Бердник А.А. Загромождения горна доменной печи. *Сталь*. 1966. № 2. С. 113–116.
3. Каменев Р.Д., Боклан Б.В., Лялюк В.П. и др. Математическая модель накопления и истечения продуктов плавки из доменной печи. *Известия вузов. Черная металлургия*. 1986. № 3. С. 12–15.
4. Готлиб А.Д. Доменный процесс. Изд. 2. М.: Металлургия, 1966. 504 с.
5. А. с. № 1216199, СССР. МКП С21В 3/00. Способ подачи восстановительных добавок в доменную печь / И.Т. Хомич, И.Г. Товаровский, В.И. Бондаренко и др. 1986.
6. А. с. № 1528793, СССР. Способ промывки горна доменной печи / В.П. Лялюк, А.А. Шидловский, И.И. Дышлевич. Кл. С 21 в 3/00. 1989.
7. А. с. № 1404524, СССР. МКП С21В 3/00. Способ промывки горна доменной печи, работающей с подачей восстановительных добавок / И.Г. Товаровский, В.П. Лялюк, В.Н. Хомич и др. 1988.

Надійшла 25.06.2021

REFERENCES

1. Lyalyuk, V.P. (1999). Modern problems of blast-furnace smelting technology. Dnipropetrovsk: «Porohy», 162 p. [in Russian].
2. Litvinenko, V.I., Lavrent'yev, M.L., Berdnyk, A.A. (1966). Blocking the hearth of a blast furnace. *Steel*, no. 2, pp. 113–116 [in Russian].
3. Kamenev, R.D., Boklan, B.V., Lyalyuk, V.P. et al. (1986). Mathematical model of accumulation and expiration of melting products from a blast furnace. *Izvestiya vuzov. Chernaya metallurgiya*, no. 3, pp. 12–15 [in Russian].
4. Hotlib, A.D. (1966). Domain process. Edition 2. Moscow: Metallurgiya, 504 p. [in Russian].
5. A. s. no. 1216199, SRSR. MKP C21B 3/00 (1986). Method of supplying reducing additives to a blast furnace, I.T. Khomych, I.G. Tovarovsky, V.I. Bondarenko et al. [in Russian].
6. A. s. no. 1528793, SRSR (1989). Method of washing the hearth of a blast furnace, V.P. Lyalyuk, A.A. Shydlovs'kyi, I.I. Dyshlevich. Kl. S 21 v 3/00 [in Russian].
7. A. s. no. 1404524, SRSR. MKP C21B 3/00 (1988). Method for washing the hearth of a blast furnace operating with the supply of reducing additives, I.G. Tovarovsky, V.P. Lyaluk, V.N. Khomich et al. [in Russian].

Received 25.06.2021

Summary

V.S. Voloshin¹, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Rector,
e-mail: rektor2591@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8423-2663>
V.P. Russkikh¹, PhD (Engin.), Associate Professor, Head of the Department,
e-mail: russkikh_v_p@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-9711-2599>
Yu.V. Khavalits¹, Researcher, e-mail: uliya1981havalic@gmail.com
D.S. Zotov², PhD (Engin.), Director of technology and quality,
e-mail: dmitriy.zotov@metinvestholding.com,
<https://orcid.org/0000-0003-0684-5517>
S.A. Karikov², Head of the blast furnace shop,
e-mail: sergeykarikov@metinvestholding.com,
<https://orcid.org/0000-0001-7311-7267>
R.Yu. Kirsanov², Head of the sintering and blast furnace department,
e-mail: roman.kirsanov@metinvestholding.com,
<https://orcid.org/0000-0001-9247-2475>

¹*SHEI "Pryazovskyi State Technical University" (Mariupol, Ukraine)*

²*Private Joint Stock Company "Azovstal Iron & Steel Works" (Mariupol, Ukraine)*

Blast furnace hearth overloading and the methods of its cleaning

The analysis of the methods of control of the state of the useful capacity of blast furnace hearth was carried out, the rational technology of flushing the periphery and the entire hearth volume under operation conditions of blast furnaces with supply of coal powder fuel was developed.

The diagnostic techniques of the state of the useful capacity of blast furnace hearth were analyzed, methods of determination of presence of hearth overloading were proposed, the signs of solid hearth overloading, requiring application of special measures of its cleaning were found out.

As a rule, blast furnaces, including their hearths are flushed by charging some special flushing materials into blast furnaces. These flushing methods require additional calculations for flux consumption, coke mass into the charge, estimated cast iron chemical composition et al.

Theoretical fundamentals of the possibility of flushing of the periphery of hearth without charging of flushing materials, by reducing consumption of oxygen blast for oxidizing hydrocarbonaceous additions were developed.

The work also contains a critical analysis of application of the methods of flushing of the periphery and the entire volume of blast furnace hearths and a rational method of carrying out these operations was proposed that does not alter an even run of a blast furnace and does not presume charging of any flushing materials into the furnace. This method is quite vital for operational conditions of blast furnace shops of iron and steel works of Ukraine, that face shortage of flushing materials of domestic production.

The efficiency of application of the existing and proposed methods of flushing blast furnace hearths was estimated.

For operation conditions of iron and steel works of Ukraine the method of hearth periphery flushing, based on alternation of the amount of coal powder fuel which is blown into the furnace during the period of discharge of liquid smelting products seems to be more rational.

Keywords

Blast furnace, hearth useful capacity, hearth flushing, hydrocarbonaceous additions, coal powder fuel, smelting products, cast iron elements oxidation, cast iron production.