



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

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП Металургія сталі

Христина МАЛІЙ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

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

**на тему «Дослідження та розробка технологічних заходів по
підвищенню виходу придатного у кисневих конвертерах при
виробництві низьколегованих марок сталі»**

Керівник роботи

Валерій МАМЕШИН

Консультант від
бази практики

Денис ЄСЬКОВ

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

Здобувач

Артем ДОРОНІН

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

Голова ЕК

Євген БРАГІНЕЦЬ

Кам'янське 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП Металургія сталі

Христина МАЛІЙ

«05» грудня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Дороніна Артема Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Дослідження та розробка технологічних заходів по підвищенню виходу придатного у кисневих конвертерах при виробництві низьколегованих марок сталі

керівник роботи Мамешин Валерій Сергійович, доцент, канд. техн. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 15.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали зібрані під час переддипломної практики (технологічні інструкції, паспорти плавок, калькуляції собівартості тощо), наукові публікації за темою кваліфікаційної роботи (статті, тези, монографії тощо).

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Вступ. Розділ 1. Аналітичні дослідження впливу складу та витрати шихтових матеріалів конвертерної плавки на техніко-економічні показники процесу. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз даних роботи конвертора при виплавці низьколегованих марок сталі та визначення взаємозв'язків впливу складу та витрати шихтових матеріалів на техніко-економічні показники киснево конверторного процесу в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» Розділ 3. Охорона праці. Оцінка небезпечних та шкідливих факторів в умовах киснево-конверторного цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» . Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки

5. 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 стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
4	Латишева О.В., канд. екон. наук, доцент кафедри цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень

7. Дата видачі завдання 05.12.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Теоретична частина (аналітично-пошуковий)	25.12.2023 – 31.12.2023
2	Розділ 2. Технологічна (основна) частина	31.12.2023 – 12.01.2024
3	Розділ 3. Охорона праці	03.01.2024 – 12.01.2024
4	Розділ 4. Економічний розділ	03.01.2024 – 12.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	08.01.2024 – 12.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	10.01.204 – 12.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	12.01.2024 – 21.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи.	12.01.2024 – 15.01.2024
9	Захист	за розкладом

Здобувач

Артем ДОРОНІН

Керівник роботи

Валерій МАМЕШИН

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	6
1 Аналітична частина	8
1.1 Сучасний стан розвитку киснево-конверторного процесу.	8
1.2. Загальна характеристика ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»	8
1.3. Аналіз факторів, що визначають зміну виходу придатного в киснево-конвертерному виробництві	11
2. Основна частина	21
2.1 Аналіз технології виплавки сталі в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»	21
2.2 Загальна методика досліджень	27
2.3 Аналіз впливу технологічних показників на вихід придатної сталі для умов ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»	27
2.3.1 Вплив хімічного складу чавуну	29
2.3.2 Вплив витрати металошихти	33
2.3.3 Вплив витрати шлакоутворюючих та параметрів шлаку	37
2.3.4 Вплив параметрів дуття	43
2.3.5 Вплив параметрів сталі на випуску	45
2.3.6 Вплив витрати теплоносіїв	48
2.4. Сумісний вплив основних показників киснево-конверторного процесу на вихід придатної сталі в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»	51
3 Охорона праці та захист навколишнього середовища	53
3.1 Аналіз умов праці та пожежної безпеки	53
3.2. Заходи поліпшення умов праці	59
3.3 Захист навколишнього середовища	64

4.	Економічна частина	66
	Розрахунок витрати шихтових матеріалів та	
4.1	собівартості сталі марки 4СПмод3М для умов ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»	66
4.2	Розрахунок річного економічного ефекту	68
	Висновки	70
	Список використаних джерел	73

ВСТУП

Стратегічні зміни в економіці України, що прийняли в останні роки складний і всеосяжний характер, призвели до радикальних змін у практично всіх аспектах функціонування металургійних підприємств. Перетворення, що відбуваються в економічному розвитку країни, особливо гостро підіймають питання пошуку та впровадження методів зниження собівартості сталі й підвищення конкурентоспроможності сталеплавильних підприємств як на внутрішньому, так й на зовнішньому ринку.

У теперішній час, як у світі так й в Україні, більшість сталеплавильних підприємств виробляють сталь за допомогою киснево-конверторного процесу

Це пов'язано з тим, що технологічна гнучкість конвертерного процесу дозволяє переробляти чавуни різного хімічного складу (передільні, фосфористі, високо- і низькомарганцевисті, ванадієві, хромонікелеві й ін.) й виплавляти сталь будь-якого складного сортаменту у тому числі й низьколеговані.

Однак однією з основних вад киснево-конвертерного процесу полягає у тому, що тільки близько 95 % заліза, що надходить із шихтою, переходить у сталь. Решта перетворюється в оборотний продукт (шлак) або губиться зовсім (виноси, викиди) [1].

У собівартості конвертерної сталі найбільше питоме значення мають витрати на шихту, тому особлива увагу треба приділити заходам, які спрямовані на збільшення виходу рідкого металу без додаткових витрат на сировину за рахунок оптимального визначення компонентів шихти й раціонального ведення режиму продувки.

Існуючі моделі керування конвертерної плавкою [2-4] не вирішують цю проблему, хоча саме в ній полягає найбільш дешевий спосіб

підвищення ефективності виробництва, тому метою випускної роботи магістра є дослідження основних технологічних заходів, що впливають на вихід придатної сталі при виробництві низьколегованих марок для умов ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Сучасний стан розвитку киснево-конверторного процесу.

У теперішній час у світі експлуатується 263 конвертерних цеху, що нараховують більш 7000 конвертерів [5].

Найбільше число конвертерів у Китаї (більш 150), але тільки 13 з них мають місткість більш 100 т. У Японії з 30 цехів в 24 встановлені конвертери місткістю більш 100 т (115 – 300 т), у США й ФРН тільки у двох цехах (у кожній країні) працюють конвертери місткістю більш 100 т.

В 118 цехах встановлене по три конвертери й більш, у тому числі в Японії – 13 (з 31), у США – 5 (з 26), у ФРН – 6 (з15), у СНД – 11 (з 16).

Конвертерне виробництво України включало 7 конвертерних цехів з 21 кисневими конвертерами ємністю від 60 до 335 т. загальною потужністю 28,4 млн. т. У теперішній час, на підконтрольних Україні територіях знаходиться 3 цехи (ПрАТ «ДМЗ» - 3х60 т, ПАТ «ДМК»-2х250, «АрселорМітатал Кривий Ріг» - 6х150 т.

Таке широке розповсюдження киснево-конверторного процесу як у світі так й в Україні пов'язано з низкою його переваг (продуктивність, відпрацьованість технології, відсутність потреби у паливі чи електричній енергії та інш) [6]. Його часткам у світовому виробництві сталі у 2022 році склала 71,5 %, а в Україні 65,5 % [7].

1.2 Загальна характеристика ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Днем освоєння комбінату вважається 2 березня 1889 року (пуск доменної печі №1).

За минулі сто тридцять років ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» внесло значний вклад в розвиток техніки і технології вітчизняної чорної металургії.

В даний час ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» – сучасне велике металургійне підприємство України, де здійснюється виробництво переробного та ливарного чавуну, сталевих злитків вагою 7-10 т, металопродукції сортової і фасонної, рейок типу Р-38, Р-43, Р-50, рудничних рейок Р-8 і Р-11, рейок контактних, шпунтових паль типу Ларсен-IV, Ларсен-V, Ларсен-VII, балки 27С і №10, сталі арматурної №36 і №40, сталевий кутник рівнополочний і полками з шириною полиці від 45 мм до 100 мм, осьової заготовки для залізничного транспорту, куль сталевих діаметром 40 мм, смуги універсальної товщиною 7-50 мм і шириною 300-1000 мм, лемішними сталі, смуга круглої трубної заготовки діаметром 120-270 мм, квадратної заготовки зі стороною від 80 до 250 мм, підкату петлі і спеціальних профілів для автомобілів.

Виробнича потужність загалом по комбінату складає 5.6 млн. т агломерату, 4,1 млн. т чавуну, 3,5 млн. т сталі, 2,88 млн. т прокату. В даний час фактичний обсяг виробництва залежить від рівня договірної поставки сировинних, матеріальних і енергетичних ресурсів на технологію.

Конвертерний цех складається з наступних виробничих відділень:

- міксерне відділення;
- відділення магнітних матеріалів;
- шлакове відділення;
- завантажувальне відділення;
- конвертерне відділення;
- ковшове відділення;
- відділення позаагрегатного доведення сталі;
- розливальне відділення.
- відділення безперервного розливання сталі.

Будинок конвертерного відділення складається з наступних прольотів: конвертерного, завантажувального, пилоподібних матеріалів, ковшового й шлакової естакади. Між завантажувальним прольотом і

шлакової естакадою розміщені головні пости керування конвертерами й обчислювальний центр.

Конвертерне відділення обладнано двома конвертерами ємністю 250т.

Конвертерне відділення обладнано двома заливальними кранами вантажопідйомністю 280-100/20т і одним скрапозавалочним краном в/п 160т.

Основні параметри конверторів працюючих у кисневій-конверторному цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.4

Параметри конверторів ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»

Параметр конвертору		Значення параметру
Маса металозавалки	т	277-285
Номінальна вага плавки по рідкій сталі	т	250
Робочий об'єм конвертера	м ³	190
Питомий об'єм рідкої сталі у конвертері при новій футеровці	м ³ /т	0,85
Глибина ванни	м	1,4
Висота робочого об'єму	м	7,4
Внутрішній діаметр робочого об'єму	м	6,7
Відношення висоти робочого об'єму до внутрішнього діаметру	-	1,1
Діаметр горловини у світлі	м	3,5
Товщина робочого шару футеровки в циліндричній частині	м	0,52
Діаметр вставної частини днища	м	3,0
Маса футеровки конвертера	т	700
Швидкість повороту конвертера	об/хв	1,0

Також конвертори обладнані:

- котлами-охолоджувачами ОКГ-130, що працюють із частковим допалюванням газів, що відходять, їх очищенням і видачею очищеного газу димососами на свічі для викиду в атмосферу,
- засобами оборотного водопостачання,
- продувними фурмами, що забезпечують витрата кисню до $1100\text{м}^3/\text{хв}$,
- бункерами для сипучих матеріалів і феросплавів, що забезпечують 2-х сторонню подачу матеріалів у конвертер і в ківш.

Завалка металевого лома щільністю $1.1\text{--}1.2\text{ т/м}^3$ в об'ємі $50\text{--}70\text{т}$ (20-25% від ваги садки) проводиться одним совком ємністю 65м^3 .

Заливання чавуну проводиться одним ковшем ємністю 250т . Резервний ківш на чавуновозі №2 накривається кришкою для зниження тепловтрат.

Розливання сталі у цеху здійснюється на блюмовій 6-струмковій і двох сортових 7-струмкових МБЛЗ у тому числі $0,7$ млн. тонн безперервнолитої заготовки перетином $335\times 400\text{ мм}$ і $2,8$ ($2\times 1,4$) млн. тонн перетином від 130 до 210 мм .

1.3 Аналіз факторів, що визначають зміну виходу придатного в киснево-конвертерному виробництві

Рівень економічних показників, що визначають загальну ефективність киснево-конверторного процесу, у значній мірі обумовлений величиною виходу придатного металу. Існує складна залежність величини виходу придатного від технологічних і організаційних факторів, а також від конструктивних особливостей технологічного встаткування.

Відмінності у виробничих умовах і ступеня досконалості технології в киснево-конвертерних цехах приводять до значних коливань виходу придатного [8]. Діапазон цих коливань, для закордонних цехів LD, у

середньому становить приблизно 86 - 92% (табл. 1.2), а для окремих цехів - ще більший.

Таблиця 1.2. Середні видаткові коефіцієнти металошихти й вихід придатного в киснево-конвертерних цехах ряду країн

Країни	Чавун	Брухт	Феросплави	Залізо з руди	Разом металошихти	Частка брухту в металозавалці, %	Вихід придатного, %
Японія	0,8784	0,2183	0,0030	0,0030	1,1027	19,8	90,7
ФРН	0,8868	0,2237	0,0044	0,0080	1,1229	19,9	89,1
Італія	0,8972	0,2072	0,0067	0,0070	1,1181	18,5	89,4
Люксембург	0,8292	0,2811	0,0065	0,0020	1,1188	25,1	89,4
Австрія	0,9055	0,2112	0,0010	0,0030	1,1209	18,9	89,2
Нідерланди	0,8644	0,2553	0,0044	0,0010	1,1251	22,7	88,9
США	0.8328	0.3131	0,0060	0,0050	1,1569	27,1	86,4

Як ми бачимо з наведених даних, вихід придатного в киснево-конвертерному виробництві США на 5,8% нижче, ніж у Японії. Це є наслідком цілого ряду причин, до яких слід віднести насамперед існуючі відмінності у хімічному складі передільних чавунів по вмісту в них кремнію, що підтверджується даними наведеними у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Середній хімічний склад передільних чавунів, що застосовують у киснево-конвертерному виробництві США і Японії

	C	Si	Mn	P	S
США	4,10	1,15	0,78	0,11	0,035
Японія	4,40	0,62	0,78	0,19	0,035

Більш високий вміст кремнію в передільних чавунах у США обумовлює підвищений хімічний вигар компонентів чавуну й втрати металу з корольками в шлаці. Справа в тому, що необхідність підтримки основності шлаку на рівні, що забезпечує одержання необхідних якісних характеристик металу, приводить до підвищення витрати вапна й плавикового шпату. Для США характерним є витрата вапна на 1 т зливків, рівний 70 кг, що приблизно на 40% більше, ніж у Японії [9]. Підвищена витрата вапна пов'язана зі збільшенням кількості шлаку, що навіть при незмінних його окисленості й в'язкості приводить до росту втрат заліза з окислами й корольками в шлаці.

Поряд із цим певний вплив на вихід придатного виявляє й характерний для цих країн темп виробництва. Для агрегатів однієї ємності тривалість циклу плавки в середньому у США вище, ніж у Японії, де до того ж марочний сортамент конвертерних сталей, якщо судити по специфікаціях [10 - 13], більш трудомісткий. Наприклад, у Японії середній цикл плавки (від випуску до випуску) в 150- 180-т конвертерах становить близько 40 хв, досягаючи мінімуму 35 хв у цеху з 160-т конвертерами на заводі Тиба, фірми Kawasaki Steel Corp. У той же час у США для агрегатів аналогічної ємності середня тривалість плавки (від випуску до випуску) виявляється рівної приблизно 47 хв, тобто на 15% вище. Подібне співвідношення циклів плавки спостерігається у всьому діапазоні існуючих у США і Японії ємностей агрегатів.

Темпом виробництва деякою мірою обумовлені більш значні теплові втрати в конвертерах США, які на 2,5-7,0% вище, чим у конвертерах Японії. У витратній частині теплового балансу вони досягають 12% і більш [14]. Для компенсації зазначених втрат тепла необхідно або підвищувати частку чавуну в шихті, або при тій же структурі металошихти забезпечити більший прихід тепла від екзотермічних реакцій окислення заліза, що в тому й іншому випадках пов'язане зі збільшенням вигару шихти, а отже, зниженням виходу придатного.

Крім того, для киснево-конвертерного виробництва США характерний перевищуючий оптимальний рівень витрата охолоджувачів. Переробка певної кількості брухту в шихті відбувається за рахунок тепла реакцій окислення заліза, у результаті чого знижується вихід придатного. Так, у прибутковій частині теплових балансів киснево-конвертерних плавок у США прихід тепла за рахунок екзотермічних реакцій окислення заліза досягає 8,5% і більш, що майже у два рази вище, чим у киснево-конвертерному виробництві Японії. Це встановлене на підставі вивчення структури теплових балансів і витрати охолоджувачів стосовно до конкретних умов більшості киснево-конвертерних цехів США і Японії. Зазначена особливість технології, характерна для киснево-конвертерного виробництва не тільки США, але й деяких інших країн, є результатом дії кон'юнктурного фактора. Кон'юнктурне зниження цін на брухт у певних умовах може створити таку економію, що перекриває додаткові витрати на збільшення частки брухту в конвертерній шихті понад оптимальне для теплового балансу плавки.

Немаловажне значення мають і конструктивні особливості встаткування систем відводу конвертерних газів. Система відводу конвертерних газів без допалювання, яка отримала широке поширення в Японії забезпечує збільшення виходу придатного на 1,5 - 2,5% за рахунок скорочення механічних втрат металу з викидами й виносом через малий зазор між зрізом горловини конвертора й кільцевою заслінкою [15 - 18].

Зазначені вище фактори, природно, не вичерпують усіх причин щодо низького виходу придатного в киснево-конвертерному виробництві США. Цьому, зокрема, сприяє періодичне застосування в деяких цехах киснево-паливних пальників і карбідів кальцію й кремнію для збільшення частки брухту в шихті.

Згідно з аналізом проведеним у роботі [19] у киснево-конвертерних цехах колишнього СРСР вихід придатного зазвичай коливається від 87,6 до 90,4% (табл. 1.4).

Таблиця 1.4. Витратні коефіцієнти металошхти й вихід придатного в киснево-конвертерних цехах колишнього СРСР (при виплавці киплячої сталі)

Статті	Цехи								
	А	Б ₁	Б ₂	В	Д	Е	Ж	З	І
Металозавалка, т/т:									
- чавун ¹	1,0767	1,054	0,8877	0,8850	0,8647	0,8546	0,9225	0,8814	0,8771
- брухт	0,0261	0,031	0,2255	0,2100	0,2854	0,2684	0,2160	0,2409	0,2572
Феросплави, т/т:									
- феромарганець	0,0050	0,0040	0,0037	0,0030	0,0028	0,0056	0,0050	0,0028	0,0060
- феросиліцій	-	-	0,0002	0,0010	-	-	-	-	0,0003
- алюміній	0,0001	0,0020	0,0002	0,0002	0,0001	0,0003	0,0005	0,0005	0,0009
Залізо з руди	0,0067	0,0150	0,0001	0,0020	0,0027	0,0034	0,0036	0,0039	0,0004
Разом	1,1146	1,1060	1,1174	1,1012	1,1557	1,1323	1,1476	1,1295	1,1419
Відходи й брак, т/т:									
- недоливки ²	-	-	0,0086	0,0100	0,0270	0,0270	0,0156	0,0239	0,0116
- літники	0,0100	0,0060	-	0,0010	-	-	0,0138	0,0032	-
- скрап	0,0012	0,0030	0,0031	0,0040	0,0056	0,0017	0,0105	0,0033	0,0080
- злитки-	0,0005	-	0,0002	-	-	-	0,0003	-	-
Відходи									
- брак	0,0067	0,0090	0,0068	0,0060	0,0081	0,0060	0,0116	0,0155	0,0100
- вигар ³	0,0962	0,0950	0,0987	0,0802	0,1150	0,0976	0,0958	0,0836	0,1123
Разом	0,1146	0,1060	0,1174	0,1012	0,1557	0,1323	0,1476	0,1295	0,1419
Вихід рідкої сталі, %	91,4	91,4	91,2	92,7	90,1	91,4	91,7	92,6	90,2
Вихід придатного, %	89,7	90,4	89,5	90,8	86,5	88,3	87,1	88,5	87,6

¹ По цехах Е, Ж и І з урахуванням чушкового чавуну.

² По цехові Д обрізь безперервного злитка.

³ По цехові Д - включаючи вигар на УБРС, що становить 0,0103 т/т.

Як показав аналіз стану виробництва в розглянутих цехах, досягнутий рівень виходу придатного, як правило, не відповідає максимально можливим його значенням в існуючих умовах через наявні

недоліки в роботі цехів. До таких недоліків впливає в першу чергу віднести мінливість складу передільних чавунів, у яких відхилення концентрацій елементів від мінімального значення становлять по вуглецю 5 - 37%, кремнію 19 - 200%, марганцю 14 - 157 % і сірці 28 - 180%. Найменшою сталістю складу характеризуються чавуни в цехах 3 і 1. Найбільш постійний хімічний склад має чавун у цеху Е. При відсутності належних засобів автоматичного контролю й керування процесом мінливість складу чавунів приводить до необхідності проведення після закінчення продувки коректування складу й температури металу більшості плавов. Крім того, на вихід придатного помітний вплив виявляють якість вапна, чистота кисню, темп випуску плавов і ін. Усунення відзначених недоліків буде сприяти подальшому підвищенню ефективності конвертерного виробництва.

Звітні показники виходу придатного (табл. 1.4) через недоліки в обліку надходження рідкого чавуну, організації зважування брухту, оприбуткування відходів виробництва й з інших причин не відбивають фактичне значення витрати шихтових матеріалів і виходу придатного. Кількість рідкого чавуну, що надходить із доменного цеху в міксерне відділення, на всіх заводах встановлюють по різниці між масою ковша із чавуном, що фіксується у доменному цеху, і масою ковша після зливу чавуну в міксер. При цьому зважування чавуновозних ковшів проводиться нерегулярно. Наприклад, у цехах Б₂ і В маса ковшів приймається спираючись на попереднє зважування. У результаті оприбуткована міксерним відділенням маса чавуну не відповідає дійсній через неврахування втрат чавуну з охолодями й скрапом у ковшах.

Крім того, на заводах неточно організований облік кількості доменного шлаку, що надходить із чавуном у міксерне відділення конвертерного цеху. Його визначають шляхом введення постійної поправки на масу чавуну, що надходить з доменного цеху. Однак ця поправка, як правило, виявляється нижчою фактичного надходження

доменного шлаку. Так, за даними [20], ця поправка склала на заводах від 0,18 до 0,68%, у той час як по прямим зважуванням у міксерному відділенні кількість шлаку, наприклад, у цехах Б₁, Б₂ і В виявилось рівним 1,0 - 1,2%. У результаті замість чавуну конвертерними цехами оприбуткована значна кількість доменного шлаку.

Зважування чавуну, що проводять у всіх конвертерних цехах перед заливанням його у конвертер і тарування заливальних ковшів не забезпечують точного обліку витрати чавуну, оскільки його визначають не за показниками ваг міксера, а по зважуванням у доменному цеху, за винятком втрат чавуну в міксері. Тим самим завищуються показники витрати чавуну в киснево-конвертерних цехах.

У більшості цехів (за винятком Д і Е) тарування транспортувальних вагонів після розвантаження брухту не проводиться. Маса сміття, що надходить у вагонах враховується візуально при їхнім прийманні на завод. Зважування брухту, що надходить з копрового цеху проводиться в конвертерних цехах нерегулярно. Також нерегулярно зважуються й таруються платформи з оборотним брухтом (за винятком цехів В і З). У результаті, відбита у калькуляціях собівартості конвертерної сталі, витрата брухту є неточною.

У ряді цехів (Б₂, В та З) точність у визначенні витрати металошихти й виходу придатного порушується через облік здачі, злитків у прокатні цехи по теоретичній масі, при цьому контрольні зважування плавок проводяться нерегулярно. Так, контрольні зважування проводилися в цехах Б₂ і З відповідно п'ять і один раз, у той час як Інструкцією із планування, обліку й калькулюванню собівартості продукції на підприємствах чорної металургії вони передбачаються не рідше одного разу на місяць.

Поряд з нерегулярним зважуванням відходів виробництва при здачі їх копровим цехам зовсім не відбиваються у звітних даних конвертерних цехів або відбиваються лише частково відомості про відходи металу, що

втягуються у відвалах і в шлакових дворах, а також його втрати зі сміттям. При цьому створюється положення, що виключає можливість визначення дійсної величини відходів, а отже, і виходу рідкої сталі. Як правило, у киснево-конвертерних цехах при калькулюванні собівартості продукції ці втрати відносять на статтю «Вигар», спотворюючи тим самим його фактичну величину.

Крім того, зниження виходу придатного у киснево-конвертерних цехах з розливанням стали в виливниці (крім цеху Б₁) обумовлюється більшими втратами металу при розливанні й з браком, які при виробництві вуглецевої киплячої сталі склали від 18,5 до 52 кг/т (табл. 1.4). Від 30 до 78% зазначених сумарних втрат металу відносяться до недоливів. Особливо великі втрати металу у вигляді недоливів у цехах Е і З. Значне зниження виходу придатного в цехах Ж, З і І пов'язане з високими втратами з браком, що становлять 10 - 15,5 проти 2,0 - 6,8 кг/т в інших цехах.

Питання про оптимальний склад чавуну для киснево-конвертерного виробництва також займає важливе місце.

З компонентів чавуну на вихід рідкої сталі помітно впливають кремній і фосфор (рис. 1.1), підвищення вмісту яких приводить до збільшення маси шлаків і втрат заліза зі шлаками у вигляді оксидів і корольків [21].

До збільшення маси шлаку призводить і потрапляння в конвертер доменного шлаків із чавуном, сміття з металобрухтом, надмірні присадки вапна. Попередні десиліконидація, дефосфорація й десульфурація чавуну дозволяють вести процес із мінімальною кількістю шлаку (30 - 50 кг/т стали) і помітно (на 1,5 - 2,5%) підвищити вихід рідкої сталі.

Вплив марганцю чавуну на вихід рідкої сталі неоднозначно. У тому випадку, коли паралельно зі зниженням вмісту марганцю ухвалюються заходи щодо поліпшення шлакоутворення, не пов'язані зі збільшенням вмісту оксидів заліза в шлаку, зниження вмісту марганцю на 0,1%

підвищує вихід рідкої сталі на 0,04 - 0,06%. Якщо такі заходи не здійснюються або вони недостатні, вихід рідкої сталі зменшується в результаті збільшення втрат металу з виносом.

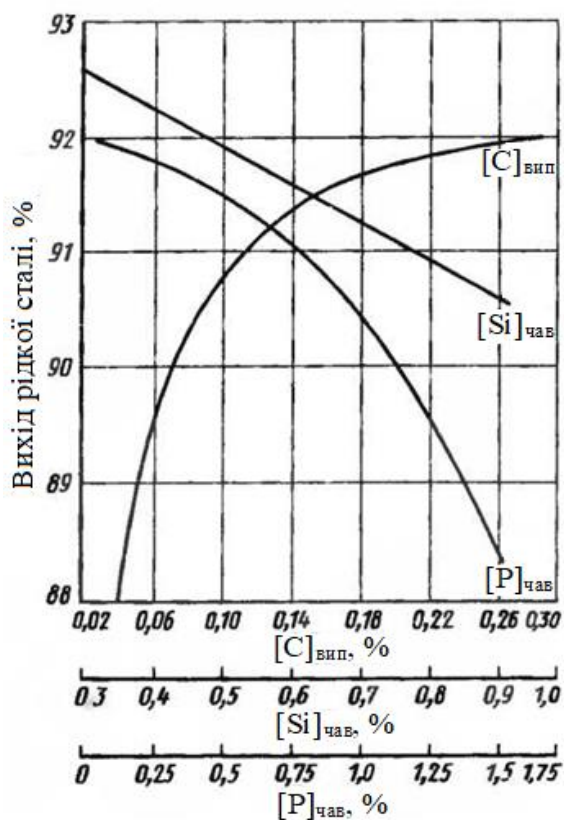


Рис. 1.1. Вплив вмісту кремнію $[Si]_{\text{чав}}$ і фосфору $[P]_{\text{чав}}$ у чавуні й вмісту вуглецю в металі перед випуском $[C]_{\text{вип}}$ на вихід рідкої сталі

Зниження вмісту вуглецю на випуску - продувка до низького вмісту вуглецю, у тому числі з наступним науглецюванням металу в ковші - приводить до зниження виходу рідкої сталі, особливо помітному при вмісті вуглецю нижче 0,08%. При зниженні вмісту вуглецю з 0,08 до 0,04% вихід рідкої сталі зменшується на 2,3%, що рівноцінно збільшенню витрати металошихти на 25,4 кг/т сталі

Помітно збільшуються втрати заліза під час додувок при низькому вмісті вуглецю й високому положенні фурми. Додувка для підвищення температури протягом 1 хв приводить до втрати 10-15 кг заліза на 1 т сталі.

Досить важливе значення для стабілізації виходу рідкої сталі має стандартизація металобрухту по насипній масі. Втрати заліза з пилом збільшуються при використанні легковагого брухту, частина якого піднімається над чавуном на початку продувки й згоряє в струменях кисню; крім того, легковагий брухт, як правило, більш забруднений, що, у свою чергу, приводить до зменшення виходу рідкої сталі.

Отже у киснево-конвертерних цехах є значні резерви збільшення виходу придатного. Максимальний ефект у цьому можливий при усуненні поряд з організаційними технологічних недоліків, що стосуються забезпечення сталості складу й підвищення якості шихтових матеріалів.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

В Законі України “Про охорону праці” (стаття 4) [29] визначено, що умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, роботи машин, механізмів, обладнання та устаткування, наявність та стан засобів колективного та індивідуального захисту, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів з охорони праці.

Випускна робота магістра присвячена дослідженню основних чинників, що впливають на вихід придатної сталі у киснево-конверторному процесі. В зв'язку з чим в даному розділі розглянуто основні шкідливі і небезпечні фактори у киснево-конвертерному цеху, охарактеризовано питання впливу конвертерного виробництва на довкілля, запропоновано заходи з поліпшення умов праці.

3.1 Аналіз умов праці та пожежної безпеки

Металургійні підприємства, що виробляють сталь, за санітарною класифікацією згідно з ДСП 173-96 [30] належать до I класу і мають встановлену ширину санітарно-захисної зони 1000 м.

При проведенні киснево-конверторного процесу мають місце наступні шкідливі виробничі фактори: тепловиділення від технологічного обладнання та розплавлених металу та шлаку; гази, що утворюються при продувці конвертора, роботі газових горілок у котлах-утилізаторах і при сушінні футеровки відремонтованих конверторів та сталерозливних ковшів; пил, що утворюється при транспортуванні сипучих матеріалів, продувці конвертора, зливі чавуну з ковша в конвертор, випуску сталі та шлаку з конвертора, руйнування футеровки конверторів та ковшів; шум, який створюється вентиляційними системами в обслуговуваних приміщеннях; вібрація, яка утворюється від роботи великовагових

конструкцій; електричний струм; іонізуючі випромінювання .

Джерелами теплових виділень є кожух і розпечена горловина конвертора, гази, що відходять, розплавлений чавун, рідкі сталь і шлак. В розливному прольоті велику кількість тепла і нагрітих газів виділяє розплавлений метал, що подається у виливниці. Інтенсивність випромінювання на цих ділянках становить від 350 до 10500 Вт/м² при нормованому значенні 140 Вт/м² за ДСН 3.3.6.042-99 [31]. Температура повітря при проведенні окремих операцій навіть на відстані 2-3 м від джерела тепловипромінювання дуже висока, особливо в літній час (досягає 45-50 ° С) при зовнішній температурі повітря +23° С.

Промениста енергія, потрапляючи на людину, впливає, перш за все, на незахищені частини тіла (обличчя, руки, шию). При тривалому перебуванні людини в зоні теплового променистого потоку, як і при систематичному впливі високої температури, різко порушується тепловий баланс в організмі, порушується робота терморегулюючого апарату, посилюється діяльність серцево-судинної та дихальної систем, посилюється потовиділення, відбуваються втрати потрібних організму солей, що в свою чергу викликає судомну хворобу, теплову гіпотермію або перегрів. Перегрів викликає головний біль, шум у вухах, спотворення кольорового сприйняття, нудоту, блювоту, підвищення температури тіла.

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [31] роботи, що виконуються в киснево-конвертерному цеху відносяться до категорії III – тяжка фізична робота.

Повітря робочої зони також зазвичай не відповідає нормативним вимогам за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]. У повітрі киснево-конвертерного цеху знаходяться шкідливі пил та гази. Пил виділяється при перевантаженні, сортуванні, підготовки шихтових матеріалів, завантаженні печі, вибивки футеровки ковшів, ремонту футеровки ковша, кладці конверторів та сталерозливних ковшів, при ламанні футеровки та їх ремонті. Пил проникає в організм оператора через

дихальні шляхи. Шкідлива дія пилу позначається в подразненні шкіри, очей, ясен, вух. Проникаючи в легені, пил може викликати професійні специфічні захворювання - пневмоконіоз. Пилові частинки розміром від 0,1 до 5 мкм, на відміну від частинок інших фракцій, не видаляються з організму, накопичуючись у легенях.

Повітря в конвертерному відділенні конвертерного цеху насичене оксидом вуглецю, діоксидом азоту, сірчистим і хромовим ангідридом. Фактичний зміст цих газів в повітрі перевищує гранично допустиму концентрацію в кілька разів. Основним джерелом забруднення повітряного середовища робочої ділянки газовими виділеннями є конвертер.

Гази аналогічно пилу проникають в організм оператора поста управління, який наглядає за виробничим процесом, через органи дихання.

Найбільш небезпечним газом є оксид вуглецю, який утворюється в результаті фізико-хімічних реакцій в процесі плавки і на випуску з печі. Володіє дуже сильним отруйним впливом, знижує вміст кисню у вдихуваному повітрі, пов'язуючи його хімічно, з'єднується з гемоглобіном крові.

Не менш шкідливим є насичення повітря сірчистим ангідридом та діоксидом азоту, що утворюються в робочому просторі конвертера.

Діоксид азоту викликає погіршуючу дію, розбавляючи вміст кисню нижче необхідного для нормального дихання тканин. При зниженні вмісту кисню в повітрі до 16% починається задишка і серцебиття, до 12% - сильно ускладнюється дихання, а при 8% - людина втрачає свідомість. Загазованість повітряного середовища киснево-конвертерного цеху вельми незначна, але під час продування і при сушінні відремонтованих конвертерів в повітря виробничого приміщення потрапляють токсичні гази, концентрація яких в ряді випадків перевищує санітарні норми.

Найбільш повна характеристика шкідливих виробничих факторів

для деяких робочих місцях приведена в таблицях 3.1, 3.2, 3.3.

Таблиця 3.1 - Фізичні виробничі фактори на робочих місцях конвертерного відділення (метеоумови)

Найменування професії	Теплове випромінювання, Вт/м ²		Температура повітря, °С		Швидкість руху повітря, м/с		Вологість повітря, %	
	Норматив за ДСН 3.3.6.042-99 [31]	фактичне	Норматив за ДСН 3.3.6.042-99 [31]	фактичне	Норматив за ДСН 3.3.6.042-99 [31]	фактичне	Норматив за ДСН 3.3.6.042-99 [31]	фактичне
Сталевар конвертера	140	4872	15-22	16	0,2	0,41	15-75	20
Підручний сталевара конвертера	140	4872	15-22	16	0,2	0,42	15-75	20
Машиніст завалочної машини	140	696	22-24	26,1	0,2	0,13	40-60	32

Таблиця 3.2 – Інші фізичні виробничі фактори на робочих місцях конвертерного відділення

Найменування професії	Освітленість робочої поверхні, лк		Шум (екв. рівень звуку), дБА		Вібрація загальна, дБ		Вібрація локальна, дБ	
	Норматив за ДБН В.2.5-28-2018 [33]	фактичне	Норматив за ДСН 3.3.6.037-99 [34]	фактичне	Норматив за ДСН 3.3.6.039-99 [35]	фактичне	Норматив за ДСН 3.3.6.039-99 [35]	фактичне
Сталевар конвертера	200	150	80	88	-	-	-	-
Підручний сталевара конвертера	200	150	80	88	-	-	-	-
Машиніст завалочної машини	200	23	70	74	101	105	112	104

Аналіз таблиць 3.1 і 3.2 показує, що фактичні значення багатьох виробничих факторів знаходяться вище нормативних параметрів.

Найбільшу небезпеку для наведених професій представляє теплове випромінювання. Спостерігаються відхилення по освітленості робочих місць. Є перевищення по шуму, вібрації і тепловому навантаженню виробничого середовища.

Таблиця 3.3 - Хімічні виробничі фактори на робочих місцях конвертерного відділення

Найменування професії	Пил, що вміщує SiO ₂ , мг/м ³		Аерозоль окису марганцю, мг/м ³		Аерозоль окису нікелю, мг/м ³		Аерозоль свинцю, мг/м ³		Аерозоль окису заліза, мг/м ³		Пари моноокису вуглецю, мг/м ³		Пари окису азоту, мг/м ³	
	Норматив за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]	фактичне	Норматив за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]	фактичне	Норматив за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]	фактичне	Норматив за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]	фактичне	Норматив за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]	фактичне	Норматив за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]	фактичне	Норматив за ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 [32]	фактичне
Сталевар конвертера	10	12	0,05	0,25	0,05	0,01	-	-	6	1,3	20	5,8	2	1,9
Підручний сталевар конвертера	10	12	0,05	0,25	0,05	0,01	0,01	0,007	6	1,3	20	5,8	2	1,9
Машиніст завальної машини	10	13,3	0,05	0,24	0,05	0,032	0,01	0,069	6	2,4	20	5,8	2	1,92

Як бачимо з таблиці 3.3 у киснево-конвертерному цеху є перевищення за забруднюючими речовинами у повітрі робочої зони.

Крім шкідливих виробничих факторів в конвертерному цеху

присутні небезпечні виробничі фактори.

Небезпеку для працюючого персоналу представляють: рухомі сталевози, шлаковози (можливий наїзд на працюючих, потрапляння розплавленого чавуну, шлаку або стали на працюючий персонал під час аварії); мостові крани (обрив і падіння вантажу, зіткненні кранів, падіння робітників з висоти); електрика (внутрицехова електрична мережа, електричне обладнання електромостових кранів, електроприводи, електродвигуни); спалахування (наявність великої кількості паливно-мастильних матеріалів в приміщеннях маслостанцій); падіння з висоти; вибухи і викиди розплавленого металу і шлаку.

Згідно ПУЕ [36], приміщення цеху по ступеню небезпеки поразки електричним струмом відноситься до особливо небезпечних, і характеризується наявністю в ньому можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будівель, що мають з'єднання із землею, технологічним агрегатом, механізмами тощо, з одного боку і до металевих корпусів електрообладнання - з іншого; підвищеною температурою; наявністю пилу у повітрі.

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [37] по вибуховій, вибухопожежній і пожежній небезпеці конвертер, а також розливний проліт, відноситься до категорії А. До категорії Б відноситься система газоочищення конвертерного газу, міксерне відділення і завантажувальний проліт. До категорії Г відноситься відділення підготовки шихти.

У конвертерному цеху вибухи відбуваються головним чином або при контакті розплавленого металу і шлаку з водою або вологими матеріалами, або внаслідок бурхливого протікання хімічних реакцій при продуванні, розкислюванні і розливанні сталі. Вибухи у фурмах дуже небезпечні, тому що при цьому відкривається склепіння і через фурмений отвір викидаються на робочий майданчик розжарені кокс і гази, які в атмосфері запалюються і горять, утворюючи довгі язики полум'я.

Виробниче приміщення побудовано з негорючих матеріалів (металоконструкцій і залізобетон) і згідно ДБН В.1.1-7:2016 [38], має 2 ступінь вогнестійкості.

Пожежі в приміщенні можуть виникнути в результаті: - загоряння електроустаткування при перевантаженнях, перегрівих і коротких замиканнях (клас пожежі - Е); - тверді речовини які плавляться та горять як рідини (клас пожежі - В).

3.2 Заходи поліпшення умов праці

Наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів викликає необхідність застосування спеціальних організаційно-технічних заходів, що знижують несприятливу дію на організм людини.

Для зменшення травматизму та аварій проводять інструктажі робітників і службовців з техніки безпеки, виробничої санітарії, протипожежної охорони.

Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Крім інструктажів, для забезпечення безпеки праці має місце професійний добір, мета якого виявляти осіб, непридатних за своїми фізичними і антропометричним даним до участі в тому чи іншому виробничому процесі.

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці (далі - інструктажі) поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Раціональна організація виробництва і праці є однією з умов в справі запобігання травматизму, професійних захворювань і аварій.

Для попередження виробничого травматизму велике значення має організація виконання робіт безпечними способами і прийомами.

Для запобігання аварій і нещасних випадків важливе значення має застосування системи планово-попереджувальних ремонтів (ППР), розробка планів ліквідації аварій.

У киснево-конвертерному цеху існує цілий перелік небезпечних робіт і окремих технологічних операцій, де є потенційно-небезпечні умови праці або застосовуються небезпечні прийоми роботи. Тому, на виробництві повинен здійснюється контроль за дотриманням працівниками всіх вимог по охороні праці. На самих же робітників покладаються обов'язки: дотримання інструкцій з охорони праці, встановлених вимог поведінки з машинами і механізмами і користування засобами індивідуального захисту. При порушенні цих правил на працівників може накладатися дисциплінарне стягнення (зауваження, догана, звільнення), позбавлення премії.

Для забезпечення захисту людей від ураження електричним струмом використовуються окремо або в поєднанні один з одним такі технічні способи та засоби як: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, захисне відімкнення, ізоляція провідників із струмом, огорожувальні пристрої, попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки, засоби захисту та запобіжні пристрої. Часто використовується звукова та світлова сигналізація, надписи, плакати та інші засоби інформації, що попереджують про небезпеку [39].

На підставі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих чинників, що мають місце в цеху, у даному розділі приводиться розрахунок захисного заземлення для зменшення небезпеки поразки електричним струмом.

В якості заземлювачів застосовувати труби діаметром 45 мм, довжиною 2000 мм, ширина сполучної смуги 80 мм, ґрунт-глина.

Захисне заземлення застосовується для захисту від небезпеки ураження електричним струмом при переході напруги на металеві частини обладнання, при нормальних умовах не знаходяться під напругою.

Визначення опору розтікання однієї вертикально забитої в землю сталеві труби:

$$R_1 = \frac{\rho \cdot 2,32 \cdot \frac{\lg(4 \cdot l)}{d}}{2 \cdot \pi \cdot l}, \text{ Ом}$$

де R_1 - опір розтіканню однієї труби, Ом;

ρ - питомий опір ґрунту, Ом·см;

l - довжина труби, см;

d - зовнішній діаметр, см.

$$R_1 = \frac{6000 \cdot 2,32 \cdot \frac{\lg(4 \cdot 200)}{4,5}}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} = 24,9 \text{ Ом}$$

Опір системи заземлення, що складається з декількох труб, повинен бути не більше 4,0 Ом в мережах з напругою до 1000 В. Він визначається за формулою:

$$R_2 = \frac{R_1}{m \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \leq 4,0, \text{ Ом}$$

де R_2 - опір системи заземлення, Ом;

m - кількість труб заземлення, шт;

η_1 - коефіцієнт, що враховує взаємне екранування труб; при замкнутому контурі можна приймати $\eta_1 = 0,74$, а при розімкнутому $\eta_1 = 0,83$;

η_2 - коефіцієнт, що враховує взаємне екранування труб зі смугою, що з'єднує труби $\eta_2 = 0,9$;

$$m = \frac{R_1}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot R_2}, \text{ ШТ.}$$

$$m = \frac{24,9}{0,74 \cdot 0,9 \cdot 0,4} = 9,43 \text{ ШТ.}$$

Опір ділянки заземлювальної смуги, що з'єднує труби, знаходиться за формулою:

$$R_n = \frac{\rho \cdot 2,32 \cdot \lg(4 \cdot l)}{\pi \cdot b}, \text{ Ом}$$

де l - довжина смуги, см;

b - ширина смуги, см.

Довжина смуги:

$$l = 1,05 \cdot a \cdot m, \text{ см}$$

де a - відстань між трубами, см;

Приймають $a = 2 \cdot 200 = 400$ см.

Тоді:

$$l = 1,05 \cdot 400 \cdot 10 = 4200 \text{ см}$$

Ширина смуги $b = 4 \dots 6$ см, візьмемо $b = 5$ см

$$R_n = \frac{6000 \cdot 2,32 \cdot \lg(4 \cdot 4200)}{3,14 \cdot 4200} = 3,69 \text{ Ом}$$

Загальний опір системи заземлення знаходять за формулою:

$$R_{\text{общ.}} = \frac{R_2 \cdot R_n}{R_2 + R_n}, \text{ Ом}$$

$$R_{\text{общ.}} = \frac{4 \cdot 3,69}{4 + 3,69} = 1,92 \text{ Ом}$$

За отриманими результатами можна зробити висновок, що загальний опір системи заземлення не перевищує допустимий ($R_{\text{доп}} \leq 4$ Ом).

Пожежну безпеку забезпечують проведенням організаційно-технічних та інших заходів, які спрямовані на запобігання пожежам, забезпечення безпеки працівників, зниження майнових втрат та створення умов для швидкого гасіння пожеж.

На підприємстві використовуються такі види первинних засобів пожежогасіння: вогнегасники; пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири тощо).

Для гасіння пожеж у конвертерному цеху передбачені первинні засоби пожежогасіння, згідно ДСТУ 4297:2004 [40]. Для гасіння пожеж застосовують хімічні пінні вогнегасники ВХП-10 і вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5 і ВВ-8, а також пересувні ВВ-25 і ВВ-80.

Для розміщення засобів пожежогасіння у цеху передбачається установка пожежного щита з набором інструментів. Пожежні щити встановлюються на території з розрахунку: один щит на 5 000 м².

Імовірність поразки будинків блискавкою зменшена застосуванням системи блискавкозахисту II категорії, виконаної відповідно до ДСТУ Б В.2.5-38:2008 [41].

3.3 Захист навколишнього середовища

У конвертерному цеху основними джерелами забруднення навколишнього природного середовища є пилогазові викиди в атмосферу. Ці високотемпературні викиди поділяють на організовані, до яких відносять гази, що вловлюються при виході з горловини конвертера, і неорганізовані, які зазвичай не уловлюються і надходять в атмосферу цеху. Неорганізовані викиди відбуваються періодично - при заливці чавуну, завантаженні брухту, зливі металу і шлаку, завалці конвертера, при вибиванні газів крізь зазор між горловиною і входом в тракт для відводу газу; ці викиди містять пил, тепло і ряд шкідливих газів (в різних випадках це СО, оксиди азоту та сірки, фториди).

Процес конвертерної виплавки сталі супроводжується викидами розплавленого металу і шлаку. Крім того, процес продування супроводжується виділенням великої кількості розжарених газів і дрібнодисперсного пилу до атмосферного повітря.

Середня кількість пилу, що міститься в конвертерних газах, складає 50-300 г/м³. Конвертерний пил складається в основному з оксидів заліза і містить 60-65 % Fe, 2-6 % Mn, решта SiC, CaO, Al₂O₃ та інші оксиди. Близько 80% часток пилу мають розміри до 0,5 мкм. Кількість пилу з частками більше 1 мкм складає всього 5-15 %. Такий пил відноситься від конвертера на великі відстані і довгий час вітає в повітрі.

У великих кількостях виділяють пил шихтові матеріали, кладка конвертерів і сталерозливних ковшів при її руйнуванні під час ремонту. У міксерних відділеннях пил і гази виділяються в період заповнення міксерів і зливу з них чавуну. На 1 м пропущеного через міксер чавуну через аераційні ліхтарі виділяється близько 60 г пилу і 370 г оксиду вуглецю.

У зв'язку з цим все кисневі конвертери обладнають системою відведення і очищення газів, що відходять, що істотно ускладнює і здорожує (на 10-20%) будівництво конвертерного цеху.

Складність і висока вартість очищення пов'язана з високою температурою, великою кількістю і постійною зміною по ходу продувки кількості газів, що відходять. На початку і наприкінці продувки, коли вуглецю окислюється менше, ніж в її середині, кількість газів, що відходять зменшується.

З двох відомих способів відведення конвертерних газів - з допалюванням і без допалювання CO в котлі-утилізаторі - доцільним визнаний другий спосіб. При цьому завдяки запобіганню підсосу повітря в зазор між горловиною конвертера і котлом-утилізатором обсяг газів, що очищаються зменшується в 3-4 рази, що знижує капітальні витрати на спорудження системи і експлуатаційні витрати. В якості газоочисних пристроїв знаходять застосування труби Вентурі в поєднанні з краплевловлювачами (мокре газоочищення), електрофільтри і тканинні фільтри (суха газоочистка), причому система очищення газів зазвичай включає два або більше послідовно встановлених газоочисних апарату.

На підставі досвіду визнано доцільним застосовувати порівняно надійні і прості в експлуатації труби Вентурі. Застосовують системи газоочистки з трубами Вентурі прямокутного або круглого перетину. У більшості побудованих раніше цехів застосована система очищення газів з прямокутними регульованими трубами Вентурі.

Застосовувані системи мокрого газоочищення забезпечують кінцеву запиленість газу 10-15 мг/м³ при витраті води 40-50 м³/годину. Перевага мокрої газоочистки полягає в тому, що гази в контакті з водою відразу ж охолоджуються. Однак надалі воду необхідно очищати від твердих частинок і розчинених речовин, щоб забезпечити роботу газоочистки з оборотним водним циклом [42].

ВИСНОВКИ

У першому розділі випускної кваліфікаційної роботи проведено аналіз літературних джерел який показав, що киснево-конверторний процес у теперішній час займає провідне положення, як у світовій так й в українській металургійній галузі. Дана коротка характеристика киснево-конверторного виробництва ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». Розглянуто вплив основних технологічних чинників, що впливають на вихід придатної сталі як для світових, так й для металургійних підприємств України.

В другій частині випускної кваліфікаційної роботи розглянута технологія виплавки сталі в кисневих конверторах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Проведено статистичний аналіз валових плавок, що було виплавлено у конвертерному цеху ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» у другій половині жовтня 20.... р. (..... плавок низьколегованої сталі марки 4СПмод3М).

При проведенні аналізу було визначено, що вихід придатного при виробництві сталі в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» коливається в інтервалі від до % та у середньому складає %.

Наявність такого значного інтервалу коливання, вочевидь, пов'язана з впливом технологічних параметрів виплавки сталі в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Для виявлення які саме технологічні параметри впливають на коливання виходу придатного було проведено статистичний аналіз, який включав побудову гістограм частотного розподілення і графіків залежностей впливу основних параметрів плавки (хімічний склад чавуну, питома витрата шихтових матеріалів, питома інтенсивність продування, параметри шлаку та інш.) на вихід придатної сталі.

Ґрунтуючись на результатах проведеного аналізу основних чинників, що впливають на вихід придатної сталі марки 4СПмод3М в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» визначено, що для забезпечення найкращих показників роботи конверторів рекомендуються наступний склад та витрати шихтових матеріалів:

- чавун не більш кг/т;
- металобрухт не менш кг/ т;
- вапно кг/ т;
- теплоносії кг/т.

Параметри шлакового режиму

- основність шлаку –
- окисленість шлаку %

При цьому хімічний склад чавуну має складати :

- вмісту кремнію в чавуні - %;
- вмісту марганцю в чавуні -%;

Параметри сталі на випуску мають становити:

- Вміст вуглецю на повалці не менш %;
- Температура сталі на повалці має бути близько°С.

При використанні оптимального складу та витрати шихтових матеріалів вихід годного може сягати% тобто підвищення виходу придатної сталі сягає%.

В економічному розділі випускної кваліфікаційної роботи було проведено аналіз впливу запропонованих заходів на собівартість сталі марки 4СПмод3М в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». Проведений аналіз показав, що використання оптимізованих витрат шихтових матеріалів дозволяє зменшення собівартості сталі на грн./т. при цьому річний економічний ефект буде становити тис. грн.

В розділі «Охорона праці та захист навколишнього середовища» розглянуті основні і небезпечні виробничі чинники, а також розроблені

заходи щодо їх усунення або зменшення на ділянці конвертерного прольоту в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: Підручник / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський та ін. – Київ: Вища школа, 2006. – 503 с.
2. Математические модели и системы управления конвертерной плавкой / В. С. Богушевский, Л. Ф. Литвинов, Н. А. Рюмшин, В. В. Сорокин. – Киев: Киевский институт автоматики, 1998. – 304 с.
3. Розрахунок металевої частини шихти киснево-конвертерної плавки / В. С. Богушевський, В. Ю. Сухенко, К. О. Сергєва, С. В. Жук // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2010. – № 7. – С. 266-269.
4. Прогнозирование выхода жидкой стали в конвертере / В.С. Богушевский, А.Э. Скачок // Металл и литье Украины. — 2013. — № 3. — С. 8-11.
5. Шишкин Ю.И., Торговец А.К. Современный кислородно-конвертерный процесс. Учебное пособие.- Алматы: НИЦ «Фылым», 2013.- 145 с.
6. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі: теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія Дніпропетровськ: Дніпро-ВАЛ, 2004. — 454 с.
7. World Steel in Figures 2023 – Brussels: World Steel Association, 2023. 17 р - [Електронний документ]. - Режим доступу: (<https://worldsteel.org/steel-topics/statistics/world-steel-in-figures-2023/>) (дата звернення 28.12.2023) – Назва з екрана.
8. Квартальный статистический бюллетень Европейской черной металлургии. Нью-Йорк, ООН, 1971, т. XXI, N° 4
9. Rock Products, 1967, v. 70, № 1, p. 79.

10. Continental Iron and Steel Trade Reports, 1967, p. 14782.
11. ASTMDS 40 «Elevated—Temperature Properties of Oxygen steel» 1965.
12. Steel Times, 1967, v. 195, N° 5174, p. 302.
13. J. I. S. Hand Book, Ferrous Materials and Metallurgy, Edited Japanese Standards Association, Tokyo, 1967.
14. Blast Furnace and Steel Plant, 1966, v. 54, N° 7, p. 595 - 601.
15. Iron Age Metalworking International, 1965, v. 4, N° 1, p. 24.
16. Steel Times, 1964, v. 189, N 5031/2, p. 870.
17. Morita S. Special Report 83, Fume Arrestment.
18. Процесс ОГ, 1963. Каталог фирм «Yawata Iron and Steel Co.», Yokojama Engineering, Tokyo.
19. Роменец В.А. Техничко-экономический анализ кислородно-конвертерного производства / В.А. Роменец, С.В. Кременевский. — М.: Металлургия, 1973.-512 с.
20. Эффективность кислородно-конвертерного производства стали и улучшения ее качества за счет совершенствования процесса плавки, повышения стойкости кладки конвертеров и снижения их простоев. Материалы Всесоюзного научно-технического совещания, Липецк, 1970, 87 с.
21. Колпаков С.В. Технология производства стали в современных конвертерных цехах / С.В.Колпаков, Р.В.Старов, В.В.Смокий и др.. -М.: Машиностроение, 1991. 464 с.
22. ТИ 230-С320-12 Выплавка конвертерной стали Технологическая инструкция. Днепродзержинск. 2012. 53 с.
23. Сталеплавильне виробництво. /В.І. Баптизмаський, Б.М. Бойченко, О.Г. Величко та ін. —ДО. ЗМН, 1996-400с.
24. Теоретичні основи сталеплавильних процесів: Навч. посібник / М.Я. Меджибожський, П.С. Харлашин. - К.: НМК ВО, 1993. - 276 с.

25. Югов П.И. Создание и промышленное освоение ресурсосберегающей технологии конвертерного передела низкомарганцовистого чугуна // Сталь. – 1996. - №1. - С. 18-20
26. В.А. Кудрин, В.М. Парма. Технология получения качественной стали. – М.: Metallurgia, 1984. – 319 с.
27. Дидковский В, К. Юзов С. В., Пииягина П. В. Показатели качества металлургической извести. Обзор, информ. ин-та Черметинформация. Сер. Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу и производство чугуна. М., 1988. Вып. 1. 20 с.
28. Нечаев В.П. Теорія планування експерименту: Навч. посібник / В.П. Нечаєв, Т.М. Берідзе, В.В. Кононенко – К.: Кондор, 2005. – 232 с.
29. Закон України «Про охорону праці». – К.: Паливода, 2015. – 32 с.
30. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. – К.: Мінрегіонбуд, 1996. – 45 с.
31. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: Мінздрав, 1999. – 15 с.
32. ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 Гігієнічна класифікація праці. Гігієнічні нормативи. - К.: Мінздрав, 2002. – 47 с.
33. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188
34. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – К.: Держстандарт, 1999. – 24 с.
35. ДСН 3.3.6.039-99. Санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – К.: Держстандарт, 1999.- 43 с.
36. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ-2009. – Х.: Форт, 2009. – 736 с.

37. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». – К.: Мінрегіон України, 2016. – 34 с.
38. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіон, 2017. – 39 с.
39. Зиньковский М.М. Охрана труда в конвертерном производстве. - М.: Металлургия, 1973. - 152 с.
40. ДСТУ 4297:2004 Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги. – К.: Укр. НДІПБ, 2004. – 50 с.
41. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 76 с.
42. Экология, очистка конвертерных газов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metallurgy.zp.ua/ekologiya-ochistka-konverternyh-gazov/>