

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

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП



Сергій СЕМІРЯГІН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

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

**на тему «Дослідження теплової роботи конвертера при
використанні різновидів твердої металозавалки»**

Керівник роботи

Валерій МАМЕШИН

Наставник від бази
практики

Віталій КРАВЧЕНКО

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

Здобувач

Олександр ПАРХОМЕНКО

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

Голова ЕК

Євген БРАГІНЕЦЬ

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет гірничо-металургійний
Кафедра металургії та організації виробництва
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 136 Металургія
ОПП Металургія сталі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант ОПП

Сергій СЕМІРЯГІН

25 грудня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Пархоменко Олександра Анатолійовича
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи Дослідження теплової роботи конвертера при використанні різновидів твердої металозавалки
керівник роботи к. т. н., доц. Мамешин Валерій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238/14.10.2024
- Термін подання роботи 11.02.2025
- Вихідні дані до роботи Навчальна, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики сталеплавильного виробництва, науково-технічні літературні джерела, технологічні інструкції, дані ПрАТ «Камет-сталь» м. Кам'янське, результати власних досліджень.
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналітичні дослідження впливу зміни частки та виду твердої металошихти плавки у кисневих конверторах 2. Статистичний аналіз та визначення впливу складу металошихти на основні технологічні показники киснево-конверторного процесу для умов ПрАТ «Камет-сталь» м. Кам'янське. 3. Охорона праці Оцінка небезпечних та шкідливих факторів в умовах киснево-конверторного цеху ПрАТ «Камет-сталь». 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
- Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 6 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	Мамешин В.С., доцент
Розділ 2	Мамешин В.С., доцент
Розділ 3	Мамешин В.С., доцент
Розділ 4	Латишева О.В., доцент

7. Дата видачі завдання 25.12.2024

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 ПАРХОМЕНКО.

Керівник роботи

Валерій МАМЕШИН

АНОТАЦІЯ

Пархоменко Олександр Анатолійович. Дослідження теплової роботи конвертера при використанні різновидів твердої металозавалки.
- Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

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

Об'єктом дослідження є технологія виплавки сталі у кисневих конверторах і в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

Предметом дослідження є визначення впливу основних різновидів охолоджувачів, в тому числі й скрапу, що вилучено зі шлакових відвалів, на тепловий баланс та основні показники конвертерної плавки.

У першому розділі було проаналізовано призначення охолоджувачів в конвертерній плавці. Розглянуто основні характеристики якості брухту та вимоги нього в конвертерному процесі. Також було проаналізовано питання впливу якості брухту на хід конвертерної плавки. Визначені основні джерела утворення металобрухту і металовмісної вторинної сировини та розглянуто можливість заміни металевого брухту в конвертерному виробництві. В результаті визначена необхідність дослідження впливу заміни частини металевого брухту на металовмісну вторинну сировину в шихті конвертерного процесу в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

У другому розділі були проведені теоретичні дослідження впливу складу металозавалки на її охолоджуючий ефект та проведено аналіз впливу застосування різних охолоджувачів на основні показники конвертерної плавки.

В розділі охорони праці та захисту навколишнього середовища визначені основні шкідливі фактори виробництва й заходи щодо поліпшення умов праці та охорони довкілля у конверторному відділенні.

В економічна частина кваліфікаційної роботи було проведено аналіз впливу запропонованих заходів на собівартість сталі марки Зпс в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

КОНВЕРТЕРНА ПЛАВКА, ШИХТОВКА, МЕТАЛЕВИЙ БРУХТ,
СКРАП ШЛАКОВИХ ВІДВАЛІВ

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1.	Призначення брухту в конвертерній плавці. Тепловий баланс	7
1.2	Характеристика якості брухту. Вимоги до брухту в конвертерному процесі	10
1.3	Вплив якості брухту на хід конвертерної плавки	13
1.4	Ресурси брухту в Україні	17
1.5	Поняття металева і металовмісна вторинна сировина, скрап	19
1.6	Джерела утворення металобрухту і металовмісної вторинної сировини	23
1.7	Шлакові відвали як нове джерело металовмісної сировини	27
2.	ОСНОВНА ЧАСТИНА	30
2.1	Методика досліджень використання скрапу	30
2.2	Теоретичні дослідження за оцінкою ефекту металевого брухту і скрапу, що охолоджує	30
2.3	Експериментальні дослідження використання скрапу шлакових відвалів	38
2.3.1	Порівняння усереднених показників масиву плавок	38
2.3.2	Вплив скрапу шлакових відвалів на витрату матеріалів і вихід придатного	43
2.4	Результати досліджень застосування скрапу шлакових відвалів	53

3	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	54
3.1	Охорона праці	54
3.1.1	Аналіз умов праці	54
3.1.2	Пожежна безпека	58
3.1.3	Заходи поліпшення умов праці	60
3.2	Захист навколишнього середовища	63
4.	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	67
4.1	Економічний ефект заміни металобрухту скрапом шлакових відвалів	67
	ВИСНОВКИ	79
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82

ВСТУП

В металургійній промисловості України у теперішній час гостро відчувається дефіцит металевого брухту. Така картина пов'язана з зменшенням виробництва чорних металів, а також з тим, що унаслідок переходу на безперервне розливання знижується кількість власних металовідходів, які утворюються в процесі виробництва. Скорочення виробництва в металообробних галузях також призвело як до зменшення заготівки брухту і відходів чорних металів, так і до збільшення частки амортизаційного брухту. Зниження виробництва чорних металів разом із зміною структури ресурсів брухту сприяло погіршенню якості брухту, що поставляється на металургійні підприємства.

Дані обставини призвели до використання в металургійній промисловості власних, таких, що раніше мали малий попит, ресурсів - шлакових відвалів. Шлакові відвали є власними відходами металургійних виробництв, що накопичені впродовж декількох десятків років і комплексно не переробляються. Кількість металовмісних матеріалів, що знаходяться в них, значна, оскільки по раніше використовуваним технологіям виробництва чорних металів вміст заліза в шлаках сталеплавильного переділу складав до 20%, доменного – до 5%, також значні втрати металу спостерігалися в інших металургійних переділах. Основним компонентом шлаків при цьому є металовмісний матеріал – скрап.

Комплексна переробка шлакових відвалів значно підвищує ступень вилучення металевого скрапу зі шлакових відвалів, використання шлаку, як сировини для цементної та будівельної промисловості.

Метою даної випускної роботи магістра є дослідження можливості використання різних видів охолоджувачів в шихті конвертерної плавки для умов ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Призначення брухту в конвертерній плавці. Тепловий баланс

Металевий брухт в конвертерній плавці виконує роль додаткового джерела заліза, оскільки він замінює значну частину дорогого рідкого чавуну, завдяки чому знижується собівартість сталі і відпадає потреба в збільшенні виплавки чавуну [1].

При продуванні звичайного передільного чавуну киснем зверху виділяється така кількість теплоти, яка, якщо не застосовувати охолоджувачів, може забезпечити нагрівання ванни у кінці плавки до 1850-1900°C. Для отримання нормальної температури в кінці продування (1580-1650°C), рекомендується витрата головного охолоджувача (сталевого брухту) у 24-28 %, а чавуну 72-76 % у залежності від маси металеві шихти, залежно від його складу і температури [2].

Можуть застосовувати і додаткові охолоджуючі добавки (тверді окислювачі): залізняк, окалину, агломерат, окатиші, вапняк, одна вагова одиниця яких в середньому замінює близько трьох вагових одиниць сталевого брухту. Тому, при додатковому охолодженні твердим окислювачем (до 1 %), витрата брухту складає 20-25 % (витрата чавуну 75-80 %) [2].

Витрату брухту і інших охолоджувачів визначають на підставі розрахунку теплового балансу плавки. Ця витрата повинна бути така, щоб поглинати все надмірне тепло і, при цьому, забезпечувалася б необхідна температура металу в кінці продування, оскільки перевищення оптимальної витрати охолоджувача обумовлене, зазвичай, збільшенням частки тепла реакцій окислення заліза, внаслідок чого знижується вихід придатного [3].

При продуванні передільного чавуну інші статті матеріального балансу змінюються в наступних межах. За даними балансових плавок, проведених різними дослідниками [2-4], а також міксерних відділень ряду заводів [3] кількість міксерного (доменного) шлаку, що потрапляє з чавуном в конвертер, складає 0,3-1,2 % маси чавуну. Забрудненість сталевому скрапу шлакових відвалів може змінюватися в широких межах (зазвичай від 5 до 20 % маси скрапу), забрудненість оборотного скрапу значно менше і може бути оцінена в межах 2-5% маси скрапу. Кількість окалини на сталевому скрапі також може коливатися в широких межах. Оборотний скрап чистіший, кількість окалини на нім зазвичай складає 1,0-1,5% мас скрапу.

Витратні статті матеріального балансу є, в основному, виходом придатного металу і визначальними його чинниками. Відмінності у виробничих умовах і ступені досконалості технології призводять до значних коливань виходу придатного (88-91 %) як в зарубіжних, так і в деяких вітчизняних киснево-конвертерних цехах.

Джерелом тепла в конвертері є фізичне і хімічне тепло чавуну, а також теплота реакцій шлакоутворення, визначувана кількістю домішок в чавуні. Витратні статті теплового балансу складаються з фізичного тепла сталі, шлаку, газів, що відходять, втрат металу при продуванні і втрат тепла конвертером. Отже, резерви поліпшення теплового балансу полягають в збільшенні фізичного і хімічного тепла, що вноситься і зниженні втрат тепла (через корпус конвертера, його горловину, на нагрів футерування конвертера при її охолодженні, з газами, що відходять, що охолоджує фурму водою і шлаком).

Типовий тепловий баланс представлений на рис. 1.1 [2].

На практиці при чіткій організації роботи конвертерів: без простоїв, додувок, тривалих періодів очікування аналізу втрати теплоти конвертером через корпус, на нагрів футерування через горловину, з водою, що охолоджує фурму, зазвичай знаходяться в межах 1,5-3,0 %

від приходу тепла. При неритмічній роботі конвертерів втрати тепла, по вказаних статтях витратної частини теплового балансу, досягають $> 12\%$ [5]. Як видно з рис. 1.1, істотні втрати тепла з газами (сектори 13), що відходять, із шлаком (сектор 12), велика і сумарна площа секторів 14-19.

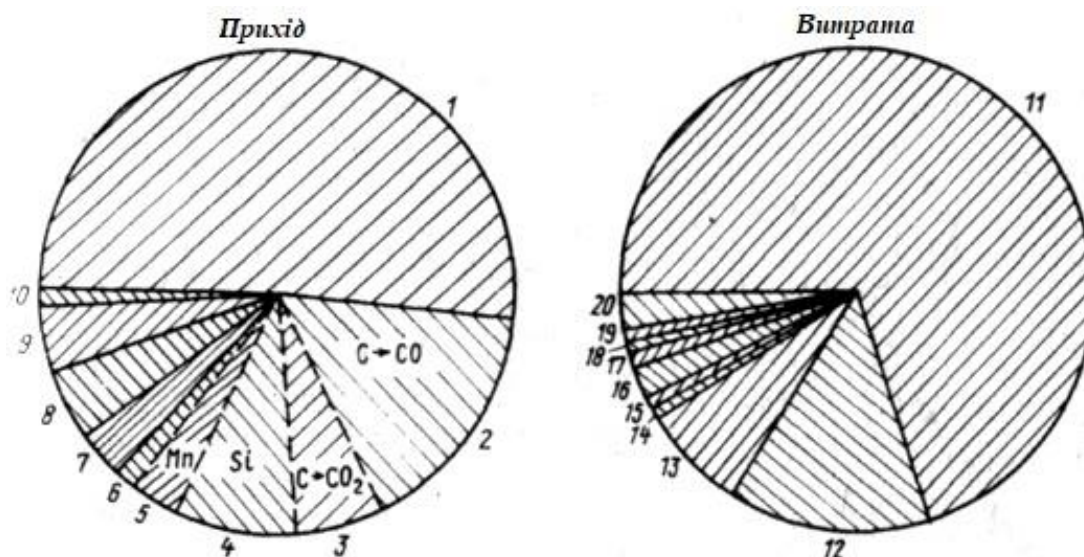


Рисунок 1.1 – Зразкова схема теплового балансу конвертерної плавки (продування звичайного передільного чавуну): 1– ентальпія чавуну; 2 – теплота окислення вуглецю до монооксиду; 3 – теплота окислення вуглецю до діоксиду; 4 – теплота окислення кремнію; 5 – теплота окислення марганцю; 6 – теплота окислення фосфору; 7 – теплота реакцій зв'язування в шлаці SiO_2 і P_2O_5 ; 8 – теплота утворення оксидів заліза шлаку; 9 – теплота утворення диму; 10 – ентальпія міксерного (доменного) шлаку; 11 – ентальпія сталі; 12 – ентальпія шлаку; 13 – ентальпія газів; 14 – теплота дисоціації води шихти; 15 – теплота дисоціації карбонату кальцію з шихти; 16 – теплота дисоціації оксидів заліза шихти; 17 – ентальпія оксидів заліза диму; 18 – ентальпія викидів; 19 – ентальпія залізних корольків в шлаку; 20 – втрати тепла

У прибутковій частині теплового балансу, окрім фізичної теплоти чавуну (сектор 7), дуже велика частка теплоти надходить від окислення вуглецю. Вона складає ~ 47 % всього тепла, що виділяється у ванну хімічними реакціями, і досягає, за даними інших досліджень, максимальної величини 58% при меншій витраті металобрухту і відповідно більшій витраті чавуну. Помітна роль в тепловому балансі відіграє концентрація кремнію в металевому розплаві (площа сектора 4), Кожна 0,1% Si вносить до ванни конвертера 1,8 МДж на 100 кг металевої шихти. Тепло реакції окислення кремнію досягає 13-20 % від загальної кількості тепла хімічних реакцій. Значно менш істотну роль грає вміст марганцю (сектор 5) і фосфору в металевому розплаві.

Таким чином, вуглець при киснево-конвертерному переділі звичайного мартенівського чавуну, є головним паливом процесу. Тому, при підготовці для плавок, перш за все необхідно враховувати температуру і склад чавуну, а також якісні характеристики вживаного брухту.

1.2 Характеристика якості брухту. Вимоги до брухту в конвертерному процесі

Витрата брухту, визначена умовами теплового балансу плавки, без вживання спеціальних заходів по збільшенню його витрати, зазвичай не перевищує 27% від маси металевої шихти [6]. Сталевий брухт і скрап повинні відповідати вимогам ДСТУ 4121-2002, ТУ У 322-228-29-2003, ТУ У 322-228-42-2003, ТУ У 322-228-18-2003, ТУ У 322-228-68-2003.

На металургійних підприємствах брухт розділяють на оборотний (прокатна обрізь і відходи інших цехів) і купувальний (що поступає з вторчермету); склад останнього зазвичай не відомий. Допускається використання чушкового і твердого чавуну (його бій), скрапу замість

металобрухту. Коефіцієнт заміни металобрухту на твердий чавун повинен знаходитись в співвідношенні 1:1,05. Кількість твердого чавуну на плавку залежить від виробничої необхідності. Маса завантаженого скрапу не повинна перевищувати 15 тонн, при цьому завантаження його в короб проводиться в останню чергу, поверх всього брухту [7].

Не допускається вміст в брухті домішок кольорових металів (Zn, As, Pb, Sn і ін.), які погіршують якість сталі. Брухт не повинен містити вибухових речовин, а також паливно-мастильних матеріалів. Не допускається використовувати в завалення будь-який вид непакетованої стружки, вологого скрапу фракції 20 – 200 мм, а також матеріалів, покритих льодом, снігом або вологою, оскільки при заливці чавуну на брухт, що містить ці домішки, можливі вибухи. У разі попадання одного з вказаних матеріалів в конвертер проводиться їх сушка за допомогою триразового похитування конвертера.

Вміст міді і нікелю в сталевому брухті не повинен перевищувати їх допустимого вмісту в сталі (як правило, <0,2 %), що виплавляється, оскільки ці домішки не видаляються з металу при конвертерній плавці (нікель, і мідь не окислюються у присутності рідкого заліза, оскільки мають хімічну спорідненість до кисню нижче, ніж залізо). Небажаний високий вміст в брухті іржі, оскільки вона вносить до металу водень (іржа – це гідрати оксидів заліза).

Вимоги до брухту для конвертерів по щільності і габаритів визначаються технологією плавки. Насипна щільність легковагового брухту складає 0,8 - 1,1 т/м³, важкого (обрізь, слябів і блюмів), – 3 - 3,5 т/м³. На вітчизняних заводах використовують брухт насипною щільністю ~ 1 т/ м³. Легковаговий брухт пресують на спеціальних пакет-пресах, отримуючи пакети, що зменшує тривалість завантаження. Завантаження в конвертер легковагового брухту небажане, оскільки сприяє значному пониженню температури ванни на початку продування, унаслідок швидкого розчинення брухту в чавуні; при цьому

сповільнюється шлакоутворення і, по ходу продування, спостерігаються коливання (пульсації) швидкості окислення вуглецю, сприяючи виникненню викидів.

У процесі з продуванням киснем зверху, максимальна величина шматків брухту обмежується, оскільки дуже великі шматки можуть не встигнути розчинитися в металі за час продування. Для конвертерів місткістю 100 т (500 т) і більш, розміри шматків брухту не повинні перевищувати 300 (400) 350 (400) 1000 мм, пакетів 700 1000 2000 мм. При донному і комбінованому донно-верхньому продуванні киснем в результаті більш рівномірного перемішування ванни і ріжучої дії донних кисневих струменів, умови розплавлення вагового брухту поліпшуються, тому зазвичай в конвертер з донним і комбінованим дуттям завантажують злитки, обрізь їх нижніх торців, прибули.

Для прискорення завалення і підвищення продуктивності, бажано забезпечити конвертери підготовленим до плавки метабрухт: обрізь обтискових станів і пакетами. При верхньому дутті доцільно витримувати наступні співвідношення між видами брухту %: 50-70 пакетів, 30-50 вагового брухту (насіпною щільністю більше 4 т/м^3), лише при необхідності допускаючи використання «легковаговий» брухт (щільністю, менше 1 т/м^3) в кількості < 20 . Застосування непідготовленого і не підігрітого брухту з низькою щільністю, крім подовження періоду завалення, викликає переохолодження рідкої ванни в першому періоді продування, викиди, значні втрати металу і зниження продуктивності агрегатів із-за неминучості зупинок продування для скачування шлаку [8].

У шихтовому відділенні окремо повинні зберігатися легковаговий і ваговий брухт і пакети, щоб забезпечити дотримання необхідного порядку завантаження брухту в совки і в конвертер – спочатку в конвертер повинен завантажуватися легковаговий брухт.

1.3 Вплив якості брухту на хід конвертерної плавки

Теплова робота кисневих конвертерів істотно визначається температурою ванни при продуванні. За межами реакційної зони, особливо первинної, в ході продування, не виявляють помітних градієнтів температур, решта об'єму металевої ванни зазвичай не має істотних локальних перегрівів або переохолоджень, виключаючи моменти, безпосередньо наступні за попаданням в рідку ванну твердих присадок охолоджувачів і шлакоутворювачів [9].

Зміна середньої температури ванни (T_B , °C) в ході продування при різній витраті звичайного металобрухту приведена на рис. 1.2 [10].

Як випливає з рис. 1.2, T_B визначається кількістю і якістю брухту, тобто підвищення його витрати призводить до значного зниження T_B впродовж плавки.

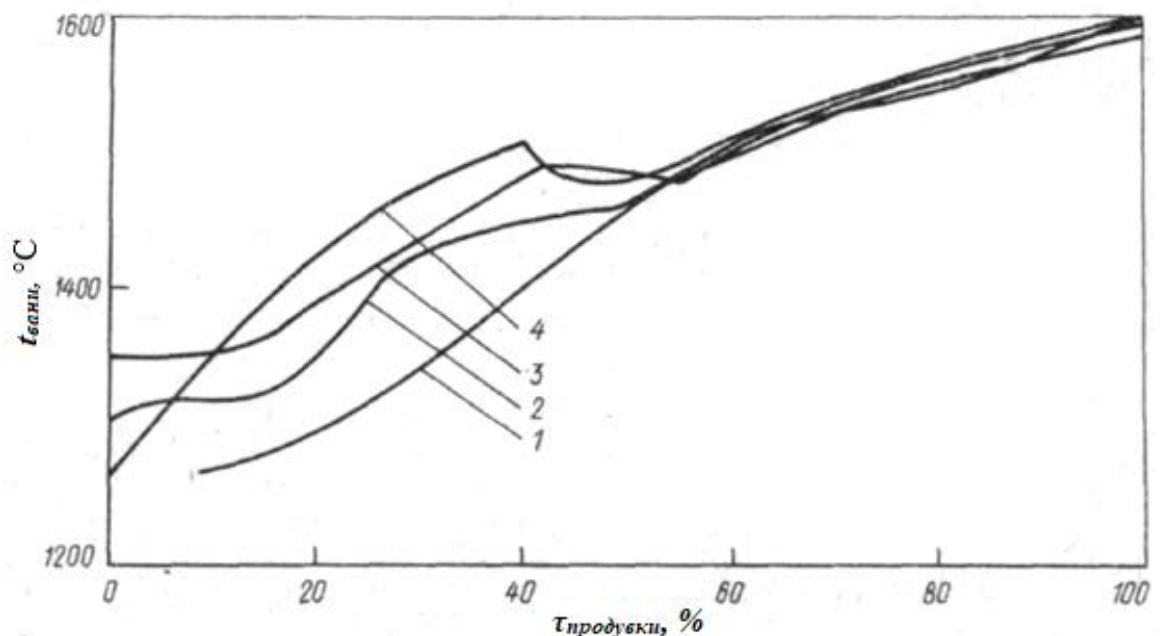


Рисунок 1.2 – Температурний режим виробничих плавок в конвертерах із різними режимами охолодження процесу: 1 – брухт; 2 – брухт і руда; 3 – руда і вапняк; 4 – руда

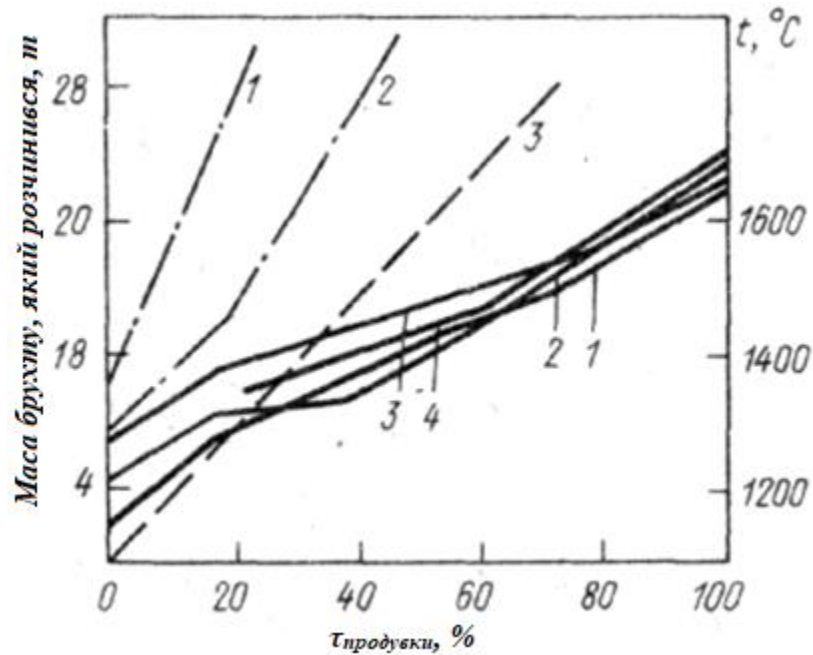


Рисунок 1.3 – Зміна температури металу (суцільні лінії) і кількості брухту (пунктирні лінії), що розчинився, по ходу продування дослідних плавів: 1 – легковагий брухт; 2 – пакетований брухт; 3 – ваговий брухт; 4 – розосереджена присадка легковагового брухту

Ця обставина визначила достатньо високий сучасний світовий рівень стійкості футерування конвертерів.

Якість металобрухту, послідовність і час його завалення визначають швидкість вигорання домішок, хід продування (спокійний або з викидами) і її тривалість, за допомогою впливу на температурний режим процесу (рис. 1.3). Легковаговий брухт з товщиною шматків до 10 мм, насипною масою 0,5-1,0 т/м³ і питомою поверхнею ~ 50-60 м²/т швидко прогрівається і розчиняється у ванні конвертера. Частина його розчиняється вже при заливці чавуну, що не має місця при завантаженні вагового брухту (обрізи, слябів) з величиною шматка до 350-400 мм, насипною масою більше 3,5 т/м³ і питомою поверхнею не більше 3 м²/т (криві 1 і 3, рис. 1.3).

У подальшому перебігу процесу крива T_B , при використанні вагового брухту, розташовується вище за інші криві. На плавках, з

використанням пакетованого брухту (крива 2), після закінчення $\sim 1/3$ тривалості продування спостерігаються аномалії в підвищенні T_B , обумовлені руйнуванням пакетів і зростанням активної поверхні контакту шматків брухту з рідким розплавом. Це призводить до деякого збільшення швидкості розчинення брухту і уповільнення підйому температури розплаву.

Швидкість розплавлення брухту, з погляду гідродинаміки, прямо пропорційна площі активної поверхні взаємодії його з розплавом, яка може бути визначена по наступних формулах [11]:

для брухту прямокутного перетину і близького до нього

$$F = 0.256 \left(\frac{1}{\delta} + \frac{1}{b} \right) + 2\delta b \quad (1.1)$$

для брухту круглого перетину і близького до нього

$$F = \frac{0.51}{d} + \frac{\pi d^2}{2} \quad (1.2)$$

де δ – товщина брухту; b – ширина брухту; d – діаметр шматка брухту круглого перетину.

Швидке розплавлення легковагового брухту призводить до різкого збільшення ефекту металозавалки, що охолоджує, в початковий період продування. Потрібно враховувати, що в легковаговому брухті багато іржі і забруднень, що обумовлює холодний хід плавки і, на перший погляд, представляється енергетично вигідним: менше перепад температур між робочим простором конвертера і навколишнім середовищем, значить, менше тепловтрати в ході продування, більше вуглецю окислюється до CO_2 . Але такий хід плавки характеризується такими технологічними недоліками, як переокислення шлакової фази з

подальшими викидами металу і шлаку, спінювання і переливи шлакометалевої емульсії через горловину конвертера, подовження продування внаслідок необхідності скачування шлаку. Вказаний ефект посилюється розплавленням брухту, що протікає з високою швидкістю, в області зони взаємодії кисневого струменя з метабрухт, особливо при низькому питомому об'ємі конвертера (рис. 1.4) [12].

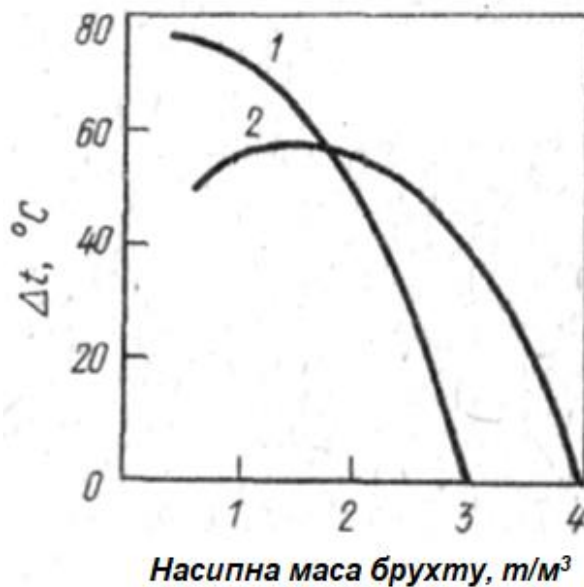


Рисунок 1.4 – Зниження температури рідкої ванни, що викликається плавленням брухту на початку продування: 1 – початок; 2 – кінець кампанії конвертера по футеруванню

У зв'язку з цим, металобрухт завтовшки менше 10 мм необхідно пакетувати, використовуючи в конвертерах вагові пакети перетином $\sim 700 \times 1000$ мм, завдовжки < 1000 мм і щільністю 3,0-3,5 т/м³ і ваговий кусковий брухт, завтовшки від 10 до 300-400 мм і завдовжки 500 мм. Це забезпечує найбільш сприятливий хід кривої T_B (рис. 1.2), мінімальні витрати дуттєвого кисню і тривалість продування. При неминучості, на окремих плавках, використання легковагового брухту, його можна вводити за відповідними заходами обережності в другу порцію (крива 4), після закінчення 30-50 % тривалості продування.

1.4 Ресурси брухту в Україні

З переходом до ринкової економіки в 90-х рр. у вітчизняному виробництві, приріст ресурсів брухту відбувався украй неритмічно, що було викликане нерівномірністю виробництва чорних металів і залучення до обороту запасів амортизаційного брухту. У зв'язку із значним зменшенням виробництва чорних металів, знижувалася кількість металовідходів, що утворюються при їх отриманні і споживанні. Це приводить до зміни структури ресурсів брухту за джерелами освіти (рис. 1.5) [13]. Скорочення виробництва в металообробних галузях призвело як до зменшення заготівки брухту і відходів чорних металів, так і до збільшення частки амортизаційного брухту. Зниження виробництва чорних металів разом із зміною структури ресурсів брухту, сприяло погіршенню якості брухту, що поставляється на металургійні підприємства.

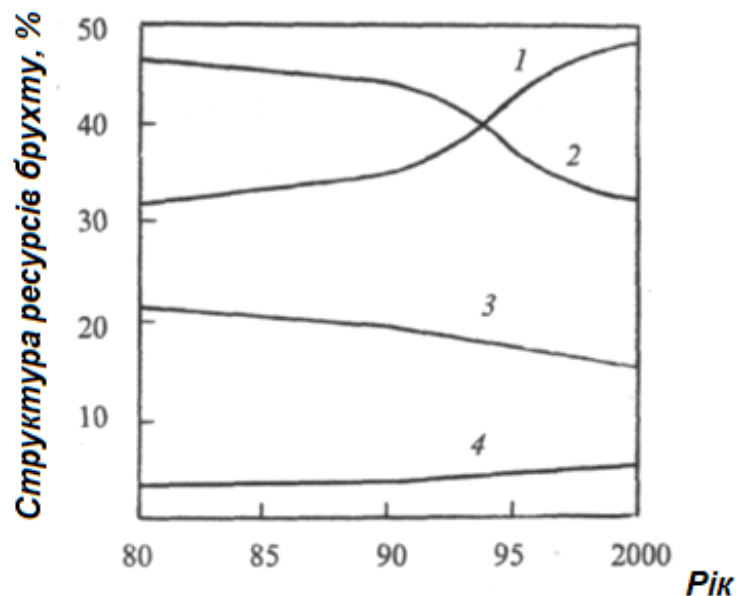


Рисунок 1.5 – Розподіл ресурсів брухту за джерелами утворення:
 1 – амортизаційний брухт; 2 – відходи при виробництві; 3 – відходи металообробки; 4 – інші джерела

У 80-х рр. частка брухту і відходів при виробництві чорних металів мала більшу питому вагу в загальному об'ємі ресурсів, частка амортизаційного брухту складала третю частину від загального об'єму, в 90-х рр. ситуація змінюється – значно збільшується частка амортизаційного брухту і знижується частка відходів при виробництві. В даний час, у зв'язку із зменшенням кількості амортизаційного і власного брухту, унаслідок переходу на безперервне розливання, спостерігається тенденція до збільшення частки використання при виплавці чорних металів метало- вторинної сировини.

В даний час світовий об'єм скрапу, використовуваного в сталеплавильному переділі, складає близько 300 млн. т в рік, при цьому в сталеплавильних цехах з електродуговими переплавляється 60% скрапу, в сталеплавильних цехах з кисневими конвертерами – 30%, в мартенівських цехах – 10% (рис. 1.6) [14].

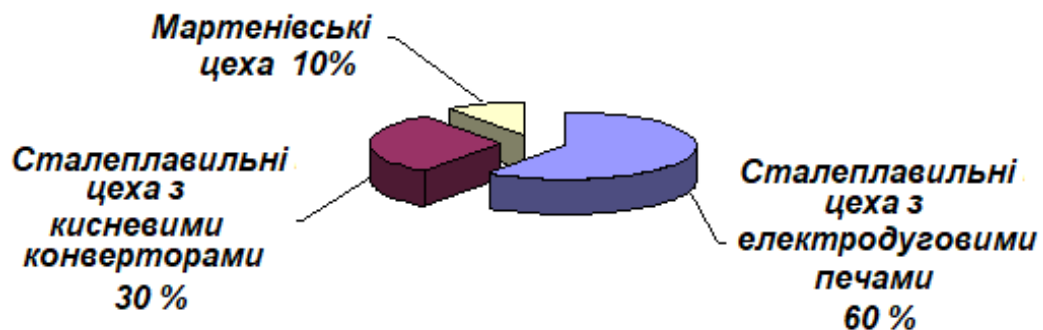


Рисунок 1.6 – Світове використання скрапу в сталеплавильному переділі

Прогнози істотної зміни цієї ситуації в майбутньому не передбачають, але припускають заміну застарілих засобів переробки брухту сучасними економічними процесами. Це означає, що є значний потенціал для застосування альтернативних засобів виробництва сталі.

Ситуація з використанням скрапу на Україні складається інакше. Частка сталі, що виплавляється, в електричних агрегатах складає

приблизно 5,7% від всього об'єму сталі, що випускається, а в мартенівських – 40,3% і киснево-конвертерних – 54%. Це обумовлено тим, що в період економічної кризи при переході до ринкової економіки устаткування сталеплавильних цехів практично не змінювалося з часів СРСР, і металургійні підприємства могли собі дозволити проводити тільки капітальні ремонти. При виплавці сталі частки використання скрапу за технологією складає: у електричних агрегатах приблизно 50%, в мартенівському виробництві до 46% і киснево-конвертерному не більше 10%, залежно від марки сталі. Загальний об'єм скрапу розподіляється в такій пропорції: у електричних агрегатах – 2,9%, в мартенівському виробництві – 61% і киснево-конвертерному – 36,1%. При цьому, скрап із шлакових відвалів від об'єму всього використаного скрапу складає: у мартенівському виробництві – 87% і киснево-конвертерному – 79%. Тобто, шлакові відвали з 2000 р. по теперішній час є основним джерелом металовмісної сировини – скрапу для сталеплавильного виробництва.

1.5 Поняття металева і металовмісна вторинна сировина, скрап

У кожному процесі виробництва і споживання продукції виникають відходи. Вони є частиною предметів праці, яка не увійшла до складу готового продукту, а також ті знаряддя виробництва і предмети споживання, які в процесі їх використання втратили повністю або частково свою первинну споживчу вартість.

У практичній роботі відходи називаються також і побічними продуктами. Це поняття неточне, оскільки, на відміну від продукту, відходи, що утворюються при виготовленні продукції, не є результатом цілеспрямованої діяльності [6].

Всі відходи володіють потенційною споживчою вартістю і тому їх необхідно залучати до народногосподарського обороту, шляхом

проведення необхідних організаційних і технічних заходів. При використанні, відходи, або їх окремі речові складові, стають повноцінною сировиною, так званими вторинними сировинними ресурсами.

До найбільш важливих їх видів, що мають народногосподарське значення, відноситься металева і металовмісна вторинна сировина, що включає всі відходи при виробництві і обробці металу, а також що вибувають із сфери виробничого і невиробничого споживання різні металовироби. Проте, часто відходи, що утворюються на першому і другому металургійних переділах, в ливарному виробництві і використовувані безпосередньо в них же, не відносяться до вторинної сировини.

Класифікація металевої і металовмісної вторинної сировини показана на рис. 1.7.



Рисунок 1.7. – Класифікація металевої і металовмісної вторинної сировини

Найбільш істотну його частину складає брухт різного походження. Металовмісна вторинна сировина класифікується залежно від того, в якій формі міститься метал – металевою або неметалічною. Між обома цими групами є, проте, багатообразні форми переходу. Не завжди можливе чітке розмежування між брухтом і металовмісними видами вторинної сировини, метал яких знаходиться в металевій формі (наприклад, по абразивним відходам).

Використання металевих і металовмісних вторинних ресурсів пов'язане з декількома умовами. Розміри їх освіти повинні бути достатньо великими, а для їх заготівки, переробки і реалізації необхідні відповідні економічні, організаційні і науково-технічні можливості. Ступінь залучення до обороту вторинної сировини залежить від багатьох чинників, до вирішальних з яких відноситься погіршення умов заготівки первинної сировини, що розглядається в довгостроковому плані (обмежені ресурси при потребі, що одночасно росте, в них, збільшення витрат на геологічну розвідку і освоєння природних запасів, вищі транспортні витрати, що ростуть витрати на охорону навколишнього середовища, ціни, що підвищуються на сировину) і економічні переваги, при використанні вторинної сировини. Останнє, являючись особливо стимулюючим чинником для все більшого застосування вторинної сировини, полягає в наступному:

- частково покривається потреба в сировині на перспективу;
- зменшуються загальні витрати на виготовлення продукції, оскільки відпадає необхідність в одній або декількох технологічних стадіях виробництва;
- знижується питоме споживання енергії на виробництво продукції;
- замкнутий кругообіг металу обмежує дія несприятливих чинників на стан навколишнього середовища.

З металевої і металовмісної вторинної сировини переважним є перше, оскільки вміст металу в ньому набагато більший, ніж у відповідній первинній сировині – металовмісній руді, і, крім того, незначна частка неметалевих і металевих забруднень, оскільки, металевий брухт (металобрухт) – металеві вироби, устаткування, машини, будівлі і споруди або їх металеві частини, виливниці, піддони і тому подібне, непридатні для подальшого використання [15]. Тому, порівняно з первинною сировиною, використання брухту в металургійному виробництві забезпечує часто значне зменшення тривалості технологічного процесу і витрат електроенергії, тобто є економічно вигіднішим. Собівартість і питомі капітальні вкладення при виробництві чорних металів, із використанням брухту, у декілька разів менше, ніж при використанні первинної сировини. Значно нижче при цьому і витрата електроенергії, що пояснюється наявністю в брухті з акумульованої енергії.

Використання брухту, що дає, кінець кінцем, економічну вигоду, зв'язане, проте, і з відповідними витратами. Із-за великої кількості і розосередженості пунктів утворення брухту, необхідні великі витрати на його заготівку, складування, транспортування. Крім цього, слід враховувати тенденцію, що намітилася до зростання випуску матеріалів, що складаються з декількох речових компонентів, а також до мінімізації частини продукції, що може значно погіршити якість вторинної металосировини рудою і рідким чавуном в сталеплавильному переділі. Ці причини, а також спостережуваний в даний час дефіцит металобрухту, на Україні привели до того, що практично всі металургійні підприємства збільшили частку використання в шихті металовмісної вторинної сировини у вигляді брухту – металургійного скрапу.

Скрап – це зашлаковані відходи чорних металів, що утворилися під час випуску з плавильних агрегатів, транспортування і розливання чавуну і сталі, а також втрат металу з шлаком.

Скрап поділяється:

а) за змістом вуглецю – на два класи: сталевий скрап і відходи, чавунний скрап і відходи;

б) за показниками якості – на два види: негабарит і габаритний [16];

в) по місцю витягання – шлакові відвали, шлакові відділення сталеплавильних цехів, а також доменні, сталеплавильні цехи і цехи, пов'язані з виробництвом виробів з рідкого чавуну і сталі.

Сталевий скрап – відходи металу при випуску сталі: літники і розбризуванні дрібні сталеві частинки; виплески і расплески під час транспортування і розливання сталі у виливниці, або на машинах безперервного литва заготовок (МБЛЗ); сталь, що охолола, на стінках і дні розливного ковша; метал, що витягує зі свіжих шлаків і шлакових відвалів і тому подібне.

Чавунний скрап – залишки чавуну при випуску і розливанні чавуну на канавах і в чугуновозних ковшах; брак чушкового чавуну і його бій при вантаженні; втрати чавуну при розливанні чавуну на розливній машині, або при зливанні в міксер; металу, що витягують з перевалочного шлаку і на шлакових відвалах і тому подібне.

1.6 Джерела утворення металобрухту і металовмісної вторинної сировини

Металевий брухт і металовмісна вторинна сировина утворюється на підприємствах і в організаціях всіх галузей народного господарства в процесі виробництва і обробки чорних металів, а також унаслідок економічної недоцільності або фізичної непридатності використання (старіння) металовмісних основних фондів.

Основні джерела утворення брухту представлені на рис. 1.8. Кожне з джерел має свої особливості [1].

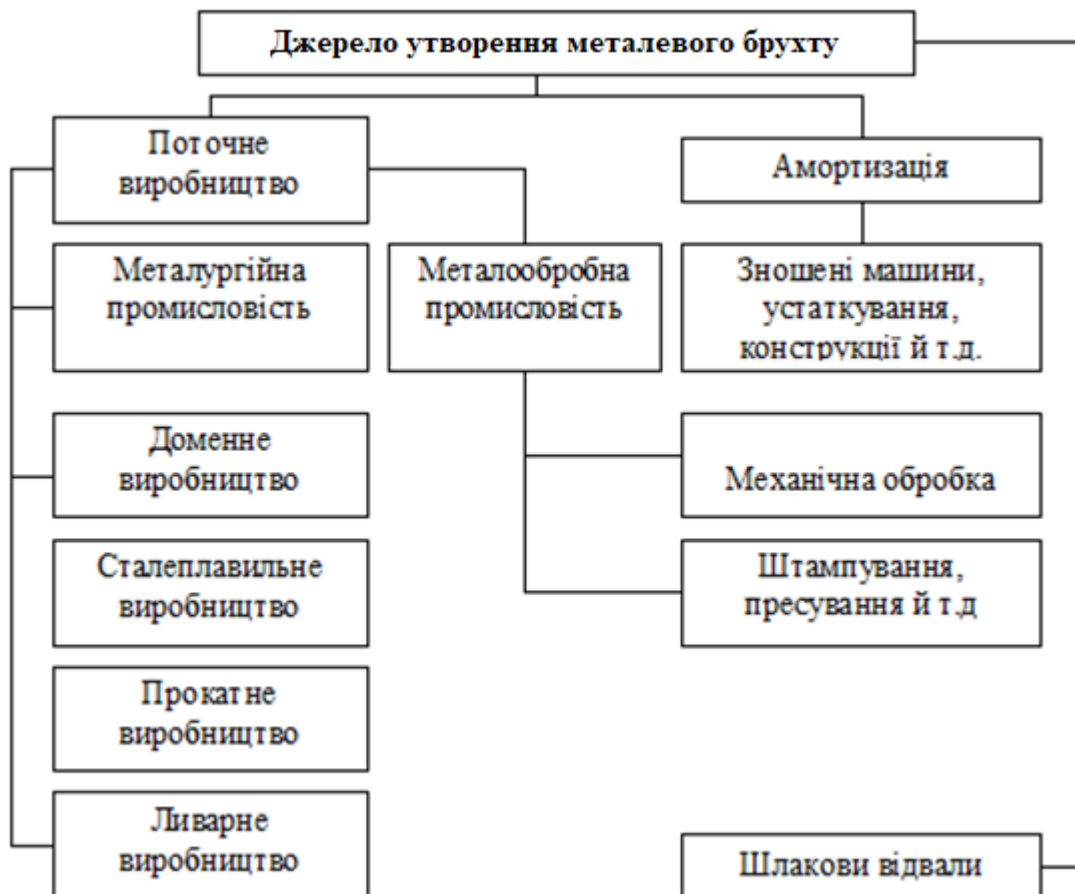


Рисунок 1.8 – Схема утворення металевого брухту

При виробництві і обробці чорних металів на металургійних заводах, зазвичай утворюється ваговитий брухт, хімічний склад якого приблизно відомий. В основному його використовують як металошихти на тих же заводах, де він утворюється [16].

На металургійних заводах існує характерний для кожного виробництва брухт.

Для доменного виробництва – це скрап, брак чавуну, сплески, залишки чавуну у випускних жолобах і ковшах. На 1 т чавуну доводиться 7–10 кг металловідходів.

У сталеплавильному виробництві – недоливання, літники, скрап, сплески, залишки сталі в ковші, брак злитків, стружка від зачистки злитків, корольки зі свіжих шлаків (35–40 кг металовідходів на 1 т вироблюваної сталі).

У ливарному виробництві – літники, сливи, скрап, брак литва, сплески, метал, що витягує зі свіжих формувальних земель і ливарного сміття (514–547 кг на 1 т сталевого і 325–370 кг на 1 т чавунного литва).

У прокатному виробництві – обрізь, немірні кінці, недокаты, брак, стружка від зачистки злитків, заготовок і різання металу на пилах, окалина і зварювальний шлак. Прокатне виробництво поставляє основну масу металовідходів при виробництві чорних металів, особливо у разі застосування звичайного розливання у виливниці. Їх питома величина ~280 кг на 1 т придатного прокату.

У ковальсько-пресовому виробництві – висікання, виштамповка, облой, задирки, рицина, кінці і брак (відходів 175–180 кг/т).

У трубному виробництві – обрізь, немірні кінці, стружка, недокат і брак. При плющенні сталевих труб із заготівки металовідходи складають 110–120 кг на 1 т придатного прокату, а при відливанні чавунних 170–200 кг на 1 т.

У виробництві метизу – обрізь, стружка, брак виробництва сталевий стрічки, дроту, цвяхів, кріпильних і інших металовиробів, при цьому металовідходи складають 65–80 кг/т.

Металовідходи термічного виробництва є браком заготовок і деталей.

Утворення металовідходів при металообробці на машинобудівних і подібних до них заводах досягає в середньому 180–195 кг/т. По галузях промисловості ця величина складає, кг/т: тракторосільгоспмашинобудування 218, верстатобудування 205, тепловозовагонбудування 185, суднобудування 235,

автомобілебудування 263, промисловість будматеріалів 120, хімічне машинобудування 226, гірничорудна промисловість 142, інструментальна промисловість 419, важке машинобудування 213, загальне машинобудування 290, приладобудування 463.

Кількість відходів при використанні металу в будівництві відносно невелика і складає 29–70 кг/т.

Амортизаційний металобрухт утворюється, в основному, унаслідок фізичного або морального зносу (старіння) виробів з чорних металів.

До амортизаційного металобрухту відносяться металеві вироби або частини устаткування, машин, будівель і споруд, що вийшли з вживання. Сюди входять побутовий і безхозний (приналежність якого неможливо визначити) металобрухт, а також військовий і корабельний.

Основні джерела утворення амортизаційного металобрухту: ліквідація основних засобів (фізичний, моральний знос, аварії, стихійні лиха); капітальні і поточні ремонти; вихід з ладу змінного устаткування, технологічного оснащення і інструменту; знос і списання в брухт малоцінного майна і інвентарю [17].

Утворення амортизаційного брухту в значній мірі залежить від об'єму металофонду країни, що представляє загальну кількість металу, що міститься до певного часу у всіх видах основних і оборотних фондів народного господарства і в предметах культурно-побутового призначення у населення.

Розробка шлакових відвалів металургійного і ливарного виробництва необхідна у зв'язку з тим, що в шлаках містяться сплески металу, скрап, мартенівські або доменні «козли» і тому подібне. Брухт чорних металів, що витягує з шлакових відвалів, є шматками різної величини, обліпленими шлаком.

1.7 Шлакові відвали як нове джерело металовмісної сировини

Шлаки є побічним продуктом доменного і сталеплавильного переділів. Будучи цінним будівельним матеріалом і початковою сировиною для виробництва іншої продукції вони довгий час не знаходили належного застосування і складувалися в спеціально відведених місцях. У СНД запаси шлаків, накопичені за останніх 100 років роботи металургійних заводів, складають більше 500 млн. т. Переробці шлаків завжди приділялася певна увага і одним з ініціаторів вирішення цієї проблеми був академік І.П. Бардін [18,19].

Проблема переробки відвальних шлаків і витягання з них металевих компонентів, з подальшим використанням останніх як вторинної сировини, є однією з актуальних в металургії. Ця проблема має декілька аспектів. По-перше, метал, що витягує з металургійного шлаку, значно дешевше за метал, що витягує з руди в результаті цілого ряду технологічних переділів. По-друге, після витягання металів з шлаку, останній може корисно утилізувати. Нарешті, корисна переробка шлакових відвалів дає можливість звільнити територію, займану відвалами, або, принаймні, не розширювати її до невизначених меж, тобто покращує екологічну обстановку як у відвальній зоні, так і навколо неї.

Яскравим прикладом є шлакові відвали ВАТ «Міттал Стіл Кривий Ріг». В даний час територія під відвалами займає 353 га. Всього заскладовано 45,005 млн. м³ (90,2 млн. т). Середньомісячне накопичення шлаку у відвалах складає 85,1 тис. м³. Переробку тих, що поступають і заскладованих раніше шлаків ведуть шлакопереробний цех ВАТ «Міттал Стіл Кривий Ріг» і підрядні організації.

Комплексна переробка шлакових відвалів на підприємствах України здійснюється з початку 90-х років. Метою є повне витягання залізовмісних матеріалів з шлаку, сортування цих матеріалів по фракціях і якості для подальшого використанню їх в сталеплавильному

і аглодоменному переділах комбінату. Залежно від фракції, скрап і металовмісна сировина використовується в конверторному, мартенівському, доменних цехах і на аглофабриці.

При комплексній переробці шлакових відвалів на підприємствах можна отримати продукцію наступного сортаменту.

1. Скрап сталевий і чавунний фракції 20-200 мм. Шматки масою 1,4-14 кг із зашлакованістю не більше 5% по масі. Використовується: у доменному виробництві як замітник агломерату, в сталеплавильному – як металобрухт.

2. Скрап сталевий і чавунний фракції 120-850 мм. Шматки масою 7-60 кг із зашлакованістю не більше 15% по масі. Використовується в сталеплавильному виробництві як ваговитий металобрухт.

3. Скрап сталевий і чавунний фракції 850 мм і більш. Шматки масою більше 60 кг із зашлакованістю не більше 20% по масі. Підлягають копровій і вогняній обробці, з подальшим використанням в сталеплавильному виробництві, як ваговий металобрухт.

4. Твердий чавун (габаритний) розмірами від 120 до 1200 мм. Шматки масою не більше 2 т із зашлакованістю не більше 5% по масі. Використовується в сталеплавильному виробництві як ваговий металобрухт.

5. Сталевий металобрухт класів 4, 500, 501. Використовується в сталеплавильному виробництві.

6. Шлак збагачений фракцій 10-40 мм і 20-120 мм із змістом металевої частини не менше 34%. Використовується в доменному виробництві.

7. Шлак збагачений фракції 0-10 мм із вмістом металевої частини не менше 60%. Використовується в агломераційному виробництві.

8. Шлак – сировина для цементної та будівельної промисловості.

Комплексна технологія переробки шлакових відвалів заснована на використанні кар'єрних екскаваторів, електромагнітних

залізовідокремлювачив, грохотильно-сортувальних та дробильно-сортувальних установок, фабрики по переробці шлаку.

Шлакові відвали ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» по складу і вмісту заліза не однорідні, оскільки заповнювалися і перероблялися в різний час і різними способами.

Потенційні запаси скрапу, що може бути використаним в сталеплавильному переділі, на даний час складають на відвалах сталеплавильних – 355200 т і доменних – 62700 т.

Збільшення кількості використовуваного скрапу з шлакових відвалів в сталеплавильному виробництві може відбутися за рахунок збільшення частки цього скрапу в шихті при виплавці сталі в киснево-конвертерному виробництві, де частка використання сталевого скрапу в даний час не перевищує 10%, а чавунний скрап практично не використовується.

На підставі вищевикладеного матеріалу можна зробити наступні висновки. В даний час дефіцит металобрухту в металургійній промисловості на Україні, що відбувся унаслідок скорочення поставань з металообробних галузей, зменшення амортизаційної і власного брухту, і інших чинників, привів до збільшення частки використання металургами в сталеплавильному переділі власного металовмісної вторинної сировини – скрапу. При цьому основним джерелом скрапу є шлакові відвали.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Державна політика в області охорони праці базується на пріоритеті життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення безпечних і здорових умов праці, соціального захисту працівників, повного відшкодування збитків особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, використання економічних методів управління, виконання нормативів охорони праці незалежно від форм власності і видів діяльності підприємства.

Дана випускна робота магістра присвячена дослідженню теплової роботи конвертера при використанні різновидів твердої металозавалки, тому у даному розділі роботи розглянуті основні шкідливі та небезпечні чинники кіснево-конверторного цеху (ККЦ), узагальнені питання пожежної безпеки, розглянуті засоби поліпшення умов праці та захист навколишнього середовища.

3.1 Охорона праці

3.1.1 Аналіз умов праці

Згідно ГОСТ 12.1.005-88 [20] робота в ККЦ відноситься до категорії середньої важкості ІІб, так як енерговитрати знаходяться в межах 200-250 кКал/год. Категорії важкості робіт у приміщенні ККЦ об'єкту за енерговитратами приведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. - Категорії важкості робіт у приміщенні ККЦ за енерговитратами

Інтенсивність теплового опромінювання, Вт/м ²	Величина поверхні, що опромінюється, %	Категорія робіт на основі загальних енерговитрат організму в кКал/год (Вт)	Верхня межа допустимої температури повітря, °С
350	0-25	200-250	33
700	25-50		
1000	50 і більше		

Фактично припустимі норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні згідно ДСН 3.3.6.042-99 [21] приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри мікроклімату у приміщенні проектуємого об'єкту за енерговитратами

Параметри мікроклімату	В умовах цеху	Нормативні значення мікроклімату по ДСН 3.3.6.042-99	
		Тепла пора року	Холодна пора року
Температура, °С	30	33	15
Відносна вологість, %	40-70	40-60	40-70
Швидкість руху повітря, м/с	0,1-0,4	0,1-0,2	0,2-0,4
Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²	90	140	140
Освітленість, лк	75	75	75

Виробничий шум, джерелом якого є працююче устаткування, передана заготівля, значною мірою погіршує, умови праці і перешкоджає нормальної організації виробничих процесів. Шум є причиною швидкого стомлення, що приводить до збільшення браку. Згідно ДСН 3.3.6.037-99 [22] рівень звукового тиску по середньгеометричних частотах приведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Показники рівня звукового тиску по середньгеометричних частотах.

Середньо-геометричні активні смуги Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Загальний еквівалент звуку
Додатковий рівень звукового тиску, дБ	99	92	86	83	80	78	76	74	85 дБ

Ступінь небезпеки поразки людини електричним струмом [23] багато в чому залежить від середовища, де він працює. У зв'язку з цим усі приміщення по ступені небезпеки поділяють на три класи:

- а) без підвищеної небезпеки;
- б) з підвищеною небезпекою;
- в) особливо небезпечні.

У цеху категорія - з підвищеною небезпекою.

При спорудженні електроустановок неізольовані проводи і шини, а також прилади й апарати, що мають незахищені струмоведучі частини, поміщають у спеціальні шухляди, шафи, камери й інші пристрої, що закриваються суцільними чи сітчастими огороженнями.

Поразка електричним струмом відбувається при дотику, при пробої ізоляції, а також при коротких замиканнях і т.д.

При впливі електричного струму на організм людини розрізняють загальні і місцеві електротравми. До числа загальних електротравм відноситься електричний удар, тобто поразка всього організму. Місцеві електротравми яскраво виражене місцеве порушення цілісності тканин, викликане впливом електричного чи струму електричної дуги. До місцевих електротравм відносять електричний опік, металізацію шкіри механічні ушкодження і електроофтальмію (запалення зовнішніх оболонок око, що виникає в результаті впливу могутнього потоку ультрафіолетових променів, поглинають клітками організму і викликають у них хімічні зміни).

Пил, потрапляючи через верхні дихальні шляхи в організм, викликає фібрози, утрудняє подих і постачання організму повітрям.

Токсичні речовини викликають отруєння загальне і місцеве, гострі чи хронічні в залежності від кількості газів, що потрапили в організм, (токсичних речовин) [24]. При влученні в органи подиху людини, пил затримується на слизуватій оболонці носа і носоглотки, а потім поступово надходить у порожнину рота й органи травлення. Пил, що містить окисли заліза, впливає на органи подиху. Проникаючи глибоко в дихальні шляхи, цей пил може привести до розвитку специфічного захворювання - сидерозу. При більшому запылюженні повітряного середовища пилові частки, що попадають на шкіру, можуть порушити діяльність шкіри, знизити її опірність і утруднити терморегуляцію шкірним покривам тіла. Пил, що потрапив на слизувату оболонку очей, робить механічне і хімічне дратівне дія, викликаючи запальний процес слизуватих оболонок - кон'юктивіт. Шкідливі та небезпечні виробничі чинники в умовах цеху а також фактична загазованість і запылюженість цеху приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Шкідливі та небезпечні виробничі чинники в умовах цеху

Значення	Шум, дБ	Вібрація, дБ(А)	Запылюженість, г/м ³	Загазованність, мл/м ³			
				СО	NO _x	H ₂ S	Пил
В умовах цеха	78	60	20	4	3	0,2	4,5
ГДР	90	60	25	5	5	1	6
ГДК	80	60	25	5	5	1	6
клас безпеки	III	II	III	IV	III	III	III

Світлова обстановка у виробничому приміщенні і на робочому місці характеризується наступними параметрами: світловим потоком, освітленістю, силою світла і яскравістю джерела світла [25]. Головним є вплив освітлення на органи зору. Нормування значення КЕО при

природному і сполученому висвітленні на робочих поверхнях приведена в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Нормування значення КЕО при природному і сполученому висвітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший об'єкт розходження	Розряд зорової роботи	Нормоване значення		Фактичне значення	
			Е, лк	КЕО, %	Е, лк	КЕО, %
Загальне спостереження за ходом виробничого процесу: постійне	Більш 5	VI	75	1	75	1

Світлове випромінювання робить вплив на весь організм, воно може викликати зміну частоти пульсу й інтенсивності не яким процесів обміну речовин, впливає на загальне нервово-хімічне становище [25].

3.1.2 Пожежна безпека

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [26], киснево-конверторний цех по вибухопожежній небезпеці відноситься до категорії В, тобто виробництво зв'язане з розплавленням матеріалів і їх обробкою, супроводжується виділенням тепла.

Джерелом виникнення пожежі можуть бути:

- газозодушні вибухонебезпечні суміші;
- олія, при влученні в нього іскри чи відкритого вогню;
- електроустаткування - при короткому замиканні.

Газорятувальні служби здійснюють постійний контроль за станом газопроводів, газових засувок. На всіх нагрівальних приладах установлюють клапани безпеки, що перекривають доступ газу до колекторів у випадку аварійної ситуації.

Для запобігання короткого замикання необхідний:

- правильний вибір, монтаж і експлуатація електричних ланцюгів;
- дотримання правил експлуатації, оглядів, ремонт і іспитів електричних установок.

Для ліквідації наслідків короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, автомати і плавкі запобіжники.

На випадок виникнення пожежі для його гасіння використовуються первинні засоби пожежогасіння відповідно до НАПБ А.01.001-2014 та «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» [27]. Для гасіння пожеж використовується вода технічна, пісок, вогнегасники. У випадку пожежі евакуація людей повинна проходити по справних шляхах евакуації. При цьому не допускається захаращення проходів, переходів. Норми первинних засобів пожежогасіння для ККЦ приведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Первинні засоби пожежогасіння.

Найменування приміщень	Площа, м ²	Пінні вогнегасники ОХП-10, шт.	Вуглекислотні вогнегасники, шт			Шухляда з піском, 0,5 м ³
			ОУ-2	ОУ-8;9	УП-1м, УП-2м	
Підготовка сировини та необхідних матеріалів	3000	200	-	90	60	18
Стенди продувки, розігріву конвертора та випуску сталі	5000	10	6	3	9	3
Пульт керування	-	-	-	1	-	1
Кабіни електромостового крану	на кабінку	1	-	-	1	-

3.1.3 Заходи поліпшення умов праці

Спеціальний одяг і засоби індивідуального захисту служать для захисту працюючих від несприятливих впливів виробничого середовища і небезпек виробництва.

Трудящі забезпечуються засобами індивідуального захисту згідно зі штатним розписом і одержують безкоштовний спеціальний одяг.

Норми видачі засобів індивідуального захисту згідно з «Класифікатором професій ДК 003:2010», та на підставі «Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам..» [28, 29] приведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Норми видачі ЗІЗ основних професій робітників ККЦ

Найменування професії	Кіл-сть осіб	Найменування спеціального одягу	На який термін, місяців
Помічник сталевара	30	Костюм бавовняний з вогнестійким просоченням	12
		Наушники	1
		Вачеги чи рукавиці комбіновані	2
		Шкіряні черевики	12
Сталевар	10	Костюм бавовняний з вогнестійким просоченням	12
		Рукавиці комбіновані	1
		Наушники	1
		Шкіряні черевики	12
Машиніст завантажувальної машини	6	Костюм бавовняний з вогнестійким просоченням	12
		Вачеги чи рукавиці комбіновані	2
Майстер(зміни, участка)	6	Костюм бавовняний з вогнестійким просоченням	12
		Рукавиці сукняні	1
		Капелюх повстяний	2
		Шкіряні черевики	12
Оператор ПК	10	Костюм бавовняний з вогнестійким просоченням	12
		Рукавиці комбіновані	1
		Шкіряні черевики	12

Усім працівникам цеху видаються захисний шолом з терміном користування 24 місяці.

Для усунення невідповідностей нормативним вимогам щодо мікроклімату рекомендується провести заходи по захисту робочих від джерел тепловиділення. Так передбачається провести наступні заходи по захисту робочих:

- встановлювання теплозахисних екранів;
- встановлювання відсмоктувального зонту;
- забезпечення робочих термозахисним одягом.

Для зменшення кількості пилу та газу на робочих місцях необхідно встановити аераційний витяжний ліхтар. Тому виконаємо розрахунок аераційного ліхтарю.

Вихідні дані: обсяг споруди - 8640 м³; тепловиділення - 200 ккал/год м³.

Надмірне тепловиділення в цеху:

$$Q_{\text{над}} = q \cdot V_{\text{прим}} \cdot 0,8, \text{ ккал/год} \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{над}}$ - надмірне тепловиділення в цеху;

q - питома тепловиділення, ккал/м³год;

$V_{\text{прим}}$ - обсягом приміщення, м³ ;

Тоді $Q_{\text{над}} = 200 \cdot 8640 \cdot 0,8 = 1,4 \cdot 10^6, \text{ ккал/год}$

Кількість повітря, яке повинно пройти крізь витяжні отвори ліхтаря

$$V_{\text{пов}} = \frac{Q_{\text{над}}}{C \cdot \Delta t} \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.2)$$

де C - об'ємна теплоємність повітря, ккал/м³ ;

Δt - різниця температур у витяжного отвору і навколишнього повітря (звичайно приймається у межах від 4 до 10 град).

$$V_{\text{пов}} = 0,78 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$$

Площа витяжних отворів ліхтаря:

$$P = \frac{V_{\text{пов}}}{m \cdot \left(2 \cdot g \cdot \left(\frac{[f_1 - f_2]}{f_2}\right) \cdot H\right)^{\frac{1}{2}} \cdot 3600}, \text{ м}^2 \quad (3.3)$$

де m - коефіцієнт враховуючий опір відтворений отворами;
 f_1, f_2 - різниця питомої ваги навколишнього і внутрішнього повітря,
 кг/м³ ;

H - відстань між осями припливних і витяжних отворів приміщення, м.

Тоді

$$F = \frac{0,78 \cdot 10^6}{0,65 \cdot \left(2 \cdot 9,81 \cdot \left(\frac{[1,173 - 1,15]}{1,15}\right) \cdot 12\right)^{\frac{1}{2}} \cdot 3600} = 147,33 \text{ м}^2$$

Розподіливши цю площу з обох боків витяжного отвору ліхтаря при довжині робочого майданчика в 36 м і кількості рядів ліхтарів 1 отримаємо висоту витяжного отвору:

$$h_{\text{отв}} = \frac{F}{2 \cdot L \cdot n}, \text{ м} \quad (3.4)$$

$$h_{\text{отв}} = \frac{147,33}{2 \cdot 36 \cdot 1} = 2,046 \text{ м}$$

Площу припливних отворів приймаємо з запасом, що дорівнює 50%:

$$F_{\text{пр}} = 1,5 \cdot F = 1,5 * 147,33 = 221 \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

Також передбачається провести заходи по захисту робочих від ураження електричним струмом - захисного заземлення устаткування.

3.2 Захист навколишнього середовища

Охорона навколишнього середовища для багатьох підприємств, особливо металургійних, є сьогодні великою проблемою. Зараз забруднення повітря і водного басейнів призводить до підвищення концентрації шкідливих речовин в атмосфері і водах.

Не виключення у цьому є і киснево-конвертерний цех.

Використовуючи воду для охолодження металургійних агрегатів при виконанні багатьох технологічних процесів утворюються умовно "чисті" води. Очищення їх відбувається у спеціальних відстійниках, ефективність чого не дуже велика. Як результат відбувається скидання фактично неочищених, перенасичених частками металу і забруднених нафтопродуктами вод, прямо у річку Дніпро, що приносить досить суттєву шкоду її екологічному стану.

Вода, яка використовується на металургійних підприємствах, повинна очищуватися від розчинених солей, зважених речовин і так званого теплового забруднення, щоб її можна було використовувати багаторазово і не зливати у річку. Також для зменшення витрат води водяне охолодження замінюють випарювальним. Якщо використовувати не технічну, а хімічно очищену воду, то можна нагрівати її до температури 1000С і вище. При цьому від охолоджуючого елемента відводиться не тільки тепло, яке використовується на нагрівання води до кипіння, але й скрита теплота пароутворення. Це дозволяє зменшити витрати води у тридцять разів.

Також від устаткування комплексу киснево-конвертерного цеху в атмосферне повітря викидаються зважені речовини, оксиди азоту, сірки, вуглецю. Пил кисневих конвертерів являє собою порошок чорного кольору, густина його 4-5,1 г/см³. Пил складається в основному з дрібнодисперсних сферичних частинок з медіанним розміром 0,08 мкм. На останніх 2-3 хвиликах плавки тонкодисперсний пил утворюється в

результаті випаровування металу і оксиду заліза в цій зоні і конденсації їх парів в більш холодних частинах газового тракту. Великі частинки пилу представляють собою частинки шихти, крапельки шлаку і оболонки бульбашок оксиду вуглецю, які виносяться із ємкості газовим потоком.

У всіх нових конвертерних цехах на металургійних заводах за конверторами встановлюють котли - утилізатори, які розташовують в каміні. Ці котли - утилізатори постачені примусовою циркуляцією води й відрізняються від котлів - утилізаторів інших типів більшими розмірами отвору для входу конвертерних газів, можливістю роботи в умовах запилених газів, різких коливань теплового навантаження, паропродуктивності й температурного режиму.

Звичайно в під'ємному газоході - каміні встановлюють радіаційні пучки труб, а в опускному газоході - конвективні поверхні нагрівання й економайзери. У котлах - утилізаторах газ охолоджується до температури приблизно 500°C. Перед газоочисткою його додатково охолоджують у порожніх скруберах або трубах Вентурі.

Кількість конвертерного газу після доопалення оксиду вуглецю залежить від ємності конвертера, марки сталі, що виплавляється, а також технологічного процесу плавки. Кількість конвертерних газів залежить в основному від витрат кисню, який необхідний для вигорання вуглецю, складу шлакоутворюючих добавок (вапна, вапняку), хімічного складу чавуну і сталі, що одержуються в результаті процесу, та деяких інших факторів. Гази, що відходять, виносять з собою пил сипучих матеріалів, краплі металу і шлаку, вміст яких коливається від 20 г/м³ до 200 г/м³. Щоб запобігти викидам в атмосферу, конвертери обладнані газоочисними пристроями, серед яких переважають газоочистки з мокрим способом очищення газів. Такі газоочистки є основним джерелом утворення шламів - суміші твердих частинок, які містяться в стічних водах.

Принцип роботи газоочисток мокрого типу полягає у створенні між частинками пилу і краплями рідини таких відносних швидкостей, при котрих відбуваються зіткнення і захоплення частинок рідиною, що виносить пил із очисного апарату у вигляді шламу. Пиловловлювачі мокрого типу характеризуються простотою конструкції, невеликими габаритами, частковим вловлюванням разом із завислими частинками газоподібних компонентів, а також можливість роботи на гарячих газах.

Однак газоочистки мокрого типу мають і недоліки: значні витрати енергії при високих коефіцієнтах очистки, необхідність організації циклу оборотного водозабезпечення, корозійний знос обладнання, погіршення умов розсіювання пилу і шкідливих газів, що викидаються в атмосферу, за рахунок зниження їх температури, а також отримання вловленого шламу, що ускладнює і удорожчує підготовку до подальшого його використання. Із пиловловлювачів мокрого типу найбільше поширення отримали труби Вентурі.

Продувка киснем конвертера викликає збільшення кількості газів, що відходять. В цих умовах є доцільним використання схеми відводу і очистки газів з частковим спалюванням оксиду вуглецю, при якому їх кількість менша, аніж при повному до опалюванні.

При відводі газу з частковим спалюванням оксиду вуглецю між горловиною конвертера і кесоном залишається зазор. Однак потужність димососу регулюють на роботу в режимі відсосу газів, який на 10 - 15 % перевищує кількість конвертерного газу, що утворюється в період максимального його виділення під час плавки. Процес часткового доопалювання оксиду вуглецю здійснюють в газовідводному тракті при коефіцієнті надлишку повітря $0,6 > a > 0,3$. Технологічний пил, що виноситься із конвертера в газовідводний тракт, представляє собою досить дрібну дисперсну суміш, хоча в деяких випадках в ній містяться і відносно великі частинки.

Питоме пиловиділення залежить від багатьох факторів: інтенсивності дуття, конструкції фурми, тиску кисню, гранулометричного складу шихтових матеріалів, режиму плавки і т. ін.

Для очищення газу від укрупненого пилу встановлюють інерційний апарат, центробіжний циклон або скруббер, або послідовно і той, і інший. Турбулентний промивач складається із трьох частин: конфузора, горловини і дифузора. Запилений газ вводять в широкий отвір конфузора, в якому збільшується його швидкість. На деякій відстані від горловини в конфузор або безпосередньо в горловину подають воду. В горловині газ набуває високої швидкості руху; в турбулентному потоці вода дробиться на дрібні краплини, а газова оболонка навкруг дрібних частинок пилу руйнується. Чим вище швидкість руху газу, тим дрібніші краплі і більша їх кількість.

Найважливішим напрямком зниження промислових викидів в повітряний басейн є вдосконалення технології виробництва процесів і основного технологічного обладнання.

ВИСНОВКИ

У цей час, дефіцит металобрухту в металургійній промисловості в Україні, що відбувся внаслідок скорочення поставок з металообробних галузей, зменшення амортизаційного й власного брухта, і інших факторів, привів до збільшення частки використання металургами в сталеплавильному переділі власної металовмісної вторинної сировини – скрапу. При цьому основним джерелом скрапу є шлакові відвали.

Потенційні запаси сталевго скрапу великих фракцій, основного замітника металобрухту в сталеплавильному переділі в цей час, на відвалах металургійного виробництва вже невеликі. Однак, значні запаси чавунного й сталевго скрапу більш дрібних фракцій.

При цьому, скрап шлакових відвалів, в основному, використовується в мартенівському переділі. Збільшення кількості використовуваного скрапу в киснево-конвертерному виробництві може відбутися у випадку збільшення частки цього скрапу в шихті за рахунок застосування чавунної фракції мм і використання сталевго й чавунного скрапу фракції ... мм.

Для визначення доцільності збільшення використання скрапу шлакових відвалів були проведені теоретичні й експериментальні дослідження з методики проведення конверторних плавок, оцінка охолоджуючого ефекту, впливу на шихтовку, хід плавки й одержання кінцевих результатів. Для порівняння, дослідження були проведені на плавках з використанням у металевій шихті різних металовмісних матеріалів.

У плавках, з використанням тільки сталевго брухта, охолоджуючий ефект декілька більше тепломісткості заліза, оскільки забруднення самого брухта незначна, і додаткова витрата тепла на нагрівання оксидів, що містяться в забрудненнях, окаліні, іржі та ін. невеликий. Охолоджуючий ефект значно збільшується з використанням

скрапу із зашлакованістю 15% і більш. Максимальний охолоджуючий ефект спостерігається в плавках з використанням «козлів», у яких вміст шлаку перевищує 20%. Ці види скрапу доцільніше піддавати додатковій переробці з видаленням шлаків.

На плавках з використанням скрапу шлакових відвалів або «козлів» збільшується витрата антрациту, феросплавів і знижується витрата вапна. На плавках з використанням скрапу шлакових відвалів і чавунних чушок також відбувається перевитрата антрациту й феросплавів, і економія вапна. У плавках з використанням тільки чавунних чушок збільшується витрата вапна, помітна економія антрациту, витрата феросплавів аналогічна плавкам з використанням металобрухту.

Використання в шихті різних видів металобрухту впливає на вихід придатного. Найбільший вихід придатного на плавках з металобрухтом, кусковим сталевим скрапом і чавунними чушками, найменший – із чавунними чушками й скрапом шлакових відвалів, окремо й комплексно.

У зв'язку з отриманими результатами, плавки з використанням скрапу шлакових відвалів були досліджені більш детально. При цьому витрата матеріалів, що додаються, і вихід придатного досліджувався залежно від зміни процентного вмісту скрапу в загальній масі брухта.

У ході досліджень з'ясували:

– витрата вапна й витрата вугілля в шихтовку, а також коригувальні операції не залежать від зміни відсоткового вмісту скрапу шлакових відвалів у металевій шихті;

– із збільшенням відсоткового вмісту скрапу побічно збільшується витрата феросплавів, при цьому витрата феромарганцю має пряму залежність від відсотка вмісту скрапу в шихті, а витрата феросиліцію – залежить від витрати феромарганцю;

– вихід придатного доцільно розраховувати з обліком зашлакованості використовуваного скрапу.

У цілому дослідження показали, що скрап шлакових відвалів цілком може бути заміником металевого брухта в шихті кисневого конвертора. Про що також говорять економічні показники, при порівнянні з іншими заміниками металобрухту.

Загальний економічний ефект найбільший саме в плавках з використанням скрапу шлакових відвалів, оскільки маса сталі, що виплавляється, в цьому випадку, значно більше, чим у плавках із заміною покупного металобрухту іншими металовмісними елементами. Використання скрапу шлакових відвалів призводить до значної економії коштів, оскільки сумарні витрати: на оплату послуг з добування й транспортування на комбінат; на доставку до місця використання в конвертерному виробництві, а також додаткові витрати менше витрат на металобрухт, що поставляється зовні.

Проведений аналіз показав, що використання скрапу шлакових відвалів замість металобрухту, який поставляється зовні дозволяє отримати річний економічний ефект у 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. Металлолом в шихте кислородных конвертеров. Баптизманский В.И., Бойченко В.М., Третьяков Э.В. – М.: Metallurgy. 1982. – 136с.
2. Сокращение расхода чугуна на производство конвертерной стали. В.В.Смокий, Р.В. Старов, Э.С. Белокуров, В.Г. Горобец. М.: 1987 (Обзорная информация / Ин-т «Черметинформация». 1987. 34с.)
3. Тепловая работа кислородных конвертеров. Баптизманский В.И., Бойченко В.М., Черевко В.П. – М.: Metallurgy. 1988 (Проблемы сталеплавильного производства). – 174с.
4. Технично-экономический анализ кислородно-конвертерного производства. Роменец В.А., Кременевский С.В. – М.: Metallurgy. 1973. – 511с.
5. Экономика использования вторичных черных металлов. Ярошевский С.М. – М.: Metallurgy. 1976. – 72с.
6. Подготовка металлических вторичных материалов (ресурсы, классификация, измельчение). Шуберт Г. Пер. с нем. – М.: Metallurgy. 1989. – 360с.
7. Баптизманский В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса: Учебное пособие. – М.: Metallurgy. 1975. – 375с.
8. В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. Общая металлургия: Учебное пособие. – М.: Metallurgy. 1979. – 487с.
9. Организация и экономика переработки вторичных черных металлов: Учебное пособие. / Н.В.Анкудинов, М. И. Левин, В.Н. Тамуров, С.М. Ярошевский – М.: Metallurgy. 1974. – 392с.
10. Вторичные материальные ресурсы черной металлургии: Справочник. В 2-х т. Т. 1: Лом и отходы черных металлов и огнеупорных материалов: (Образование и использование). / О.Л. Бондаренко, И.М.

Васильев, В.Ф. Волобуев и др.; Гл. ред. Кол. А.Е. Юрченко и др. – М.: Экономика, 1986 – 229с.

11. Справочник конверторщика. Якушев А.М. – Челябинск: Metallургия, Челябинское отделение. 1990 – 448 с.

12. Галкин М.П., Ларионов В.С., Степанов А.В., Никитин Г.С. История шлаков // Технологическое оборудование и материалы. – 2002. – №9. – 21 - 28с.

13. Дидковский В.К., Ткаченко А.А., Михневич Ю.В. и др. – Сталеплавильное производство. – М.: Metallургия. 1974. МЧМ СССР, №2 – 56 – 66 с.

14. Новиков Н.Н., Носков В.А., Задорский В.М. Инновационные технические решения для эффективного использования отходов в сталеплавильном производстве // Metallургическая и горнорудная промышленность– 2004. – №4. – 48 - 56 с.

15. Макаров Л.П. Эффективный путь развития сталеплавильного производства // Сталь. – 1998. – №8. – 53–59 с.

16. Павленко С.И. Использование отходов металлургического комплекса в качестве вторичного сырья. ИВУЗ ЧМ. – М.: МИСИС. – 2004. – №10. – 66 - 67 с.

17. Югов П.И. Переработка металлолома в сталеплавильном производстве // Рынок вторичных металлов – 2004. – №3. – 24 - 27 с.

18. В поисках лома. Удорожание газа спровоцировало дефицит металлолома // Деловая столица. – 2006. – №10.

19. В.Выговский, Л. Медный. Ломом по ... металлургии // Коммерсант-Украина– 2006. – №7.

20. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Издательство стандартов, 1988.

21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: Мінздрав, 1999.

22. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвучу та інфразвучу. – К.: Держстандарт, 1999.

23. Правила улаштування електроустановок ПУЕ-2017. – К. : Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.

24. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 95 с.

25. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення»
https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-11887.

26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: Мінрегіон України, 2016.

27. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. – К.: МВС, 2014. – 47 с.

28. Національний класифікатор України. Класифікатор професій ДК 003:2010. Редакція від 15.02.2019. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. - 567 с.

29. НПАОП 27.0-3.01-08. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам металургійної промисловості. – К.: Держгірпромнагляд України, 2008. - https://dnaop.com/html/32412/doc-D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_27.0-3.01-08.