

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії та організації виробництва

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП



Юрій РЕКОВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Аглодоменне виробництво»
за спеціальністю 136 Металургія

на тему **«Обґрунтування заходів по підвищенню ефективності
управління розподілом шихти в доменній печі»**

Керівник роботи

Максим БОЙКО

Наставник від бази
практики

Вадим ОПОЛОНІН

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Олександр КОПИТЬКО

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Олександр ФОМЕНКО

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>металургії та організації виробництва</u>
Ступінь вищої освіти	<u>магістр</u>
Спеціальність	<u>136 Металургія</u>
ОПП	<u>Аглодоменне виробництво</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант ОПП

Юрій РЕКОВ

25 грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Копитько Олександр Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи «Обґрунтування заходів по підвищенню ефективності управління розподілом шихти в доменній печі»
керівник роботи Бойко Максим Миколайович, доцент, канд. техн. наук.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №238/14.10.2024 від 14.10.2024 р
- Термін подання роботи: 15 лютого 2025 р.
- Вихідні дані до роботи Навчальна, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики доменного виробництва, науково-технічні літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПрАТ «Запоріжсталь».
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналітичні дослідження завантаження та розподілу шихтових матеріалів на колошнику доменної печі. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз даних роботи доменної печі при застосуванні різних схем та режимів завантаження матеріалів. Визначення взаємозв'язків впливу типу систем завантаження, режимів завантаження та основних техніко-економічних показників роботи доменної печі. Розробка пропозицій по покращенню розподілу матеріалів в доменній печі. Розділ 3. Охорона праці в доменному цеху. Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
- Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 7 слайдів основної частини, 1 слайд економічна частина.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Розділ 1	Бойко М.М., доцент
Розділ 2	Бойко М.М., доцент
Розділ 3	Бойко М.М., доцент
Розділ 4	Латишева О.В, доцент

7. Дата видачі завдання 25.12.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Теоретичний розділ (Аналітично-пошуковий)	25.12.2024-03.01.2025
2	Розділ 2. Технологічний розділ	03.01.2025-23.01.2025
3	Розділ 3. Охорона праці	23.01.2025-26.01.2025
4	Розділ 4. Економічний розділ	26.01.2025-30.01.2025
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, автореферат	30.01.2025-03.02.2025
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	03.02.2025-05.02.2025
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	05.02.2025-15.02.2025
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	15.02.2025-20.02.2025

Здобувач

Олександр КОПИТЬКО

Керівник роботи

Максим БОЙКО

АНОТАЦІЯ

Копитько О.Г. Обґрунтування заходів по підвищенню ефективності управління розподілом шихти в доменній печі. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Аглодоменне виробництво» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2025.

Об'єкт дослідження – доменні печі №№2-4 ПАТ «Запоріжсталь».

Предмет дослідження – завантажувальні пристрої доменних печей.

Основним напрямком підвищення технічного рівня доменної плавки є модернізація і технічне переозброєння діючих печей (ДП) при проведенні капітальних ремонтів. Одним із напрямків модернізації є перехід від застарілих, конусних засипних апаратів на лоткові безконусні завантажувальні пристрої (БЗП), що дозволить розширити можливості керування розподілом шихти. Також перехід на безконусні засипні апарати є економічно вигідним, оскільки вони зменшують витрати на матеріали та ресурси, які використовуються для виробництва чавуну.

Розглянуто можливість економії питомої витрати коксу для доменної печі, на прикладі ДП№4 ПАО «Запоріжсталь», яка може досягнути до 4% або порядку млн.грн на рік у цінах 20.....р, а це є доцільним вирішенням для підприємства яке прагне покращити свою ефективність та якість свого виробництва в майбутньому. Розглянуто питання техніки безпеки та охорони праці.

ДОМЕНА ПІЧ, ВИРОБНИЦТВО ЧАВУНУ, ШИХТА, ТА РЕЖИМІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ, ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА КОЛОШНИКУ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ	6
1.1 Загальна характеристика доменних печей	6
1.2 Профіль доменної печі	8
1.3 Основні експлуатаційні фактори визначаючі терміни служби завантажувальних пристроїв	12
1.4 Процес виробництва чавуну	13
1.5 Структурна схема Доменного цеху ПАО «Запоріжсталь»	15
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	17
2.1 Статистичний аналіз даних роботи доменної печі при застосуванні різних схем та режимів завантаження матеріалів	17
2.2 Визначення взаємозв'язків впливу типу систем завантаження, режимів завантаження та основних техніко-економічних показників роботи доменної печі	22
2.3 Розробка пропозицій по покращенню розподілу матеріалів в доменній печі	25
3 ОХОРОНА ПРАЦІ В ДОМЕННОМУ ЦЕХУ	32
3.1 Основні напрямки забезпечення безпечних умов праці	32
3.2 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів на ділянці доменного цеху	34
4 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	38
4.1 Собівартість чавуну	38
4.2 Визначення зниження питомої витрати коксу	39
ВИСНОВКИ	42
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
ДОДАТОК А	45
ДОДАТОК Б	50

ВСТУП

Технологічна схема виробництва чавуну в доменних печах передбачає використання значної кількості різних агрегатів, пристроїв, машин, механізмів, робота яких в значній мірі визначає ефективність доменної плавки. Сучасна доменна піч являє собою металургійний агрегат складної конструкції та безперервної дії. Корисний об'єм її робочого простору досягає 5000 м³ і більше. Така піч щодоби може переробляти до 25000 т шихтових матеріалів, споживати до 20000 т збагаченого киснем повітря, виплавляти до 13000 т чавуну й до 4000 т шлаків, видавати до 28000 т колошникового газу.

Гарантією нормальної роботи доменної печі є надійне й ефективно працююче встаткування. При виборі режиму роботи встаткування виходять із технологічних вимог процесу ведення печі. Сучасна піч оснащена новітніми засобами діагностики роботи обладнання, контролю за ходом доменного процесу, системами механізації й автоматизації всіх виробничих процесів. Робота на такій печі висуває високі вимоги до технологічного персоналу в частині знань теорії процесу, конструкції та обладнання доменної печі, а також практичних навичок й умінь, відповідальності й самостійності в прийнятті рішень по керуванню таким складним агрегатом.

1 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА РОЗПОДІЛУ ШИХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА КОЛОШНИКУ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

1.1 Загальна характеристика доменних печей

Доменна піч являє собою металургійний агрегат шахтного типу для виплавки чавуну із залізорудної сировини з використанням твердого палива – коксу. Вона відноситься до плавильних агрегатів безперервної дії, у яких процеси термічної та хімічної обробки шихти здійснюються при наявності протитечійного руху матеріалів і газів. На рис 1.1 наведений розріз сучасної доменної печі.

Важливим елементом конструкції доменної печі є її робочий простір. Він представляє собою в середині печі посудину, геометрична форма якої обмежується вогнетривкою кладкою бокових стінок та дном печі (лещаді). В робочому просторі протікає весь комплекс взаємопов'язаних та взаємообумовлених процесів, що забезпечують перехід вихідних шихтових матеріалів в продукти доменної плавки. Саме необхідність забезпечення високої ефективності доменного процесу висуває певні вимоги до геометричної форми робочого простору печі. Робочий простір повинен забезпечити:

- протитечійний рух шихтових матеріалів зверху вниз та газів знизу вверху;
- оптимальні умови для протікання різних процесів у відповідних зонах по висоті та перерізу печі;
- можливості ефективного управління технологічним процесом доменної плавки;
- умови для підвищення продуктивності доменної печі та зменшення витрат енергетичних ресурсів;
- стабільність конфігурації та розмірів впродовж кампанії печі.

Основними характеристиками робочого простору є його профіль за вертикальним осьовим та горизонтальним перерізами і корисний об'єм [1-5].

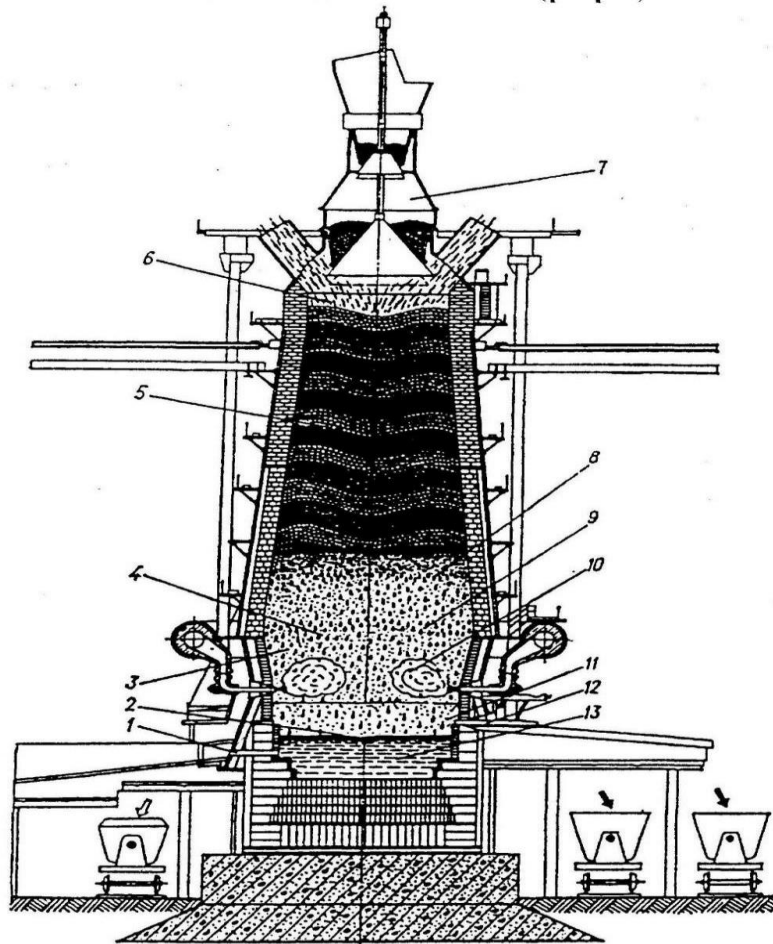


Рисунок 1.1 – Загальний вид доменної печі (розріз): 1 – чавунна льотка; 2 – горн; 3 – заплечики; 4 – розпар; 5 – шахта; 6 – колошник; 7 – завантажувальний пристрій; 8 – зона утворення чавуну; 9 – зона утворення шлаків; 10 – зона горіння коксу; 11 – шар шлаків; 12 – шлакова льотка; 13 – шар чавуну

1.2 Профіль доменної печі

Профілем називають внутрішній обрис робочого простору доменної печі в площині її перерізу. В залежності від типу перерізу конфігурація профілю суттєво відрізняється. Так, в горизонтальному перерізу печі він представляє собою коло. Що до вертикального осьового перерізу (рис. 1.2), то він має складну конфігурацію, обумовлену характером різних фізико-хімічних процесів, що протікають на різних рівнях по висоті робочого простору печі. В даному випадку профіль умовно ділиться на п'ять частин, що відрізняються одна від одної за технологічним призначенням і формою (зверху вниз, як показано на рис. 1.2): колошник, шахта, розпар, заплечики і горн.

Колошник доменної печі – багатоповерхова металева конструкція для розміщення на ній комплексу механізмів та обладнання, що забезпечує завантаження в доменну піч шихтових матеріалів, монтаж та демонтаж засипного апарату та іншого обладнання під час ремонтів печі. У колошниковий пристрій входять також газовідведення системою клапанів. Основною частиною колошника є вертикальна металева конструкція – копер (потужна) конструкція, що спирається на колошниковий майданчик, служить основою для кріплення всіх деталей колошникового пристрої). На колошниковому копрі кріпляться майданчики для балансірів конусів засипного апарату, шківів скіпового підйому та обслуговування атмосферних клапанів, різних люків та заглушок на вертикальних газовідведеннях. До нього ж приєднується приймальна пряма вирва засипного апарату та консольна балка з вантажопідйомним візком для обслуговування ремонтних робіт на колошнику [1-5].



Рисунок 1.2 – Профіль доменної печі: H – повна висота; H_0 – корисна висота; h – висота "мертвого" шару (зумпфа); h_3 – висота заплечиків; h_p – висота розпару; $h_{ш}$ – висота шахти; h_k – висота колошника; d_g – діаметр горна; d_k – діаметр колошника; D – діаметр розпару; α – кут нахилу шахти; β – кут нахилу заплечиків

В 1959 році на заводі "Запоріжсталь" (Україна) була задута доменна піч із триконусним завантажувальним пристроєм. Кілька таких апаратів були закуплені японськими фірмами й в 1963 році на одній з доменних печей Японії були проведені дослідження аналогічного завантажувального пристрою, а незабаром там же з'явилося й чотириконусне обладнання. Два малі конуси виконували функції газового затвора, утворюючи шлюзову камеру, у якій містилася вся подача. Великий конус виконував тільки функцію накопичувача шихти й завантаження її на колошник. Тиск над великим конусом підтримувався

постійним і більш високим, ніж тиск колошникового газу, за рахунок подачі чистого газу в нижнє міжконусний простір. Функції обертового розподільника виконував верхній малий конус зі своєю воронкою, обладнаною, природно, сальниковим ущільненням.

Шахта – найбільша по висоті й об'єму частина робочого простору. Основним технологічним призначенням цього елемента профілю є надання достатнього об'єму та забезпечення часу для підготовки (нагрівання і відновлення) залізорудної частини шихти для зони плавлення. У верхній частині шахти шихтові матеріали перебувають у стані, близькому до вихідного, а в нижній частині, – нагріті до температури, за якої починається розплавлення залізорудних матеріалів з утворенням первинних чавуну й шлаків. Отже, крім нагрівання, залізорудні матеріали проходять найскладніші стадії фізико-хімічних перетворень. У результаті термічного розширення й структурних перетворень, з одного боку – об'єм шихтових матеріалів збільшується, а, з іншого, – ці матеріали суттєво руйнуються, що призводить до значного погіршення газопроникності шихти. Щоб уникнути костриння шихти через збільшення бічного тиску на стінки печі та підйомної сили газів, шахта печі виконується у вигляді усіченого конуса, розширеного до низу. Така форма шахти відповідає й зміні об'єму та температури газів по висоті печі.

Розпар – сама широка частина печі. Тут починається розм'якшення й плавлення залізорудних матеріалів. При роботі печі на підготовленій шихті зона розм'якшення й плавлення має обмежену висоту, що й визначає висоту розпару на рівні 1,7-2,0 м незалежно від об'єму печі [1-5].

Заплечики – виконуються у вигляді усіченого конуса, звуженого до низу. Це відповідає зміні об'єму шихти: після розплавлення залізорудних матеріалів у розпарі об'єм кускових матеріалів зменшується приблизно в 2 рази. Заплечики заповнені тільки коксом, який утворює так звану верхню

коксіву насадку, через яку фільтруються чавун і шлаки при стіканні в горн печі. В той же час така форма заплечиків має забезпечити віддалення стін заплечиків та розпару від впливу високих температур фурмених вогнищ, збільшити об'єм середньої частини печі та створити умови для оптимального руху матеріалів і газів по перерізу розпару і шахти. Висота заплечиків визначається, головним чином, конфігурацією й довжиною окисних зон, у яких згоряє кокс та замітники коксу, що вдуваються в горн печі через повітряні фурми. Для печей різного об'єму висота заплечиків змінюється від 3,2 до 3,7 м.

Горн – сама нижня частина робочого простору печі, що є заповнена коксом і працює в найбільш важких умовах. Горн має циліндричну форму й ділиться на металоприймач і фурмену зону. У металоприймачеві накопичуються рідкі продукти плавки, – чавун і шлаки; в ньому розташовуються чавунні й шлакові льотки. При малому питомому виході шлаків (менш 400 кг/т чавуну) необхідність у шлакових льотках відпадає, а весь шлак випускається з печі разом із чавуном через чавунні льотки. Подину металоприймача називають лещадю. Частина металоприймача від лещаді до осі чавунних льоток (h) називають зумпфом. Ця частина горна постійно заповнена чавуном, що утворює так званий "мертвий шар". Це роблять для захисту лещаді від впливу високих і змінних температур продуктів плавки та механічного вимивання її кладки чавуном. Висота мертвого шару на сучасних печах становить $h_{\text{мш}} = (0,1 \div 0,2) \cdot d_{\text{Г}}$, м (без обліку розпалу лещаді) [1-5].

У фурменій зоні, у самій верхній частині горна, по всій його окружності, розташовані повітряні фурми для подачі гарячого дуття.

Висота горна, звичайно, повинна порівнюватися з об'ємом печі та її продуктивністю, але не може бути надмірно великою, щоб не віддаляти

фурмені вогнища від поверхні продуктів плавки, а підтримувати температуру в горні на досить високому рівні.

1.3 Основні експлуатаційні фактори визначаючі терміни служби завантажувальних пристроїв

1.3.1 Якість шихтових матеріалів. Великий вміст дрібної фракції (до 5 мм) сприяє підвищеному виносу колошникового пилу і призводить до швидкого зношування контактних поверхонь при порушенні щільності їх сполучення.

1.3.2 Розлад нормальної роботи печі (нерівний хід, незадовільний розподіл газового потоку, опади тощо) призводять також до збільшення винесення колошникового пилу.

1.3.3 Нагрів великого конуса та чаші до температури 500 °С (773 °К) і вище призводить до значного зниження зносостійкості контактних поверхонь, характеристик міцності матеріалу, посилення повзучості. Різкі зміни температури колошникових газів, що відходять, а також перепад температури по газопроводах вище допустимого призводять до короблення чаші і конуса, в результаті чого утворюються нещільності.

1.3.4 Перекіс та надмірне підвищення рівня насипу, а також неправильні показання зондів можуть призвести до нещільного примикання великого конуса до чаші та пошкодження штанги та підвіски великого конуса.

1.3.5 Попадання води на контактну поверхню сполучних вузлів засипного апарату (найчастіше з водяного затвора ВРШ, у місцях введення газопроводів, зрівняльних клапанів і паропроводів у газовий затвор) викликає руйнування наплавлення зносостійкого матеріалу.

1.3.6 Нерівномірне розподілення газового потоку, а також нерівномірний сход шихти з великого конуса ведуть до розгойдування великого конуса, який починає закриватися з перекосом і з сильними ударами об чашу, внаслідок чого виникають нещільності в контактній частині і руйнується наплавлення. Сильні удари великого конуса при його закриванні відбуваються також через незадовільну налагодження електроустаткування гідравліки керування конусами.

1.3.7 Тимчасові порушення щільності між контактними поверхнями засипного апарату, налипання сирої руди, потрапляння сторонніх предметів на контактну поверхню можуть призвести до появи стабільного продування в цьому місці.

1.3.8 Несправності аварійного характеру в роботі обладнання завантажувального пристрою можуть бути викликані:

- хлопками у міжконусному просторі через порушення режиму подачі пари, які призводять до сильних ударів конуса об чашу, а також до руйнування деталей;

- незадовільною роботою сигналізаторів різниці тисків міжконусного простору (СРД) або несправностями електрообладнання системи управління конусами, що призводять до вигину тяг або штанг конусів і через це до втрати щільності контактної частини; вузлів та деталей [1-5].

1.4 Процес виробництва чавуну

Завантаження шихти в доменну піч здійснюється зверху через типовий завантажувальний пристрій, який одночасно є і газовим затвором доменної печі. У домні відновлюють агломерат, котуни та залізну руду. Іноді як рудну сировину використовують брикети.

Доменна піч складається з п'яти конструктивних елементів: верхньої циліндричної частини - колошника, необхідного для завантаження та ефективного розподілу шихти в печі; найбільшої по висоті конічної частини, що розширюється, — шахти, в якій відбуваються процеси нагрівання матеріалів і відновлення заліза з оксидів; найширшої циліндричної частини - розпару, в якому відбуваються процеси розм'якшення та плавлення відновленого заліза; конічної частини, що звужується — заплічків, де утворюється відновлювальний газ - монооксид вуглецю; циліндричної частини - горна, що служить для накопичення рідких продуктів доменного процесу - чавуну та шлаку.

У верхній частині горна розташовуються фурми - отвори для подачі нагрітого до високої температури дуття - стиснутого повітря, збагаченого киснем та пиловугільного палива.

На рівні фурм розвивається температура близько 2200 °С. У міру видалення вгору температура знижується, і у колошників сягає 450 °С. Таким чином, у печі на різній висоті встановлюється різна температура, завдяки чому протікають різні хімічні процеси переходу руди в метал.

У верхній частині горна, де приплив кисню досить великий, кокс згоряє, утворюючи діоксид вуглецю та виділяючи велику кількість тепла.

Діоксид вуглецю, залишаючи зону, збагачену киснем, вступає у реакцію з коксом і утворює монооксид вуглецю - головний відновник доменного процесу. Піднімаючись догори монооксид вуглецю взаємодіє з оксидами заліза, відбираючи вони кисень і відновлюючи до металу.

Отримане в результаті реакції залізо краплями стікає розжареним коксом вниз, насичуючись вуглецем, в результаті чого виходить сплав, що містить 2,14 - 6,67% вуглецю. Такий метал називається чавуном. Крім вуглецю до нього входять невелика частка кремнію та марганцю. У кількості десятих часток відсотка до складу чавуну входять також шкідливі

домішки - сірка та фосфор. Крім чавуну у горні утворюється і накопичується шлак, у якому збираються всі шкідливі домішки. Раніше шлак випускався через окрему шлакову лютку. В даний час і чавун, і шлак випускають через чавунну лютку одночасно. Поділ чавуну та шлаку відбувається вже поза доменною печі — у жолобі, за допомогою розділової плити. Відокремлений від шлаку чавун надходить у чавуновозні ковші і вивозиться або в сталеплавильний цех, або на машини розливу [1-5].

1.5 Структурна схема Доменного цеху ПАО «Запоріжсталь»

Доменний цех ПАО «Запоріжсталь» є складним комплексом взаємопов'язаних агрегатів, будівель, споруд та транспортної системи.

До складу комплексу входять (рис. 1.3)

1. Чотири доменні печі з кожною з них і розташованим поблизу них комплексом об'єктів (доменна піч з колошниковим пристроєм, ливарний двір, повітрянагрівачі з газоповітропроводами, система газоочищення, аспірації ливарного двору та шихтоподачі, скіповий витяг з машинною будівлею, будівля управління піччю), а також бункерна естакада, система транспортних шляхів та газопроводів;

2. Рудний двір;

3. Встановлення приготування та вдування пиловугільного палива;

4. Відділення розливання чавуну з ділянкою ремонту чавуновозних ковшів та складом холодного чавуну.

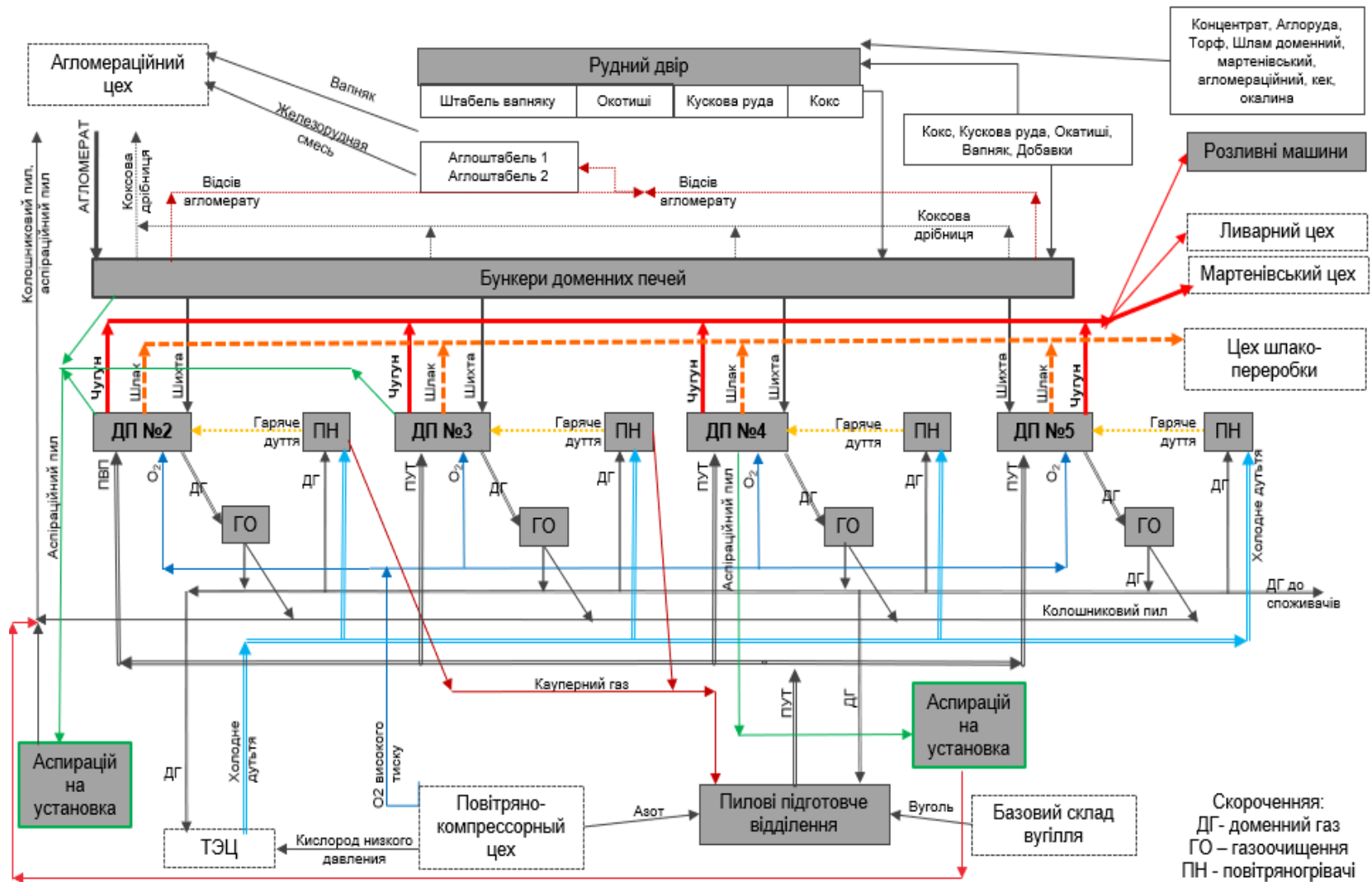


Рисунок 1.3 – Структурна схема доменного цеху

3 ОХОРОНА ПРАЦІ В ДОМЕННОМУ ЦЕХУ

3.1 Основні напрямки забезпечення безпечних умов праці

Виконання всіх технологічних операцій, повинно проводитись у суворій відповідності до вимог «Правил охорони праці в металургійній промисловості» НПАОП 27.0-1.01-08, затверджених наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 22.12.28. №289; - Правил безпеки в доменному виробництві» НПАОП 27.1-1.02-97:

ГОСТ 12.2.003-91 - «Устаткування виробниче. Загальні правила безпеки».

ГОСТ 12.3.002-75 - «Процеси виробничі. Загальні правила безпеки».

ДСТУ ГОСТ 12.2.061-2009 «Система стандартів безпеки праці. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць».

ГОСТ 12.3.009-76 - «Система стандартів безпеки праці. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки».

ГОСТ 12.2.065-81 «Крани вантажопідйомні. Загальні вимоги безпеки», а також діючих в доменному цеху і цеху КВПіА інструкцій з охорони праці».

До виконання робіт пов'язаних з обслуговуванням завантажувальних пристроїв допускаються працівники не молодші 18 років, які мають медичний висновок про придатність до цієї роботи, пройшли спеціальне навчання згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання та перевірки знань з питань охорони праці», які отримали в установленому порядку посвідчення на право роботи за професією, забезпечені роботодавцем спецодягом та іншими СІЗ відповідно до встановлених норм.

Усі роботи на колошнику виконуються лише після оформлення наряду-допуску на виробництво газонебезпечних робіт та у присутності газорятувальника.

Огляди обладнання завантажувальних пристроїв проводяться відповідно до НПАОП 27.1-1.09-09 «Правила охорони праці в газовому господарстві підприємств чорної металургії» та інструкцією з організації та проведення газонебезпечних робіт на підприємстві.

Усі вогневі роботи на системах гідравліки проводяться тільки після відключення трубопроводів від насосної станції та зняття з них надлишкового тиску олії, а також за дотримання вимог протипожежної безпеки при вогневих роботах.

Усі роботи з ремонту завантажувального пристрою повинні виконуватись відповідно до чинних інструкцій з охорони праці, з дотриманням вимог НПАОП 27.1-1.06-08 «Правил охорони праці при ремонті обладнання на підприємствах чорної металургії», а роботи, пов'язані з перебуванням людей у міжконусному просторі - відповідно до плану-порядку, затвердженого директором з інжинірингу.

Його основні положення:

- працювати при повній зупинці печі з подачею пари на великий конус і пиловловлювач;
- перед зупинкою печі знизити температуру колошнжових газів;
- міжконусний простір має бути відсічено від газопроводів та паропроводів, великий конус має бути щільно закритий, а привід керування конусами надійно знеструмлений;
- балансир великого конуса зафіксувати упорами; міжконусний простір герметизується карбуванням азбестовим шнуром місць пропуску газу, попередньо виявлених запаленим факелом, пропуски газу

контролюються запаленим факелом та систематичним відбором проб газу для аналізу;

- тиск газу на колошнику має бути не нижче 10+20 мм вод.ст., дотримання такого тиску має неодмінно контролюватись; при перевищенні ГДК по ЗІ (20мг/м³) працювати можна тільки в шлангових апаратах, запобігає поясам, під наглядом газорятувальника, який повинен періодично відбирати проби повітря на забрудненість; при ремонті чи заміні малого конуса на великий набирають суху шихту; причому на порожній великий конус набирають найбільш щільний із наявних шихтових матеріалів;

- великі або малі конуси, над якими ведуться роботи, повинні бути надійно зафіксовані у закритому положенні спеціальними пристроями та пристроями.

7. Усі працівники, зайняті обслуговуванням, ремонтом, оглядом завантажувальних пристроїв зобов'язані виконувати вимоги цієї інструкції з охорони праці з професій.

3.2 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів на ділянці доменного цеху

З метою усунення або зменшення впливу негативних робочих факторів на обслуговуючий персонал передбачуються наступні заходи:

- для зменшення шкідливого впливу шуму пропонується застосування наступних засобів індивідуального захисту: протишумних навушників, протишумних вкладишів або протишумних касок;

- вживання амортизаторів і м'яких ущільнень на трасах вентиляційних систем, дифузорів з брезенту, окожушування, вживання амортизуючих підвісок на вібродвигунах.

Для попередження поразок електричним струмом в приміщенні грохочення виконується розрахунок необхідних заземлювачів.

Визначаємо опір розтіканню струму однієї вертикально забитої сталеві труби в землю:

$$R_m = \frac{\rho * 2,32 * Lg \frac{4L}{d}}{2 * \pi * L}, \text{ Ом} \quad (3.1)$$

де $\rho = 1 * 10^4$ Ом – питомий опір ґрунту; $L = 200$ см – довжина труби; $d = 6$ см.

$$R_m = \frac{1,0 * 10^4 * 2,32 * Lg \frac{4 * 200}{6}}{2 * 3,14 * 200} = 39,25 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір системи заземлення, що складає з декількох труб, що повинні бути не більш 4 Ом у мережах напругою до 1000 В.

Коефіцієнт взаємоекранування вказує, що кожен заземлювач вносить своє поле і тим самим заважає розтіканню і знижує провідність.

З наведеної вище формули знаходимо число труб за умови, що контур заземлення замкнутий.

$$T_m = \frac{R_m}{m * \eta_1 * \eta_2} \quad (3.2)$$

$$T_m = 39,25 / 0,74 * 0,9 * 4 = 14,73$$

де $\eta_1 = 0,74$ - коефіцієнт, що вказує на врахування взаємоекранування труб при замкнутому контурі; $\eta_2 = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує взаємоекранування труб зі штабою, що з'єднує труби.

Тоді:

$$R_{\text{сист}} = \frac{39,25}{14,73 * 0,74 * 0,9} = 4 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір ділянки заземлюючої труби:

$$R_n = \frac{\rho * 2,32 * Lg \frac{4 * L_1}{b}}{\pi * L_1}, \text{ Ом} \quad (3.3)$$

де L_1 - довжина штаби, см, b – ширина штаби, см.

Довжина штаби, що з'єднує труби, визначається по формулі:

$$L_1 = 1.05 * a * T^m \quad (3.4)$$

де a – відстань між трубами, см

$$a = 2 * L = 2 * 200 = 400 \text{ см}$$

$$L_1 = 1,05 * 400 * 14,73 = 6186,6 \text{ см}$$

Ширина штаби коливається в межах 4-6 см.

Приймаємо $b = 6$ см

Тоді:

$$R_n = \frac{1,0 * 10^4 * 2,32 * Lg \frac{4 * 6186,6}{6}}{3,14 * 6186,6} = 5,98 \text{ Ом}$$

Загальний опір системи заземлення знаходимо по формулі:

$$R_{\text{об}} = \frac{R_{\text{сист}} * R_n}{R_{\text{сист}} + R_n} \quad (3.5)$$

$$(R_{\text{об}} = 4 * 5,98 / (4 + 5,98) = 2,4 \text{ Ом})$$

Отриманий опір розтікання струму усього пристрою, що заземляє, менше припустимого: $R=2,4 \text{ Ом} < R_d=4 \text{ Ом}$

Захист від дотику досягається пристроєм обгороджувачів, укриттям струмоведучих частин, використанням блокувань, недоступним розташуванням і попереджувальною сигналізацією.

Приміщення, де розташовуються щити, панелі, а також машинні зали постійно знаходяться під замком.

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши роботу доменних печей ПАО «Запоріжсталь» за 20.... рік видно, що доменна піч №4 є більш затратною в розрізку собівартості чавуну по відношенню до доменної печі №3, яка обладнана безконусним засипним апаратом з редуктором Danieli Corus.

Грунтуючись на тому досвіді, який був проведений у 20... році, а саме модернізація доменної печі №3, і беручи до уваги, що досвід експлуатації обслуговування та ремонту безконусного засипного апарату з редуктором Danieli Corus становить вже більш ніж ... років є сенс переобладнання доменної печі №4 для встановлення засипного апарату такого ж типу.

Очікуваний економічний ефект, лише на економії коксу, становитиме млн.грн. в рік у цінах 20....р.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Доменний процес / Ковшов В.М., Дишлевич І.Й., Петренко В.О. та ін.. – Дніпропетровськ : Інститут Технології, 1998. - 212 с
2. Пліскановський С.Т., Полтавець В.В. Устаткування та експлуатація доменних печей: Підручник. –Дніпропетровськ: Пороги, 2004. – 495 с.
3. Пліскановський С.Т., Полтавець В.В. Неполадки в роботі доменних печей: Попередження та вилучення. Підручник - Дніпропетровськ : Пороги, 2002.- 301с.
4. Шатоха В.І. Сталий розвиток чорної металургії: Монографія. Дніпропетровськ: "Дріант", 2015. - 184 с.
5. Бочка В.В., Іващенко В.П., Тараканов А.К., Бочка С.В., Суліменко С.Є. Конструкції доменних печей: Навч. посібник /. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 146 с.
6. Селегей А.М., Іващенко В.П., Безшкуренко О.Г. Аналіз сучасних теоретичних та технологічних методів і обладнання та перспектив розвитку завантаження доменних печей. №4,2022
7. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Теорія і технологія доменного процесу» для студентів напряму 6.050401 Металургія /Укл.: Крячко Г.Ю. – Дніпродзержинськ; ДДТУ, 2014р., стор.
8. Semenov Y., Shumelchik E. I., Horupakha V. V. Efficient Management of the Charging of Blast Furnaces and the Application of Contemporary Means of Control Over the Variable Technological Conditions : монографія. 2018. P. 951–957.
9. Mousa E. MODERN BLAST FURNACE IRONMAKING TECHNOLOGY: POTENTIALS TO MEET THE DEMAND OF HIGH HOT METAL PRODUCTION AND LOWER ENERGY CONSUMPTION. Modern Blast Furnace Ironmaking Technology : монографія. 2019. P. 71–92.

10. Some Aspects of the Control for the Radial Distribution of Burden Material and Gas Flow in the Blast Furnace / A. Golovchenko et al. Energies. 2020. Vol. 13, no. 4. P. 923. URL: <https://doi.org/10.3390/en13040923>

11. Main direction of the innovative improving of the blast furnace technologies – use of one type of iron raw material, combining the best properties of agglomerate and pellets / D. O. Kassim et al. Reporter of the Priazovskyi State Technical University. Section: Technical sciences. 2018. No. 36. P. 7–15. URL: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.36.2018.142462>

12. Спосіб завантаження доменної печі шихтою : пат. 114553 Україна : C21B 7/20, C21B 5/00, F27B 1/20. № а 2015 09296 ; заявл. 28.09.2015 ; опубл. 26.06.2017, Бюл. № 4. 6 с.

13. Спосіб завантаження доменної печі : пат. 91926 Україна : C21B 7/20. № и 2014 00520 ; заявл. 20.01.2014 ; опубл. 25.07.2014, Бюл. № 14. 4 с.

14. Спосіб завантаження доменної печі шихтою : пат. 71182 Україна : C21B 7/18, C21B 7/20. № и 2011 13986 ; заявл. 28.11.2011 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. 6 с.

15. НПАОП 27.0-1.01-08 Правила охорони праці в металургійній промисловості.

16. НПАОП 27.1-1.02-97 Правил безпеки в доменному виробництві

17. ГОСТ 12.2.003-91 - Устаткування виробниче. Загальні правила безпеки.

18. ГОСТ 12.3.002-75 - Процеси виробничі. Загальні правила безпеки.

19. ДСТУ ГОСТ 12.2.061-2009 Система стандартів безпеки праці. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць.

20. ГОСТ 12.3.009-76 - Система стандартів безпеки праці. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки.

21. ГОСТ 12.2.065-81 Крани вантажопідйомні. Загальні вимоги безпеки, а також діючих в доменному цеху і цеху КВПіА інструкцій з охорони праці

ДОДАТОК А

ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

International scientific conference

**MININGMETALTECH 2024 – THE MINING
AND METALS SECTOR: INTEGRATION
OF BUSINESS, TECHNOLOGY
AND EDUCATION**

November 28–29, 2024

Volume 1



International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 28–29, 2024, Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 1. 368 pages.

Program Committee

Chairman of the program committee of the conference – Yuriy RYZHENKOV, General Director, METINVEST HOLDING LLC

Vice-chairman of the program committee of the conference – Oleksandr POVAZHNY, DSc (Economics), Professor, Rector, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

Secretary of the program committee of the conference – Maksym KARAKAI, PhD (Public Administration), Scientific Secretary, “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC” LLC

Oleksandr MYRONENKO – Operations Director, METINVEST HOLDING LLC

Tetyana PETRUK – Director of sustainable development and interaction with personnel, METINVEST HOLDING LLC

Olga OVCHYNNIKOVA – Director of economics and development of business systems, METINVEST HOLDING LLC

Yuliya DANKOVA – Financial director, METINVEST HOLDING LLC

Svitlana ROMANOVA – Director of legal support, METINVEST HOLDING LLC

Andriy YEMCHENKO – PhD (Engineering), Director of technical development, METINVEST HOLDING LLC

Dmytro TEVELEV – Adviser to the general director, METINVEST HOLDING LLC

Oleksandr PODKORYTOV – Director of technology and quality, METINVEST HOLDING LLC

Pavlo UZBEK – Director of the LP, IS, HC and EP department, METINVEST HOLDING LLC

Vitaly KOVALENKO – Director of the Department of Sustainable Development and Environmental Management, METINVEST HOLDING LLC

Marya VASILYEVA – General director, “Metinvest Sichstal” LLC

Gregory MASON – member of the Supervisory Board

Andrii KOSTRYZHEV – Project Manager – Material Characterization Scientist, The University of Queensland

Conference organizing committee

The head of the organizing committee of the conference – Volodymyr KUKHAR, DSc (Engineering), Professor, Vice-rector for research work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Deputy head of the conference organizing committee – Nataliya REKOVA, DSc (Economics), Professor, First vice-rector – vice-rector for educational work, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Secretary of the organizing committee of the conference – Khrystyna MALII, PhD (Engineering), Head of the research department, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Volodymyr PASHYNSKY – DSc (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Materials Science and Applied Mechanics, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

Vyacheslav KAMENETS – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Mining, LIMITED LIABILITY COMPANY “TECHNICAL UNIVERSITY “METINVEST POLYTECHNIC”

CONTENTS
PROSPECTS FOR METALLURGICAL PRODUCTION TECHNOLOGIES

Modern equipment for complex metallurgical processing of aluminum-containing scrap and waste Aleksyeyenko V.V., Sezonenko O.B.	15
Compaction behavior of alsini powders with different morphologies Bevz V.P., Zrodowski Lukasz, Tarasyuk A.L., Zavidoveev A.V.	19
Analysis of the content of impurities in copper bull obtained using different technologies Bevz O.O.	21
Improving the efficiency of burden distribution in a blast furnace Boiko M.M., Kopytko O.H., Omelchenko M.M.	23
Justification of the possibility of agglomerate formation of specified composition and properties Bochka V.V., Yaholnyk M.V.	25
«Green» metallurgy: problems, prospects and forecasts Vodennikova O.S., Pishchenko K.A.	27
Sources of nitrogen consumption in metal Volzhyn D.O., Kustikov V.V., Stoianov O.M., Malii Kh.V.	31
Dissolution of nitrogen in steel Volokh S.V., Stoianov O.M.	33
Improvement of technological rolling modes in edge rolls Gribkov E.P., Lipatov K.V., Kalenkov O.F.	36
Automated design of the composition of the rolling stand equipment Gribkov E.P., Kryukov R.Ye.	39
Experimental study of the influence of the surface conical defects of the rod on the quality of the wire manufactured Dolzhanskiy A.M., Petlovaniy E.A., Bondarenko O.A., Brahynskiy O.B.	41

DOI

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF BURDEN DISTRIBUTION
IN A BLAST FURNACE**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПОДІЛУ
ШХТОВИХ МАТЕРІАЛІВ В ДОМЕННІЙ ПЕЧІ**

Boiko M.M.,
*PhD (Engineering), Associate
Professor, LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Бойко М.М.
*к.т.н., доцент,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Korytko O.H.,
*student (group 136A-23-1m),
LLC "Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Коптько О.Г.,
*студент гр. 136А-23-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Omelchenko M.M.,
*student (group 136A-23-1m), LLC
"Technical university
"Metinvest polytechnic",
Zaporizhzhia, Ukraine*

Омельченко М.М.,
*студент гр. 136А-23-1м,
ТОВ «Технічний університет
«Метінвест політехніка»,
м. Запоріжжя, Україна*

Одним із головних факторів ефективної роботи доменної печі є раціональне завантаження шихтових матеріалів. Існують завантажувальні пристрої різної конструкції, втім на сьогодні ефективним рішенням для досягнення необхідного розподілу матеріалів є використання безконусного завантажувального пристрою.

Найпоширеніші безконусні завантажувачі пристрої лоткового типу. Для забезпечення вимог технології завантаження матеріалів у доменну піч завантажувачі пристрої лоткового типу мають наступні конструктивні елементи [1]:

- приймальний бункер, який використовується для прийому та спрямування потоку шихти із скіпа в бункер завантажувального пристрою;
- верхня газова запирна арматура, що призначена для зв'язку бункерів з атмосферою під час їх завантаження та запирання під час вивантаження матеріалів в піч;

- завантажувальний бункер, який призначений для початку та завершення завантаження матеріалів в доменну піч;
- ваговимірвальна система, що призначена для зважування та контролю масової витрати при завантаженні шихти з бункера в доменну піч, а також для контролю наявності шихтового матеріалу в бункері;
- блок донних газоушільнювальних пристроїв, з яких засувний затвор призначений для утримання матеріалу в бункері та регулювання його надходження з бункера, а донний клапан призначений для з'єднання бункера з доменною піччю при вивантаженні матеріалу;
- розподільник шихти, який за рахунок різної швидкості обертання і зміни кута нахилу лотка дозволяє розподіляти шихтові матеріал по колу та радіально по колошнику доменної печі.

Основною перевагою лоткового безконусного завантажувача перед конусним є можливість спрямованого завантаження матеріалів по всьому перерізу колошнику будь-якого діаметру в будь-яку точку, включаючи центр. Правильне завантаження доменної печі, в свою чергу, дозволяє уникнути ряду проблем, пов'язаних з роботою печі, в тому числі утворення периферійних газових каналів і підвісання шихти, що в свою чергу впливає на продуктивність доменної печі і тривалість її кампанії, а також підвищує її ефективність та екологічність за рахунок зменшення питомої витрати коксу.

Регулювання розподілу шихти є одним із найважливіших способів керування доменною плавкою, оскільки забезпечує безперебійну роботу печі з максимально можливим використанням хімічної та теплової енергії газового потоку. Технологічні можливості безконусних завантажувальних пристроїв лоткового типу щодо формування раціонального розподілу матеріалів багато в чому визначаються функціональними особливостями відповідної автоматизованої системи керування [2]. Сучасне програмне забезпечення дозволяє розширити функціональні можливості системи завантаження, що забезпечує оперативний і раціональний розподіл шихтових матеріалів, спрямований на досягнення найбільшої ефективності доменної плавки.

Перелік використаних джерел

1. Blast Furnace Charging System. URL: <https://www.mheavytechnology.com/news/blast-furnace-charger/> (дата звернення: 30.10.2024).
2. Yang Y.; Yin Y.; Wunsch D.; Zhang S.; Chen X.; Li X.; Liu K. Z. Development of Blast Furnace Burden Distribution Process Modeling and Control. *ISIJ International*. 2017. Vol. 57. № 8. P. 1350-1363.