

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 зміни температури чавуну в ході його
транспортування і позадоменної обробки»**

Керівник роботи

Олександр СТОЯНОВ

Наставник від бази
практики

Володимир ДЕРІПАСКО

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

Здобувач

Євгеній ЛАПШИН

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

Голова ЕК

Євген БРАГІНЕЦЬ

Запоріжжя 2025

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Сергій СЕМІРЯГІН

25 грудня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Лапшину Євгенію Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Дослідження зміни температури чавуну в ході його транспортування і позадоменної обробки»
керівник роботи Стоянов Олександр Миколайович, доцент, канд. техн. наук.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Університету №238/14.10.2024 від 14.10.2024 р
2. Термін подання роботи: 15 лютого 2025 р.
3. 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.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. Розділ 1. Аналітичні дослідження експлуатації чавуновозних ковшів і технології поза доменної обробки чавуну. Розділ 2. Основна частина. Статистичний аналіз даних роботи чавуновозного ківша і технології позапічної обробки чавуну. Визначення взаємозв'язків впливу тривалості експлуатації ковшів на тепловтрати чавуну. Визначення зміни температури чавуну під час позадоменної обробки. Розробка пропозицій зменшення тепловитрат під час транспортування чавуну і позадоменної обробки. Розділ 3. Охорона праці в конвертерному відділенні. Розділ 4. Розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
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 їх стосуються

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

7. Дата видачі завдання 25.12.2024 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач

Євгеній ЛАПШИН

Керівник роботи

Олександр СТОЯНОВ

АНОТАЦІЯ

Лапшин Є.П. Дослідження зміни температури чавуну в ході його транспортування і позадоменної обробки. - 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 технологічно - логістичний процес транспортування рідкого чавуну від доменного цеху до конверторного і позадоменна обробка чавуну.

Предметом дослідження є показники експлуатації чавуновозних ковшів, параметри позадоменної обробки та температура рідкого чавуну.

У першому розділі надана загальна характеристика обладнання для доставлення та зберігання рідкого чавуну в сталеплавильних цехах, проаналізовані методи зменшення зниження температури чавуну при транспортуванні від доменного цеху до конвертору.

У другому розділі проведено статистичний аналіз даних роботи чавуновозних ковшів і технології позапічної обробки чавуну, визначені взаємозв'язки впливу тривалості експлуатації ковшів на тепловтрати чавуну, визначені зміни температури чавуну під час позадоменної обробки, обґрунтована залежність показників експлуатації чавуновозних ковшів і позадоменної обробки на змінення температури, розроблені пропозиції зменшення тепловитрат під час транспортування чавуну і позадоменної обробки.

У третьому розділі проведено аналіз умов праці та пожежної безпеки у конверторному відділенні, розроблено заходи поліпшення умов праці, розглянуто екологічні аспекти процесу виробництва сталі в конверторах.

У четвертому розділі визначено очікуваний економічний ефект від впровадження запропанованих заходів, який полягає у зменшенні витрати металошихти в кисневому процесі.

КИСНЕВИЙ КОНВЕРТЕР, ЧАВУН, ЧАВУНОВОЗНИЙ КІВШ, МІКСЕР ДЛЯ ЧАВУНУ, ДЕСУЛЬФУРАЦІЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ЧАВУНУ, ВТРАТА ТЕМПЕРАТУРИ

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Обладнання для доставлення та зберігання рідкого чавуну в сталеплавильних цехах	7
1.2 Методи зменшення зниження температури чавуну при транспортуванні від доменного цеху до конвертору	12
1.2.1 Зниження втрат тепла через футерування чавуновозного ковша	13
1.2.2 Вибір раціональної схеми обробки чавуну при підготовці до конверторної плавки	18
1.2.3 Зниження втрат тепла через випромінювання із дзеркала поверхні розплаву	24
1.2.4 Вибір оптимальних умов транспортування рідкого чавуна, впровадження автоматизованої системи з моніторингу	33
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	41
2.1 Статистичний аналіз даних роботи чавуновозного ковша і технології позапічної обробки чавуну	44
2.2 Визначення взаємозв'язків впливу тривалості експлуатації ковшів на тепловтрати чавуну	53
2.3 Визначення зміни температури чавуну під час позадоменної обробки	59
2.4 Розробка пропозицій зменшення тепловитрат під час транспортування чавуну і позадоменної обробки	62
2.4.1 Технолого – логістичні пропозиції зменшення тепловитрат під час транспортування чавуну і позадоменної обробки	62

2.4.2	Конструктивні пропозиції зменшення тепловитрат під час транспортування чавуну	63
2.5	Розрахунок теплових втрат при транспортуванні чавуновозного ковша від доменного цеху до конверторного	67
3	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	73
3.1	Охорона праці	73
3.1.1	Аналіз умов праці та пожежної безпеки	73
3.1.2	Заходи поліпшення умов праці	78
3.2	Захист навколишнього середовища	80
4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	86
	ВИСНОВКИ	91
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	92

ВСТУП

Гірничо-металургійний комплекс України за наявними потужностями посідає п'яте місце в світі після Японії, США, Китаю і Росії і відіграє провідну роль в структурі економіки України. Чорна металургія входить в п'ятірку пріоритетних напрямків розвитку держави і розглядається як базова галузь, яка повинна забезпечити виконання найважливіших ринкових перетворень [1].

Проблема енергозбереження в Україні є найбільш важливою. Це стосується в першу чергу до чорної металургії, яка є найбільш енерго- і матеріаломісткою галуззю виробництва. Головний сенс енергозбереження – це економічний ефект, який може бути досягнутий лише за умови проведення активної і жорсткої, законодавчо підкріпленої політики.

Удосконалення технологічних процесів може знизити питомі витрати енергоресурсів. Необхідною умовою високих техніко-економічних показників киснево-конвертерного виробництва сталі є якість чавуну, яку визначають висока температура і стабільний хімічний склад від плавки до плавки. Отже, необхідно досліджувати наступний за виплавою процес передачі рідкого чавуну до сталеплавильного агрегату і знайти резерви щодо вдосконалення цього процесу з точки зору збереження тепла [2].

Його особливість полягає в необхідності відстеження параметрів процесу та об'єктів транспортування (ковшів, рідкого чавуну) в режимі реального часу через термічну дію рідкого чавуну та високих механічних навантажень. У процесі транспортування критично важливими є контроль та вимірювання температури та ваги рідкого чавуну, часу його транспортування, так як затримки при перевезенні можуть безпосередньо вплинути на роботу сталерозливних машин. Збереження високої температури рідкого чавуну сприяє його економії.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Обладнання для доставлення та зберігання рідкого чавуну в сталеплавильних цехах

Рідкий чавун надходить у сталеплавильні цехи із доменного цеху у чавуновозах відкритого або закритого типу. Тут він одразу подається до сталеплавильних агрегатів або певний час зберігається у міксерних відділеннях.

Для зберігання і транспортування рідкого чавуну в сталеплавильні цехи використовують два способи:

1. Чавуновозами невеликої ємності (до 140 т) від доменного в сталеплавильні цехи на невеликі відстані до стаціонарних міксерів великої ємності (до 2500 т).

2. Пересувними міксерами великої (до 600 т) ємності, які транспортують рідкий метал на великі відстані (навіть між містами).

Чавуновоз - вид вантажного вагона, що використовується для транспортування рідкого чавуну (у тому числі на території заводів та промислових підприємств) до міксеру та доменної печі. Використовується як технологічний транспорт. Максимальна місткість чавуновозів становила 100-140 т. Чавуновоз складається з візка і укріпленого на ньому ковша (циліндричної, грушоподібної або конічної форми), в якому перевозиться рідкий чавун.

Вал кронштейна та цапфи на броні ковша служать для його підйому та зливу чавуну в міксер або на розливальній машині. У верхній частині ковша передбачені зливні шкарпетки. Візок лафета обладнаний автозчепленням. Футерування виконане з шамотної цегли І сорту класів А та Б; товщина швів між цеглою в дні трохи більше 1 мм, а стінок - трохи більше 2 мм. Між кожухом і кладкою залишається зазор 20 - 25 мм, що заповнюється густою вогнетривкою масою [3].



Рисунок 1.1 – Чавуновоз

Після закінчення кладки ківш ретельно просушують газовим пальником зазвичай протягом 18 - 20 год. Ознакою гарного просушування є нагрівання кожуха до 40 - 50°C. Нагляд за справним станом, ремонт та футерування чавуновозних ковшів забезпечує персонал доменного цеху. Кожух та лафет служать дуже довго. Футерування оновлюють у міру його зношування. Кладку в ковші обов'язково змінюють у разі закозлення, тобто, є заростання чавуном, або розпал першого внутрішнього ряду цегли. При капітальному ремонті кладку замінюють повністю, а за поточного - частково. Чим краще догляд за ковшем, тим більше він перебуває в експлуатації. Під час випуску чавуну необхідно стежити, щоб у ковші не потрапляв шлак, оскільки він швидко роз'їдає футерування. Після кожного наливу ківш очищають від "сміття" - скрапу, графіту, шлаку та присипки, якою засипають горловину ковша після його наповнення. Як присипку, використовують зазвичай коксову дрібницю з-під гуркотів коксових бункерів. Крім догляду за футерівкою, необхідний нагляд за станом кожуха ковша і ходовою частиною лафета (візка), що є обов'язком персоналу механічної служби доменного цеху. На заводах, де

застосовуються вогнетриви хорошої якості, за дотримання всіх правил кладки та експлуатації ківш витримує до 130 - 140 наливів. Кількість чавуновозних ковшів можна визначити, знаючи продуктивність цеху та обіг одного ковша. Практикою встановлено, що резерв великого доменного цеху, що складається з кількох печей, має становити 4 – 5 ковшів. Крім того, 4 - 5 ковшів знаходяться на ремонті (футерування, ходової частини, кожуха, лафета і т.д [4].

Використання **пересувних міксерів** дає значний економічний ефект завдяки зменшенню капіталовкладень в основні будівлі, оскільки відпадає необхідність будови міксерних відділень. Крім того, впровадження такого способу перевезення рідкого чавуну дає змогу значно поліпшити організацію виробництва, зменшити потребу в рухомому складі, знизити втрати тепла під час перевезення чавуну у відкритих ковшах, скоротити кількість переливів, поліпшити умови праці робочих ливарного двору доменного цеху.

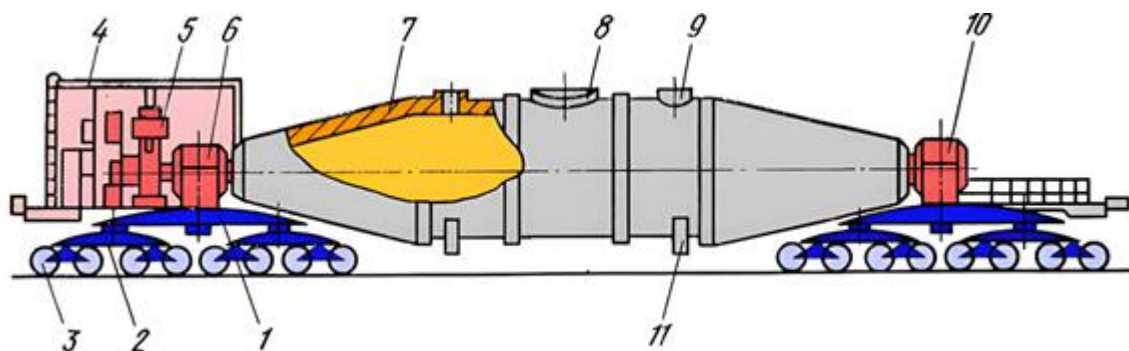


Рисунок 1.2 - Пересувний міксер: 1 – головний балансир; 2 – проміжний балансир; 3 – чотири двовісних візка; 4 – кабіна; 5 – навісний привод; 6 – опорний вузол; 7 – сигароподібний корпус, футерований зсередини вогнетривкою цеглою; 8 – заливальне вікно; 9 – допоміжні вікна; 10 – опорний вузол; 11 – кронштейн

Ковші чавуновозів міксерного типу мають бочкоподібну і сигароподібну форму. Особливостями таких чавуновозів є менше утворення скрапу, більш однорідний склад чавуну.

Кількість осей ходових візків у таких чавуновозів становить від 4 до 12.

Така технологія доставки чавуну дає змогу зменшити втрату температури металу на 50-70°C. За такого способу доставлення температура чавуну, що заливається в конвертер, зазвичай не перевищує 1300-1350°C [5].

Використання **стаціонарних міксерів** спричинене необхідністю усереднення складу і температури рідкого чавуну, а також утворення його запасів. Для разового випуску чавуну з доменної печі об'ємом 3400 м³ необхідно подавати до 4-6 ковшів одночасно, а для цеху з чотирма доменними печами таких подач необхідно від 19 до 21 за добу. Водночас подальше збільшення ємності чавуновозних ковшів відкритого типу неможливе через великі втрати тепла, обмеження за габаритами і динамікою руху за великої площі дзеркала рідкого металу, утворення настилів тощо. Видача чавуну зі стаціонарного міксера ємності 2500 т не має перевищувати 7500 т за добу, інакше він втрачає роль усереднювача чавуну за температурою і хімічним складом. Сучасному киснево-конвертерному цеху з продуктивністю 27000 т сталі за добу для забезпечення нормальної роботи необхідно 4 таких стаціонарних міксера. Зі збільшенням об'єму металургійного виробництва вантажопідйомність пересувних міксерів зросла до 600 т, але призначені вони тільки для внутрішньозаводських перевезень [5].

Стаціонарний міксер призначений для тимчасового (7-9 год) зберігання запасів рідкого чавуну, завдяки чому створюються незалежні від ходу доменних печей умови для роботи конвертерів. У міксері вирівнюється хімічний склад і температура чавуну, а також частково видаляються шкідливі домішки. Міксери є ємністю 1300 т і 2500 т.

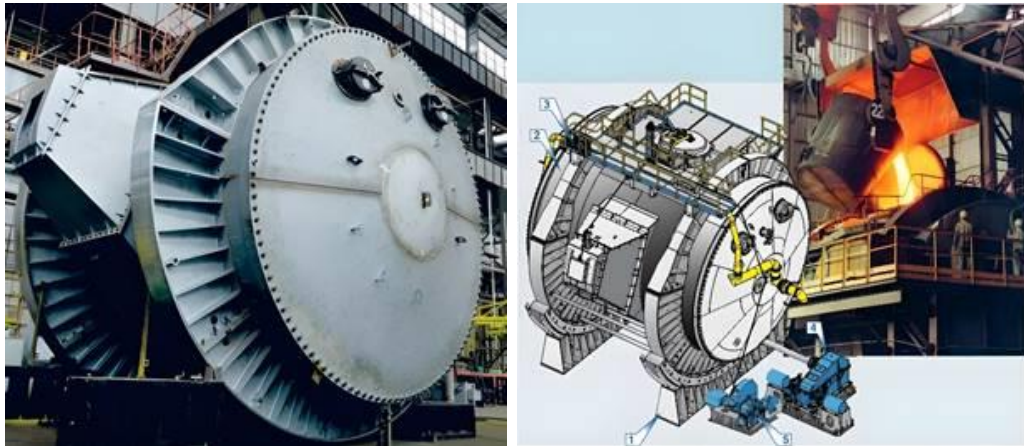


Рисунок 1.3 - Стационарний міксер

До складу стаціонарного міксера входять:

1. Металева бочка, футерована зсередини.
2. Глухе і від'ємне днище.
3. Дугоподібні балки.
4. Сепаратор з опорними роликами.
5. Вікно для заливання чавуну.
6. Лебідка відкривання накривки заливного вікна.
7. Носок для зливання чавуну.
8. Лебідка відкривання накривки носка.
9. Газові пальники.

Міксерні відділення входять до складу конвертерних цехів і розташовані у торцях пічних прольотів. Вони призначені для зберігання запасу рідкого чавуну, що необхідно для забезпечення незалежності роботи сталеплавильного цеху від доменного цеху. Будівля міксерного відділення має висоту приблизно 35 м, оскільки мають збігатися рівні робочих майданчиків міксерів і мартенів або конвертерів. У міксерному відділенні (рис.1.4) розташоване таке обладнання:

– міксерна установка з механізмами відкривання накривок заливного отвору та випускного носка міксера, а також з механізмом повороту міксера;

- міксерний кран вантажопідйомністю 180+50 т або 125+35 т;
- машини для скачування шлаку із міксера та ковшів.

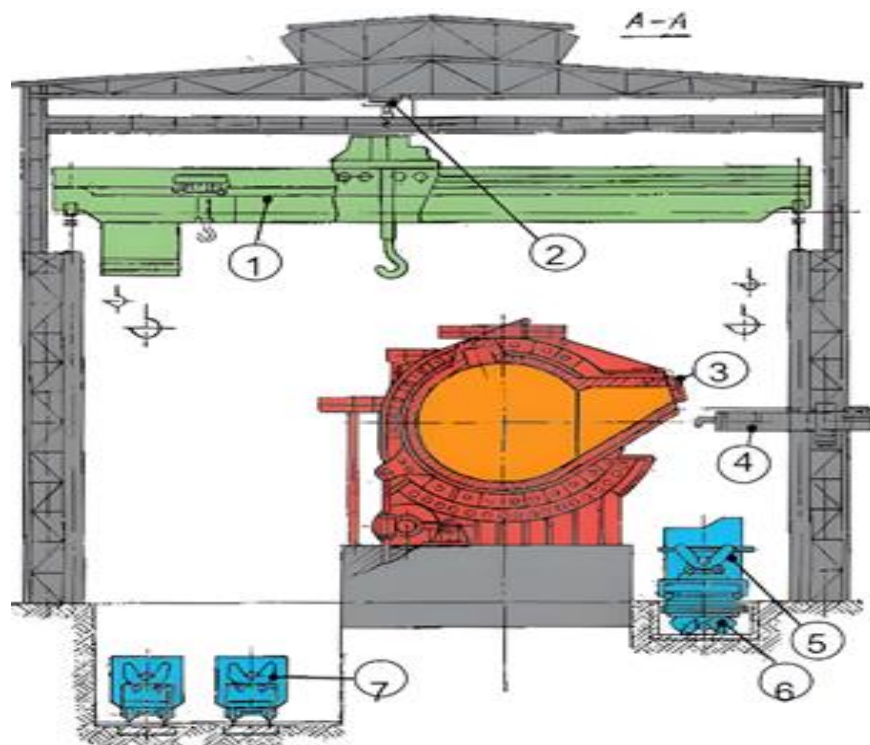


Рисунок 1.4 - Будова міксерного відділення: 1 – спеціальний міксерний кран; 2 – монорейковий візок для ремонтних робіт; 3 – стаціонарний міксер; 4 – машина для скачування шлаку з міксера; 5 – самохідні чавуновози для подавання чавуну до конвертерів; 6 – ваги для зважування чавуновоза; 7 – чавуновоз із доменного цеху
10 - оглядові люки, 11 - р повороту міксера [5]

1.2 Методи зменшення зниження температури чавуну при транспортуванні від доменного цеху до конвертору

Киснево – конвертерний процес зайняв перше місце серед різних процесів виробництва сталі. Він являє собою поєднання сучасних технологій виплавки, позапічної обробки і безперервного розливання. Для киснево – конвертерного виробництва велике значення має як стабільний хімічний склад, так і температура чавуну. Це дозволяє

значно збільшити продуктивність сталеплавильних агрегатів в результаті стандартизації процесів і усунення плавок з додувки, а також скоротити втрати металу. Невід'ємною ланкою в технологічному процесі виплавки сталі з рідкого чавуну в конвертерних цехах є доставка рідкого металу з доменного цеху до міксерів цього цеху в чавуновозних ковшах. Технологічні операції, десульфуратія і скачування шлаку, а також організаційні затримки при просуванні чавуну до сталеплавильного агрегату тягнуть за собою зниження температури металу. Звісно ж важливим є мінімізувати втрати тепла при транспортуванні порожніх і наповнених чавуновозних ковшів з тим, щоб температура, що заливається в сталеплавильний агрегат чавуну була максимальна [6].

1.2.1 Зниження втрат тепла через футерування чавуновозного ковша

На поверхні зіткнення чавуну з футеруванням жолобів мають місце втрати тепла теплопровідністю через кладку, а також на акумуляцію. Закономірність втрат тепла в проміжних ємностях (головному і транспортному жолобах), а також чавуном в ковшах, однакові. Втрати в ковші відбуваються в результаті акумуляції тепла кладкою, втрат теплопровідністю через стіни і днище і випромінюванням з відкритою поверхні шлаку і струменя чавуну, що стікає в ківш. Тривалість роботи транспортного жолоба, існування струменя і заповнення ковшів однаково, одно часу випуску, втрати тепла на кожній ділянці залежать від температури чавуну і теплофізичних властивостей футеровок всіх ємностей, що стикаються з ним, а також співвідношень маси чавуну в них і тепловіддаючих поверхонь. Температура чавуну на випуску і в заповненому ковші відрізняється приблизно на 50°C , тобто приблизно на 3%, а теплофізичні властивості футерування в результаті взаємодії з рідким чавуном приблизно однакові, тоді щільності потоків

тепла на акумуляцію в ковші, а також головному і транспортних жолобах будуть однакові (з точністю до 3%). Отже, втрати тепла на акумуляцію в жолобах ливарного двору і в ковші будуть відрізнятися пропорційно їх поверхонь. За час доставки чавуну від ДП до сталеплавильного агрегату зниження температури в середньому становить 100°C. Втрати тепла рідким чавуном спостерігаються на всіх ділянках доставки. На випуску вони становлять близько 50% від загальних втрат і пов'язані з особливостями проведення випуску, пристроєм ливарного двору, а також температурою футерування, що подаються під налив ковшів. Втрати тепла на випуску визначаються випромінюванням від струменя, з поверхні чавуну, частково покритого шлаком, акумуляцією тепла кладкою жолобів. За умовою зниження втрат тепла було б доцільно скорочувати час випуску, але при цьому погіршується поділ продуктів плавки і збільшуються втрати чавуну зі шлаком. При збільшенні тривалості випуску виникають додаткові втрати тепла. Скорочення втрат тепла на акумуляцію впливає між рідким чавуном і футеруванням протягом усього циклу роботи ковша, що дозволило зробити висновок про доцільність використання більш щільного вогнетриву. Акумулюючі властивості робочого шару футерування (які визначаються величиною коефіцієнта акумулюючої здатності $\sqrt{\lambda_{cp}}$,) із щільного вогнетриву, що безпосередньо контактує з залізобуглецевим розплавом, у процесі взаємодії з чавуном, будуть мало змінюватися. Розмір швів у такій кладці повинен бути мінімальним, щоб уникнути проникання в них металу, для цього варто застосовувати суху кладку (як для конвертера). Зменшення величини коефіцієнта акумулюючої здатності $\sqrt{\lambda_{cp}}$ на 20% дає можливість скоротити втрати температури чавуном у ковші на 5°C и в жолобах ливарного двору на 4°C.

Рекомендується наступний за робочим арматурний шар викладати з пористої шамотної цегли. Між кожухом і арматурним шаром

необхідно передбачити ізоляційний шар $\delta_{із}$ з волокнистого вогнетриву марки МКРПГ – 400, товщиною 0,02 м [7,8].

Футерівка чавуновозного ковша складена з шамотної цегли згідно технологічної інструкції. Ківш викладений шамотною ущільненою цеглою з вмістом Al_2O_3 32-37% щільністю 2150 кг/м^3 і має відкриту пористість. Футерування чавуновозних ковшів працює при температурі $1300-1400 \text{ }^\circ\text{C}$ і піддається впливу змінного статичного навантаження від впливу чавуну та шлаку. Ковші футерують шамотними вогнетривами. У зоні падіння струменя металу футерування виконують з високоглиноземистих вогнетривів з вмістом Al_2O_3 62%. При виконанні кладки бажано застосовувати високоглиноземистий мертель, так як шви є слабким місцем у футеровці і найбільше схильні до зносу. Для футерування ковша часто застосовують кварцитову наливну футерівку марки СКМ-97 на основі кварциту та зв'язуванні рідкого скла (щільністю $1,1-1,15 \text{ г/см}^3$) в кількості 18-20 % з введенням в якості затверджувача сепарованого ферохромового саморозсипаючого 3%).

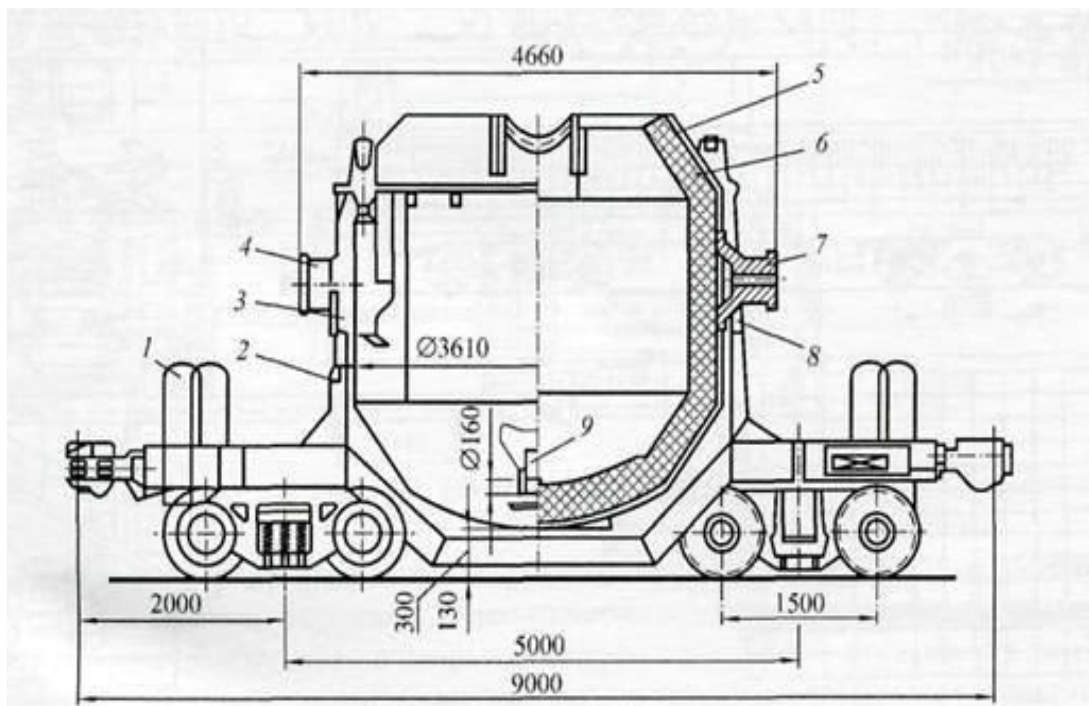


Рисунок 1.5 – Футерівка чавуновозного ковша

Застосовують також кварцеглинисту масу МКГ-1. Корозійну стійкість мас кварцитів підвищують введенням в шихту 7-8% графіту. Середня стійкість монолітних кварцитових футеровок становить 375 наливів, максимально досягнута-901 налив [9].

Розроблена математична модель методу визначення втрат тепла на акумуляцію кладкою чавуновозного ковша, в якому враховані температура поверхні (контакту) футерівка - чавун, що залежить від теплофізичних властивостей вогнетрива і розплаву. В роботі встановлено зміну цих властивостей в результаті проникнення чавуну у шви і пори вогнетривкої кладки. Визначено фактичне значення коефіцієнта акумулюючої здатності футерування чавуновозних ковшів, що дозволило встановити причину підвищених втрат на акумуляцію і намітити заходи щодо їх зниження.

Встановлено, що в процесі взаємодії футерування з залізовуглецевим розплавом майже на 20 % збільшується щільність і коефіцієнт теплопровідності вогнетрива. З цим пов'язані втрати тепла на акумуляцію, які зростають в процесі експлуатації ковша. Використання більш щільного вогнетрива для робочого шару дозволить знизити ці втрати.

Впровадження таких заходів, як ущільнення шару вогнетриву, який контактує безпосередньо з залізовуглецевим розчином, наявність ізоляційного шару в чавуновозному ковші, подача під налив ковшів з температурою внутрішньої поверхні не менш 700°C, налив ковшів не менш 90т, зробить можливим підвищення кінцевої температури металу на величину порядку 25° [10,11].

Наша промисловість випускає вироби вогнетривкі та високовогнетривкі для футерування чавуновозних ковшів марки ШЧУ-41, ШЧУ-50 (рис.1.6, рис.1.7) [12].

Фізико – хімічні показники наведені у таблиці 1.1.



Рисунок 1.6 - Вироб вогнетривкий ШЧУ-41



Рисунок 1.7 - Вироб вогнетривкий ШЧУ-50

Таблиця 1.1 - Фізико – хімічні показники виробів вогнетривких

Марка	Al ₂ O ₃ , %	Вогнетривкість, °C	Пористість відкрита, %	Межа міцності при стисканні, Н/мм ²	Додаткова лінійна усадка при 1400 °C, %
ШЧУ-41	41	1730	20	30	0,4
ШЧУ-50	50	1750	22	50	0,4

1.2.2 Вибір раціональної схеми обробки чавуну при підготовці до конверторної плавки

В конверторних процесах виробництва сталі приблизно половину приходу тепла складає фізичне тепло чавуну. Підвищення температури чавуну, у результаті вдосконалення технології підготовки дозволить зменшити кількість рідкого чавуну, збільшити частку брухту в металошихти і приведе до економії енергетичних ресурсів, а також поліпшить екологічну обстановку за рахунок зменшення кількості викидів в атмосферу.

На металургійних комбінатах України основним десульфуруючим реагентом є магній, який вводиться в чавун різними методами, цьому питанню присвячена основна кількість робіт.

У результаті аналізу термодинамічних і кінетичних умов, що впливають на ефективність десульфурації чавуну (концентрації сірки на початку і в кінці обробки, якості реагенту і його ціни, методів його введення, міжфазної поверхні, часу взаємодії), пропонується двоступінчаста десульфурація металу в заливальних ковшах. Перший ступінь десульфурації вапном, для максимальної ефективності процесу, проводиться до фіксованого значення 0,02%S. Витрата десульфуратору становить від 5 до 8 кг/т, і як наслідок, мінімальне зниження температури металу 18-20⁰С. Потім чавун з температурою порядку 1333⁰С, (що на 47⁰С нижче, ніж у чавуновозному ковші) обробляється гранульованим магнієм до необхідної величини (0,001%-0,003%S), який вдувають у струмені природного газу чи аргону. Витрата магнію при цьому визначається кількістю сірки, що видаляється, і величиною коефіцієнта використання і становить 0,26 кг/т. Скачування шлаку відбувається двічі, а зниження температури при цьому становитиме відповідно 4⁰С и 2⁰С [13].

Метод порівняльної оцінки реальної ефективності різних реагентів десульфурації дозволяє в кожному конкретному випадку на будь-якому комбінаті, з огляду на кон'юнктуру цін, знаходити економічно найбільш вигідну технологію десульфурації чавуну, замінюючи дорогий реагент іншим, більш дешевим.

При впровадженні запропонованих заходів, без зміни технології постачання, кінцева температура чавуну може бути вищою на 25 °С. Економія чавуну в таких умовах становитиме порядку 10кг/т сталі, а економічний ефект 0,35.грн/т. За умовою впровадження двоступінчастої десульфурації очікуваний економічний ефект може становити 0,52 - 4,00 грн/т чавуну.

З використанням запропонованого методу визначено, що при ціні магнію більш 12грн/кг (з урахуванням утрат металу зі шлаком) упровадження двоступінчастої десульфурації є економічно вигідним.

Керуючись вищевикладеними дослідженнями з удосконалювання технології підготовки чавуну до конверторної плавки, упровадження запропонованих заходів дозволить підвищити кінцеву температуру металу й одержати більш високі техніко-економічні показники. Винахід відноситься до металургії, зокрема до десульфурації чавуну магнієвими реагентами у чавуновозних ковшах. Спосіб позадоменної десульфурації чавуну включає час введення в розплав магнію в сплаві з кремнієм у співвідношенні: (1,5 - 3,0) та залізом у вигляді порошкового дроту. Разом з магнієм в чавун вводять алюміній у кількості 1,5-15 % від загальної маси заповнювача дроту.

Впровадження винаходу дозволяє підвищити ступінь використання магнію при десульфурації чавуну.

Цей спосіб не забезпечує високого ступеня використання магнію для десульфурації чавуну, бо внаслідок нагрівання у розплав металева оболонка дроту швидко втрачає жорсткість та деформується завдяки дії виштовхуючої сили. Тому дріт навіть при високій швидкості введення у

метал не досягає донної частини ковша і руйнування його оболонки має місце на відносно малій глибині під поверхнею металу. Після руйнування металеві оболонки дроту магній надходить у розплав у вигляді струменя пари, який у об'ємі чавуну дробиться на окремі бульбашки, діаметр яких визначається головним чином силами міжфазного натягу на поверхні поділу метал-газ. Хімічні реакції між магнієм та домішками чавуну мають місце переважно біля поверхні бульбашок пари, що спливають у металі. У звичайних умовах бульбашки пари магнію, що виникають у чавуні, мають великі розміри. Наслідком цього є те, що значна кількість магнію не може бути використана для хімічної взаємодії з домішками чавуну протягом руху бульбашок до поверхні металу. Для оцінки технічного результату від використання запропонованого способу позапічної десульфурзації чавуну була виконана низка експериментів у 140-т ковшах. В усіх випадках температура чавуну під час оброблення знаходилася у межах 1410-1440°C.

Аналіз результатів експериментального дослідження свідчить про те, що за умов підвищеної температури металу, що оброблюють, використання запропонованого способу позадоменної десульфурзації чавуну дасть можливість суттєво підвищити ефективність використання магнію для десульфурзації металу [13].

З метою виключення негативного впливу ковшових шлаків на ефективність та стабільність процесу десульфурзації чавуну рекомендується перед початком наповнення ковшів чавуном подавати на дно ковша добавки у вигляді відходів виробництва металургійного вапна, що підвищують основність та сульфідну ємність ківшового шлаку у кількості 80 – 170 кг/т, шлаку (1,5 – 2,5 кг/т чавуну). Для скорочення втрат температури чавуну при наповненні ковшів рекомендується під налив не подавати холодні ковші, скорочувати до мінімуму час оборотності ковшів, використовувати кришки, що встановлюються на горловину ковшів після зливу чавуну, а також застосовувати підігрів

чавуну та ковшів доменним газом. Найбільш переважною (з точки зору втрат температури чавуну, скорочення циклу та організації подачі чавуну з необхідним вмістом сірки на кожен конвертерну плавку) схемою організації подачі чавуну з доменного в конвертерний цех є технологічна схема, при якій чавун вже в доменному цеху наливають у заливні ковші. За проведеним аналізом найбільш ефективною технологією десульфурації чавуну є моноінжекція магнію, яка забезпечує з високою стабільністю отримання чавуну з необхідним вмістом сірки, аж до $\leq 0,001\%$. Промисловий досвід реалізації процесу десульфурації чавуну моноінжекцією магнію в ковшах різного типорозміру показав, що зі збільшенням маси чавуну, що обробляється, зростає ефективність десульфурації, знижуються необхідні питомі витрати магнію і втрати температури чавуну в період вдування магнію [14].

Десульфурація чавуну реагентами, наприклад магнієм, робить шлак легкокорухливим, що забезпечує його швидке видалення й усуває можливість зворотного переходу в чавун сульфідів, що утворювалися в процесі десульфурації. Однак відомий спосіб має наступні недоліки:

- неповнота засвоєння реагенту;
- ендотермічна реакція при утворенні CaS збільшує втрати температури чавуну й подовжує процес його десульфурації;
- наявність істотних втрат розплаву чавуну у зв'язку з переходом його у вигляді «корольків» у шлаки, який скочується після завершення десульфурації. Крім того, у відомому способі не забезпечується досягнення наднизького вмісту сірки в чавуні.

Було задачу вдосконалити спосіб десульфурації чавуну в ковші шляхом інтенсифікації перемішування розплаву, яка вирішується за рахунок підведення до розплаву чавуну низьковольтного електричного потенціалу, що забезпечує повноту засвоєння реагенту, зниження теплових втрат і збільшення виходу придатного розплаву при зниженні вмісту сірки.

Запропанований спосіб десульфурації чавуну в ковші включає заливання чавуну в ківш, продувку чавуну нейтральним газом через металевий трубопровід продувної фурми, подачу реагенту, скочування шлаків, що реагент подають при підведенні до розплаву чавуну низьковольтного електричного потенціалу, один полюс подають у зону розташування вихідного отвору фурми, а другий на контактний електрод, який занурюють в розплав на третину його висоти у період первинної продувки, при наступній продувці його переміщують у шар шлаку на 0,4-0,6 його висоти, при цьому подачу реагенту погоджують зі зміною полярності потенціалів. Пристрій для рафінування чавуну в ковші включає фурму, бункер для введення допоміжних реагентів у ківш і дозуючий бункер, з'єднаний транспортуючим трубопроводом з фурмою, пристрій забезпечений джерелом струму, один полюс якого з'єднаний з електродом, закріпленим на металевій трубі фурми, а інший полюс, з'єднаний з додатковим контактним електродом, нижній кінець, якого розміщується в шарах чавуну та шлаку, при цьому фурма ізолювана від металевих елементів пристрою.

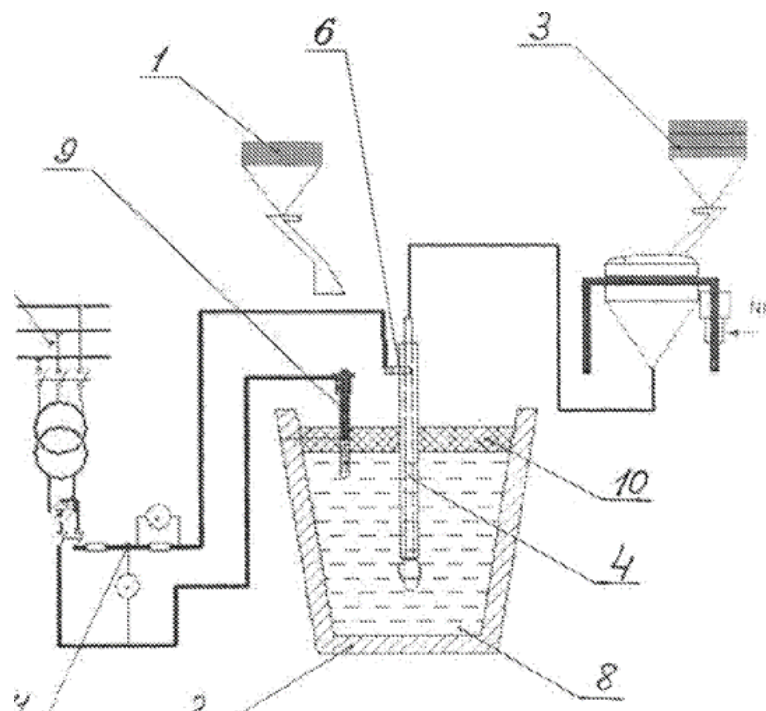


Рисунок 1.8 - Пристрій для десульфурації чавуну у ковші

Пристрій містить бункер 1 для введення допоміжних реагентів безпосередньо в ківш 2, дозатор основного реагенту 3, з'єднаний транспортуючим трубопроводом з фурмою 4, джерело струму 5, що одним полюсом, з'єднаний з електродом 6, закріпленим на металевій трубі 7 ізольованої від струму фурми 4, яку занурюють у ківш 2 у розплав чавуну 8 на глибину розташування вихідного отвору фурми. Другим полюсом джерело струму з'єднане з контактним електродом 9, нижній кінець якого занурюється в шарах розплаву чавуна 8 та шлаку 10. Пристрій містить контрольно-вимірювальну апаратуру 11 для контролю електричних параметрів та для регулювання положення контактного електрода 9.

Пристрій для рафінування чавуну в ковші працює таким чином.

Після подачі ковша 2 з розплавом чавуну 8 до стенда для його обробки, в ківш занурюється фурма 4 і починається подача газу та реагенту з дозуючого бункера 3. У момент зіткнення фурми 4 з верхньою межею розплаву чавуну 8 подається низьковольтний електричний потенціал від джерела струму 5 на електроди 6 і 9 пристрою й надалі здійснюють подачу його в режимі, погодженому з подачею реагенту.

Одночасно з переміщенням фурми 4 з електродом 6 у розплав чавуну 8, проводиться переміщення контактний електрода 9, який після первинної продувки газом переміщується в шлак 10. Зміну розташування електрода 9 та переміщення його на необхідну товщину шлаку роблять за показниками контрольно-вимірювальних приладів. Після закінчення введення реагенту роблять підйом фурми.

Зниження температури розплаву протягом усього процесу десульфурації до 126 °С против 163 °С на порівняльних продувках (швидкість зниження температури було на 20 % [15]).

1.2.3 Зниження втрат тепла через випромінювання із дзеркала поверхні розплаву

Для зниження теплових втрат одержуваного рідкого чавуну в металургії використовують шлакоутворюючі і утеплювальні матеріали, що дозволяють знизити теплові втрати, а також сприяють прискоренню процесів шлакоутворення. Однак найчастіше використовувани в даний час шлакоутворюючі і утеплювальні матеріали внаслідок недосконалості їх хімічного і фракційного складу мають обмежену теплоізоляційну здатність. При їх застосуванні зберігаються агресивні фактори виробництва, що негативно впливає на ресурс роботи обладнання, а витрати на виробництво чавуну і сталі залишаються досить високими. Тому останнім часом замість шлакоутворюючих і утеплювальних матеріалів використовують композиції, що мають високий екзотермічний потенціал та при цьому оптимізують шлаковий режим, які у металургії являють собою матеріали переважно мінерального походження, що сприяють утворенню шлаку, збільшенню швидкості його утворення, а також регулюють його склад, зокрема сприяють зв'язуванню порожньої породи руди або продуктів розкислення металу. Найбільш розповсюдженими в даний час є шлакоутворюючі матеріали, у якості яких застосовують вапно, плавиковий шпат, відсів коксу або боксит, а також марганцевміщуючі речовини. Однак зазначені матеріали не є універсальними і не можуть бути використані для стабілізації ходу виплавки чавуну і сталі в будь-якому відомому способі. Їх застосування для реалізації того чи іншого способу залежить від технологічних умов протікання процесу виплавки чавуну і сталі. Крім того, використання зазначених матеріалів не дозволяє цілком використовувати потенціал шлакової рафінувальної фази, що приводить до підвищеної витрати вапна і плавикового шпату

в наступному переділі чавуну, а також до додаткових витрат енергоносіїв.

Задачею корисної моделі є створення теплоізолюючої композиції для утеплення дзеркала чавуну в чавуновозному ковші, застосування якої виключає підвищення вмісту вуглецевміщуючих матеріалів у розплаві, знижує втрати тепла, перешкоджає розвитку процесів десульфурзації.

Поставлена задача вирішується тим, що композиція для утеплення дзеркала чавуну в чавуновозному ковші містить карбід кремнію SiC, при цьому додатково містить оксиди лужних металів $K_2O + Na_2O$, металевий алюміній Al_{met} , металевий кремній Si_{met} і оксид алюмінію Al_2O_3 при наступному співвідношенні компонентів, % мас.:

карбід кремнію SiC - (5-15);

оксиди лужних металів $K_2O + Na_2O$ – (1-3) ;

металевий алюміній Al_{met} - (15-30) ;

металевий кремній Si_{met} 5-15 оксид алюмінію Al_2O_3 - (27-74).

Наявність карбиду кремнію в композиції створює достатній розкислюючий ефект. Зниження вмісту карбиду кремнію в композиції нижче 5% недоцільно, оскільки на початку формування шлакового розплаву спостерігається активізація окислювання заліза до FeO за рахунок взаємодії металевого розплаву з атмосферним киснем. Підвищення вмісту карбиду кремнію в композиції понад 15% також є недоцільним, оскільки це приводить до прискорення процесу виділення вуглецю з розплаву. Це може викликати зниження ефективності обробки і негативно діє на футерування чавуновозного ковша, а також приведе до збільшення витрат на виробництво чавуну і сталі. Металевий алюміній являє собою власне алюміній у технічно чистому виді. Алюміній розкислює рідкий розплав, тобто видаляє кисень, одночасно вступаючи в реакцію з атмосферним киснем, являючись додатковим джерелом тепла в зоні активного шлакоутворення, а

наявність оксиду алюмінію сприяє асиміляції неметалічних включень, що у свою чергу сприяє зниженню вмісту шкідливих домішок, наприклад сірки. За рахунок вибору різних співвідношень алюмінію та оксиду алюмінію можна регулювати процес шлакоутворення. Зниження вмісту алюмінію в композиції нижче 15% недоцільно, оскільки приводить до зниження рафінувальних властивостей шлаку, тобто до зниження здатності шлаку до очищення розплаву від небажаних або шкідливих домішок. Крім того, при вмісті металевого алюмінію менш ніж 15% не досягається істотного прискорення шлакоутворення через недостатнє надходження тепла реакції окислювання алюмінію в зону активного шлакоутворення. Підвищення вмісту алюмінію в композиції понад 30% також є недоцільним, оскільки приводить до протікання процесу шлакоутворення з піротехнічним ефектом, підвищенню температури шлаку в реакційній зоні, що у свою чергу приводить до тимчасового уповільнення протікання основних металургійних процесів і зниженню рафінувальної здатності шлакового розплаву. Вміст у композиції оксиду алюмінію менш ніж 27% не забезпечує зниження в'язкості шлаку до значень, при яких відбувається істотне прискорення шлакоутворення. При вмісті в суміші оксиду алюмінію понад 74% в'язкість шлаку не тільки не знижується, але навіть підвищується за рахунок насичення шлаку тугоплавким глиноземом (Al_2O_3).

Таким чином, включення до складу композиції для утеплення дзеркала чавуну в чавуновозному ковші металевого алюмінію Al_{met} і оксиду алюмінію Al_2O_3 у встановлених межах дозволяє забезпечити високу швидкість протікання реакцій шлакоутворення з одночасним підтримуванням рідкорухливості шлакового розплаву в умовах тривалого періоду часу і широкого діапазону температур, що дозволяє забезпечити ефективність металургійних процесів і знизити виробничі витрати наступних переділів.

Металевий кремній Si_{met} широко застосовується в металургії як одна з основних розкислюючих і легуючих добавок. Металевий кремній - це кремній технічної чистоти (96-99% Si), який одержують у рудовідновлювальних електропечах відновленням кварциту вуглецевими відновлювачами (деревне вугілля, нафтовий кокс і ін.). Присутність у композиції металевого кремнію Si_{met} у зазначених межах дозволяє стабілізувати вплив на шлакометалевий розплав металевого алюмінію Al_{met} за рахунок чого підвищується загальний технологічний ефект від використання композиції. Зниження вмісту металевого кремнію нижче 5% є недоцільним, тому що приводить до прискорення реакції окислювання металевого алюмінію Al_{met} і зниженню рафінувального потенціалу шлакової фази. Збільшення вмісту кремнію понад 15% є недоцільним, оскільки може привести до уповільнення реакції окислювання металевого алюмінію Al_{met} і зниженню рафінувального потенціалу шлакової фази.

Для забезпечення рідкорухливості шлаку до складу композиції введені легкоплавкі компоненти: оксид натрію та оксид калію в кількості 1-3мас.%. Зниження вмісту в композиції оксидів натрію і калію нижче 1% приводить до небажаного збільшення в'язкості шлаку, до погіршення умов плавлення композиції і зниження ефективності шлакового режиму обробки чавуну в чавуновозному ковші. Введення в композицію більш 3% оксидів натрію і калію приводить до зниження температури розплаву в зоні реакції і зниженню ефективності його обробки. Для виключення виникнення пожежонебезпечної ситуацій при виготовленні, збереженні і транспортуванні композиції необхідно, щоб її вологість не перевищувала 2%.

Переважає виконання композиції з наступним фракційним складом компонентів, % об'єм:

3,0мм і менше 90;

більш ніж 3,0мм решта.

Такий діапазон фракційного складу компонентів композиції обумовлений фізико-хімічними закономірностями ефективності їх використання і засвоєння проведення основних технологічних процесів обробки чавуну в чавуновозному ковші. Відхилення фракційного складу в бік збільшення вмісту дрібнодисперсних часток.

Ефективність використання зазначеної композиції для утеплення дзеркала рідкого чавуну в чавуновозному ковші для різних етапів обробки чавуну ілюструється наступними прикладами.

У металургійному агрегаті здійснювали виготовлення розплаву і термочасову обробку розплаву. Під час випуску доменної плавки в чавуновозний ківш під струмінь металу присаджували композицію наступного складу, мас. %:

- карбід кремнію SiC - 7;
- оксиди лужних металів $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 2;
- металевий алюміній Al_{met} - 18,5;
- металевий кремній Si_{met} - 5;
- оксид алюмінію Al_2O_3 - 69,5

при вологості близько 1,5%.

Компоненти композиції, що завантажуються, мають наступний фракційний склад, %:

менш ніж 3,0мм – 94;

більш ніж 3,0мм - 6.

Композиції варіювали від 0,34 до 1,24кг/т чавуну.

Аналіз отриманих даних показує, що при використанні композиції для утеплення дзеркала чавуну в чавуновозному ковші в зазначених межах витрати на тонну чавуну зменшується ступінь десульфурації сірки в чавун, знижуються втрати температури рідкого чавуну за час доставки в міксерне відділення сталеплавильного цеху, що забезпечує поліпшення якості чавуну і підвищує ефективність його виплавки [16].

Задачею винаходу є зниження теплових втрат із поверхні рідкого чавуна під час транспортування є досягнення на цій основі зниження витрати чавуна й палива при виплавці сталі.

Поставлена задача досягається тим, що суміш для утеплення чавуна в чавуновозних ковшах, яка містить відходи виробництва вторинного алюмінію, додатково містить відпрацьовану вуглецевмісну силікатну жолобну масу доменної печі при наступному співвідношенні компонентів, масова частка, %:

відходи виробництва вторинного алюмінію - (20 – 70);

відпрацьована вуглецевмісна силікатножолобна маса доменної печі -(30 – 80).

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю відмітних ознак і ефектом, що досягається, полягає в наступному.

В результаті впливу високої температури рідкого чавуна під час випуску з доменної печі на вуглецевмісну масу жолоба, нанесену на силікатну основу, утворюється карбід кремнію, При змішуванні відпрацьованої жолобної маси з відходами виробництва вторинного алюмінію утворюється суміш, яка містить карбід кремнію і нітрат алюмінію, що вводиться відходами виробництва вторинного алюмінію. Ці сполуки мають високу температуру плавлення, рівномірно розподілені між частками суміші, що в комплексі приводить до створення суміші, яка не спікається при температурі чавуна. Дана суміш зберігає пористу структуру з низькою теплопровідністю увесь час, протягом якого чавун знаходиться в ковші, що дозволяє зберегти температуру чавуна в процесі доставки його в сталеплавильний цех.

При складі в суміші менш 20 % відходів виробництва вторинного алюмінію, тобто більш 80 % відпрацьованої жолобної маси, суміш містить недостатню кількість нітрату алюмінію, що приводить до її часткового спікання і утрати теплоізоляційних властивостей. При складі в суміші більш 70 % відходів виробництва вторинного алюмінію, тобто

менш 30 % відпрацьованої жолобної маси, суміш містить недостатню кількість карбїду кремнію, що приводить до розплавлювання суміші, розділення її на рідку й тверду складові, ошлаковування часток жолобної маси й утворенню конгломератів, що порушують однорідність покриття дзеркала металу в ковші з відповідним підвищенням теплопровідності й збільшенням втрат температури чавуна.

Приклад. Утеплення чавуна проводили в 100т чавуновозних ковшах. Суміші різного складу вводили в ківш при його наповненні на 1/3 висоти. Температура чавуна в ковші після завершення його наповнення складала 1350-1500°C. Час доставки в міксерне відділення конвертерного цеху коливався в межах 0,5 - 3,0 години. Замір температури перед зливом у міксер дозволяв визначити швидкість зниження температури рідкого чавуна, що була критерієм оптимальності складу суміші.

У результаті дослідно-промислового випробування вдалося установити оптимальний склад суміші:

- відходи виробництва вторинного алюмінію 20 - 70; - відпрацьована вуглецевмісна силікатножолобна маса 30 - 80. Час доставки в міксерне відділення конвертерного цеху коливався в межах 0,5 - 3,0 години. Замір температури перед зливом у міксер дозволяв визначити швидкість зниження температури рідкого чавуна, що була критерієм оптимальності складу суміші. Результати випробування сумішей приведені в таблиці 1.2 [17].

Компанія «Савекс Мінералс» є великим національним виробником, розробником і новатором в області формованих вогнетривів на території України. Вона випускає теплоізолюючу суміш для утеплення дзеркала чавуну під час транспортування і відстою чавуновозних ковшів. Суміш має високу міру тікучості. Завдяки хімічному складу сприяє зниженню виникнення гарнісажу чавуновозних ковшів. Суміш не містить токсичних елементів і під час знаходження на

дзеркалі металу не виділяє токсичних газів, завдяки чому не забруднює навколишнє середовище і не впливає на рівень загазованості доменного і міксерного цехів [18].

Таблиця 1.2 - Результати випробування сумішей

Склад суміші, масов. %		Швидкість охолодження чавуна, град. С/хв.
Відходи виробництва вторинного алюмінію	Жолобна маса	
10	90	6,9
20	80	3,2
50	50	3,4
70	30	3,6
80	20	7,2
Прототип		15,4



Рисунок 1.9 - Теплоізолююча суміш для утеплення дзеркала чавуну

Одна з основних причин значного зниження температури рідкого чавуну при транспортуванні ковша - велика кількість енергії, що втрачається випромінюванням із дзеркала поверхні розплаву. Вирішенням цієї проблеми є використання закритого ковша, що дозволить мінімізувати втрати тепла розплаву. Енергія, що втрачається випромінюванням, може бути збережена за допомогою

теплоізоляційної кришки. Якщо накрити ківш кришкою, то останній, нагрівшись за рахунок випромінювання гарячого чавуну або гарячих вогнетривів, почне випромінювати тепло назад на розплав або вогнетривкий матеріал. Втрати тепла у чавуновозному ковші наведено на рисунку 1.10.

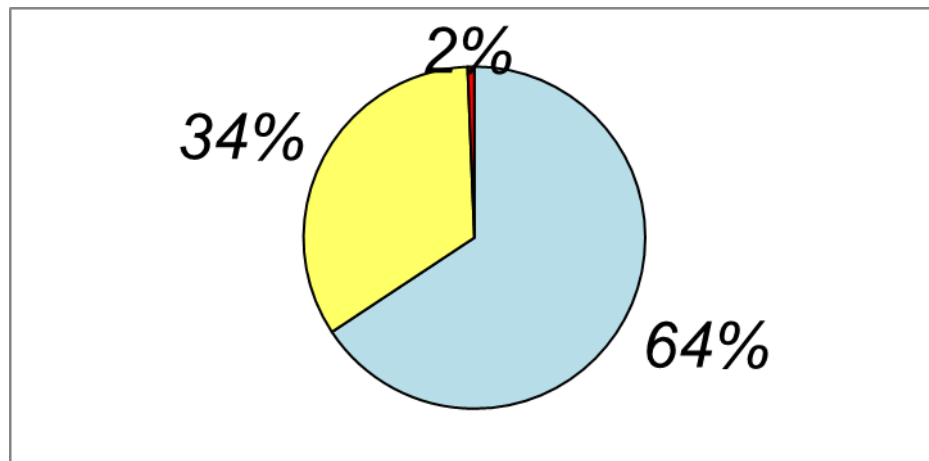


Рисунок 1.10 - Втрати теплоти в чавуновозному ковші: 64% – втрати теплоти через горловину ковша; 34%- зміна теплоти, акумульованої кладкою; 2% – втрати теплоти через кожух ковша

Реальний ківш має складну форму: бічна поверхня представлена у вигляді циліндра та днище – півкуля. Для спрощення чавуновозний ківш замінений простою геометричною формою – циліндром з плоским днищем (див. рис. 1.11). Було виконано заміни розмірів реального ковша на еквівалентні. При цьому площа та обсяг еквівалентного ковша залишилися рівними площі та обсягу реального ковша, що не спотворює розрахунок.

Як досліджуваний зразок було прийнято 70-тонний чавуновозний ківш. Матеріалом теплового екрану (кришка) обрано вуглецеву сталь марки 45 із вмістом вуглецю 0,42–0,5 %. Під час транспортування ковша без кришки температура рідкого чавуну знизилася на 100 °С. У зв'язку з

тим, що було застосовано теплоізоляційну кришку, температура чавуну підвищилася на 53 °С.

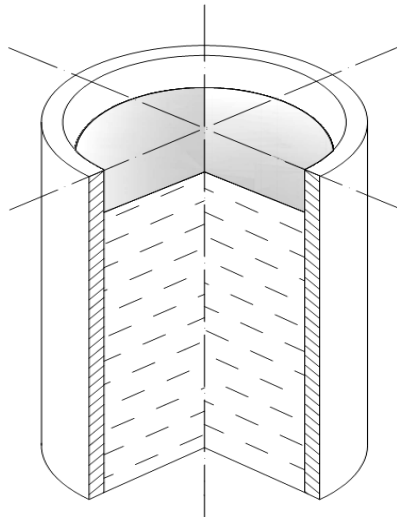


Рисунок 1.11 - Еквівалентний ківш

За наявності екрану кількість енергії, що передається, зменшилася вдвічі. Ще більший ефект зниження можна отримати, якщо застосовувати екрани з малою ступенем чорноти. Реалізація завдання зниження теплових втрат має ряд переваг. Це покращення техніко-економічних показників рідкого чавуну, підвищення температури розплаву при транспортуванні чавуновозного ковша, покращення екологічної ситуації. Застосування ковшів із кришками суттєво покращують умови праці на виробництві. Зменшення випромінювання з відкритої поверхні рідкого чавуну або від шлакових настилів у ковшах може підвищити комфортність умов праці працівників гарячих ділянок – повітря стає значно чистішим [19].

1.2.4 Вибір оптимальних умов транспортування рідкого чавуна, впровадження автоматизованої системи з моніторингу

При транспортуванні рідкого чавуну винятково важливим є час його транспортування, що впливає на температуру чавуну і, як наслідок,

на витрати енергоресурсів. необхідні його розігрів. Будь-які затримки при транспортуванні рідкого чавуну можуть безпосередньо вплинути на роботу сталерозливних машин, викликавши зниження їхньої продуктивності або простій. Для вирішення цих проблем необхідно організувати:

1. Контроль стану ковша та міксера - чугуновоза, відстежуючи параметри: :

- температуру футерування;

- маса чавуну у ковші або міксері-чавуновозі;
- рельєф ковша.

2. Контроль за положенням пари ківш-лафету або міксера-чавуновоза.

В останні десятиліття спостерігається стійка тенденція до організації контролю стану чавуновозних ковшів і міксерів-чавуновозів за допомогою різноманітних автоматизованих систем, але на практиці відстеження введеться операторами візуально, з наступним ручним введенням даних про кількість перевезень кожного ковша або міксера - чугуновоза відстеження вразливих місць чавуновозного ковша або міксера - чавуновоза. У зв'язку з цим завдання автоматизації процесу транспортування, контролю чавуновозних ковшів або міксерів-чавуновозів є актуальним. Теорія, дані та методи дослідження, технічні та технологічні розробки. Для вирішення поставленого завдання пропонується впровадження автоматизованої системи з моніторингу транспортування рідкого чавуну в чавуновозних ковшах та міксерах-чавуновозах, в рамках якої мають бути реалізовані наступні основи. ні функції:

- визначення часу проходження контрольних точок пари ківш-лафету та міксерів-чавуновозів;
- визначення часу експлуатації кожного ковша та міксера-чавуновоза;
- визначення ступеня наростів у ковшах та міксерах; чавуновози;
- визначення ступеня прогару футерування. І тому передбачаються такі рішення:

1. Обладнати всі лафети парку RFID-мітками.

2. Обладнати всі ковші та міксера-чавуновози ідентифікаційними бирками. 3. Обладнати контрольні точки камерами для зчитування бірок та принтером для друку бирки.

4. Обладнати залізничні перегони та ваги RFID-зчитувачами для зчитування RFID-міток та визначення напрямку руху лафет.

5. Зважувати завантажені ковші та міксери-чавуновози перед відправкою на переділ, і зважувати порожні ковші та міксери-чавуновози після переділу.

6. Реєструвати всі зважування за часом в реєстрі.

7. Контролювати прив'язки номера ковша або міксера-чавуновоза з номером лафета (RFID-мітки) момент зважування. Впровадження автоматизованої системи моніторингу транспортування рідкого чавуну на металургійних виробництвах дозволить:

- безперервно в оптимальному часі визначати місце розташування чавуновозних ковшів і міксерів-чавуновозів;

- контролювати ступінь зносу футерування, псування носиків та утворення наростів.

Це дозволить зменшити ризики, пов'язані з можливістю виникнення аварійних ситуацій під час транспортування рідкого чавуну на 30%; зменшити час простоїв сталерозливного обладнання до 40%; збільшити термін корисного використання користування обладнанням до 35% [20].

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено математичні моделі і алгоритми для визначення втрат тепла на усіх технологічних та транспортних ділянках при перевезеннях рідкого чавуну з доменного цеху в конверторний з метою їх використання в АСУ перевезеннями чавуну. Пропонується контролювати масу чавуну, який наливається у ковші, температуру чавуну при наливах і зливах та місцезнаходження ковшів. Існуючий технологічний процес доставки в ковшах рідкого металу від доменної

печі до міксеру ККЦ (киснево-конвертерного цеху) супроводжується зниженням температури чавуну. Температура істотно впливає на баланс тепла в киснево-конвертерному процесі, визначаючи частку брухту в завалку і окисленість кінцевого металу. Таким чином, виникає завдання збереження температури рідкого чавуну в процесі доставки від доменного до киснево-конвертерного цеху. Одним з варіантів вирішення цього питання можливо застосування статистичних моделей і створення АСУ. На підставі теоретичних та експериментальних досліджень визначено величини зниження температури на таких ділянках: випуск чавуну та налив ковша, транспортування ковшів, десульфуратія чавуну, скачування шлаку та злив чавуну в міксер. Крім вищезгаданого, необхідно врахувати також остигання порожніх ковшів при їхньому транспортуванні з конвертерного цеху в доменний. Час доставки порожніх ковшів складається з часу доставки (20 хв), очікування ковшів перед випуском (30 хв). Застосування великовантажних ковшів закритого типу є дієвим заходом щодо попередження зниження температури при перевезеннях, але разом з тим вносить нові обмеження в частині шлакових режимів та набору реагентів для десульфуратії чавуну, а також вимагає часткової реконструкції заводу. В даний час найбільш реальними виглядають роботи зі створення АСУ, що контролює транспортні та технологічні операції на всіх ділянках при доставках рідкого чавуну з доменного цеху до конвертерного. АСУ має виконувати такі функції: а) забезпечувати контроль температури чавуну при зливі з ковшів у міксер та з міксера;

- б) здійснювати автоматичний облік чавуну в ковшах; в) здійснювати автоматичний контроль за положенням ковшів на всіх технологічних ділянках часу;
- г) здійснювати реєстрацію всіх контрольованих параметрів та інформації, що видається, протягом заданого часу.

Сучасний рівень техніки дозволяє вирішити усі проблеми, пов'язані з інформаційним забезпеченням АСУ. На закінчення слід зазначити, що створення АСУ перевезеннями чавуну з доменного цеху до конвертерного з урахуванням наведених вище міркувань цілком виправдано. При підвищенні температури чавуну на 10°C кінцева температура сталі (без зміни витрати чавуну) підвищується на 7°C , а витрата чавуну (без зміни температури сталі) зменшується на $4,0\text{ кг/т}$ сталі [6].

Технологія передачі чавуну до СПЦ передбачає максимально короткий час на операцію; збільшення температури чавуну можливе при використанні торпед або теплоізолюючих сумішей на поверхню в чавуновозному ковші; дуже важливим є логістика та узгодженість операцій з обігу доменних ковшів [21].

В сучасних сталеплавильних цехах для доставки чавуну з доменного цеху використовуються 480 - 600-т ковші міксерного типу (рисунок 1.12).

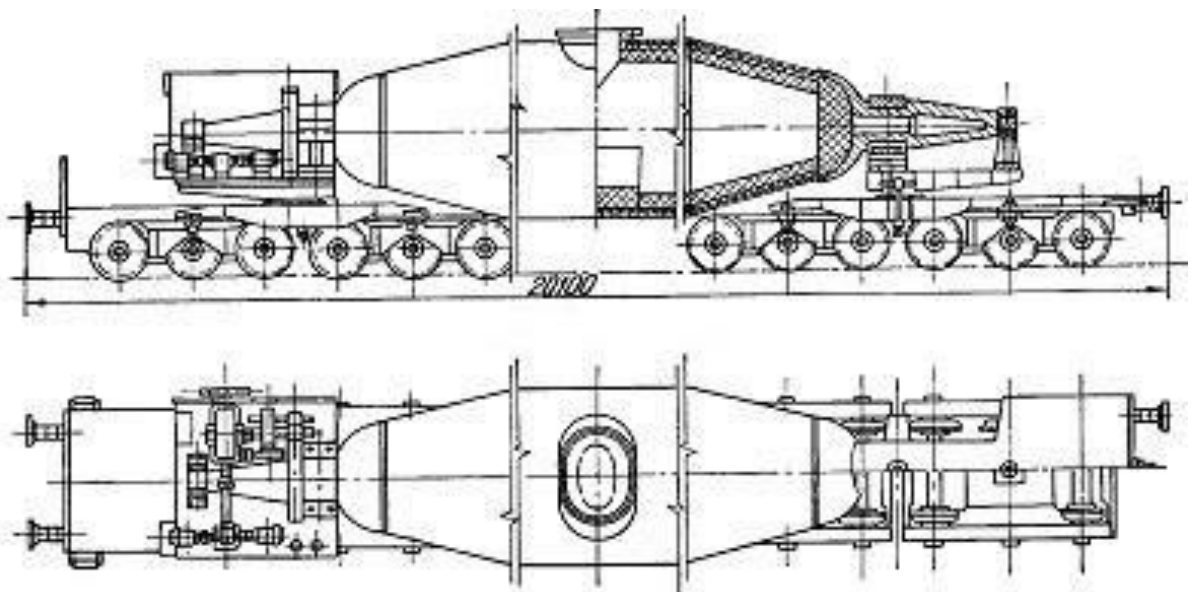


Рисунок 1.12 - Чавуновозний ківш міксерного типу

У сталеплавильному цеху з ковшів міксерного типу метал переливають в заливний ківш і після скачування шлаку заливають в сталеплавильний агрегат. Така технологія доставки чавуну дозволяє зменшити втрати температури металу на 50 - 70°C.

Для збільшення частки брухту в металевій шихті зарубіжними фірмами випробувана робота кисневих конвертерів з попереднім нагріванням чавуну. Як приклад на рисунку 1.13 наведено схему установки для нагріву чавуну фірми «Аjax Magnethermix». Вона являє собою подібний зі звичайним міксером циліндричну посудину, футеровану вогнетривкою цеглою. Довжина цієї установки 15 м, діаметр 5,7 м, місткість 1500т. Нагрівання чавуну ведеться за допомогою шести високопродуктивних індукційних нагрівачів каналного типу, розташованих на нижньому боці циліндра. Під дією електромагнітних сил метал циркулює по каналах індукційних нагрівачів, в яких відбувається його нагрівання, і повертається в ванну. Джерелом тепла є електричний струм промислової частоти. Потужність кожного з індукторів може бути доведена до 2,5 МВт.

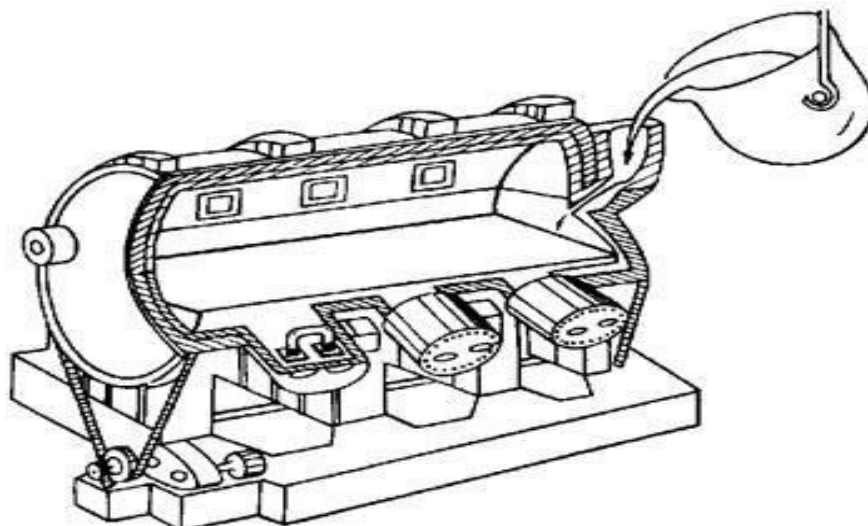


Рисунок 1.13 - Схема пристрою для нагріву чавуну з шістьма індукційними нагрівачами каналного типу

Витрата електроенергії на нагрів 1 т чавуну на 100°С з урахуванням електричних і теплових втрат в нагрівачі становить 28 кВт•ч. Звідси випливає, що установка з шістьма індукторами сумарною потужністю 15 МВт буде мати продуктивність 536 т / ч при нагріванні металу на 100° С або 179 т / год при нагріванні на 300° С. Коефіцієнт корисної дії нагрівачів дорівнює 84%.

Так як в даному пристрої нагрівання металу виконується при наявності на його поверхні мінімальної кількості шлаку, знос футерування незначний. Є відомості про те, що її міняють раз на 2 роки після переробки 3 млн. т чавуну.

Згідно з даними фірми «Energy Materials Conservation Corporation» (США) продуктивність киснево-конвертерного цеху при використанні обладнання для попереднього нагріву чавуну може збільшитися на 13 - 15% без збільшення його споживання. При цьому витрата електроенергії на 1 т додатково виплавленої сталі складає 450 кВт • год, що на 25% нижче, ніж в дугових електросталеплавильних печах.

Разом з тим не слід забувати, що на теплових електростанціях коефіцієнт корисного використання енергії палива складає менше 40%, а також про втрати в електричних мережах. В результаті сумарний коефіцієнт використання енергії палива при застосуванні установок такого типу для нагріву чавуну складає 30%. Він вище ніж при переробці металевого брухту в електрпечах (20 - 24%), але істотно нижче ніж при безпосередньому спалюванні палива в робочому просторі конвертера і частковому використанні тепла відхідних газів в котлах-утилізаторах. Тому економічна доцільність підвищення температури чавуну з використанням індукційного нагріву остаточно не ясна і вимагає додаткового опрацювання для умов кожного заводу [22].

Таким чином, провівши літературний огляд та зробивши аналіз різноманітних джерел я прийшов до висновку, що доставка чавуну до конверторного цеху виконується з різними умовами та має відповідно

різний вплив на змінення температури та енергозатрати. Втрати в ковші відбуваються в результаті акумуляції тепла кладкою, втрат теплопровідністю через стіни і днище, випромінюванням з відкритою поверхні, струменя чавуну, що стікає в ківш, втрати тепла при нераціональній обробки. Розглянуто та проаналізовано основні напрямки розв'язання поставленого завдання: оптимізація технологічної схеми руху чавуновозних ковшів, мінімізація періоду оборотності та кількості ковшів, що знаходяться в обороті (у русі та «гарячому» резерві), теплоізоляції ковшів, використання теплоізолюючих сумішей, або тепловідбивних кришок (екранів), раціональної схеми обробки чавуну, попередній підігрів футеровки «резервних» ковшів та ін.

При цьому можливе використання інформаційно-вимірювальної системи супроводу ковшів (з пристроями зчитування номерів ковшів та контролю за зайнятістю ділянок залізничних колій, блоком оптимізації логістики).

Отже, проведення аналізу схем та процесів логістичних етапів доставки чавуну, задля вдосконалення киснево-конверторної плавки є досить актуальним.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1 Охорона праці

3.1.1 Аналіз умов праці та пожежної безпеки

Робота в ККЦ відноситься до категорії середньої важкості ІІб, так як енерговитрати знаходяться в межах 200-250 кКал/год. Фактичні та припустимі норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні згідно ДСН 3.3.6.042-99 [29] наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Параметри мікроклімату в конверторному цеху

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

У конвертерних цехах створюються несприятливі умови для обслуговуючого персоналу. Основні виробничі шкідливості наступні:

- теплові випромінювання від технологічного устаткування (конвертора, установки піч-ківш, МБЛЗ) і розплавленого металу та шлаку;

- газовиділення, що утворюються при продуванні конвертера;
- пиловиділення, що утворюються при транспортуванні сипких матеріалів, продуванні конвертера, сливі чавуну з ковша в конвертер, випуску сталі і шлаку з конвертера [30].

Основні джерела небезпеки конвертерного виробництва наступні:

- рухомі частини механізмів і устаткування;
- переміщення вантажів;
- розплавлений метал і шлак;
- електроустаткування конвертерного цеху.

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

Джерелами тепла, що супроводжуються інфрачервоним видимим і ультрафіолетовим випромінюванням, є:

- рідкий метал і шлак;
- гарячі кожухи конвертерів, чавуновозних і сталерозливних ковшів,
шлакових чаш;
- гаряче футерування конвертерів і ковшів.

У розливному прольоті велику кількість тепла і розжарених газів виділяє розплавлений метал, що розливається у МБЛЗ. Інтенсивність теплоопромінення на цих ділянках вагається в значних межах – від 300 до 9000 Вт/м². Особливо великому тепловому опроміненню піддаються конверторники при узятті проби, вимірі температури, огляді і ремонті горловини конвертера [31].

При продуванні конвертерів, при суцці відремонтованих конвертерів і сталерозливних ковшів в повітря виробничих приміщень потрапляють токсичні гази, концентрація яких у ряді випадків перевищує санітарні норми. Найбільш високі концентрації оксиду

вуглецю і сірчистого газу мають місце на майданчику над працюючим конвертером в зоні газових пальників котла-утилізатора. 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 SiO₂, CaO, Al₂O₃ та інших оксидів.

Близько 80% часток пилу мають розміри до 0,5 мкм. Кількість пилу з частками більше 1 мкм складає всього 5-15 % [31].

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 руйнації 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. Шкідливі та небезпечні виробничі чинники в умовах цеху наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Шкідливі та небезпечні виробничі чинники в умовах цеху

Значення	Шум, дБ	Вібрація, дБ(А)	Запиленість, г/м ³	Загазованість, мл/м ³			
				4	3	0,2	4,5
В умовах цеху	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	IV

Експлуатація різного устаткування (рух електромостових кранів, машин завалень, газових потоків по газопроводах і т.п.) в конвертерному цеху супроводжується інтенсивним шумом, значно погіршуючи умови праці робітника. Джерелами шуму також є сам конвертер, трансформатори, пересувні залізничні крани, механізми і інше устаткування. Рівень шуму розрізняється залежно від виробничої ділянки,

часто він може досягати 100 дБ і більш. Вібрацію створюють ті ж агрегати, які є джерелами шуму. Згідно ДСН 3.3.6.037-99 [32] рівень звукового тиску по середньгеометричних частотах приведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники рівня звукового тиску по середньгеометричних частотах

Середньгеометричні активні смуги, Гц	6	12	25	50	100	200	400	800	Загальний еквівалент звуку
	3	5	0	0	0	0	0	0	
Додатковий рівень	99	92	86	83	80	78	76	74	85дБ

Із-за наявності в конвертерних цехах великих кількостей надлишкового тепла відбувається значне підвищення температури повітря. Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може спричиняти порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом, який утримує в крові воду. Вимивання сполучень хлору з організму призводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково-кишкових захворювань. Неприятливий вплив високих температур повітря посилюється дією випромінюваного тепла. Дії теплового опромінення на органи зору спричиняє, головним чином, тепловий ефект. При інтенсивності опромінення може виникнути катаракта очей [33].

У конвертерному цеху машини та пристрої, які виробляють, перетворюють, розподіляють або споживають електроенергію, називаються електрообладнанням. Необережне поводження з електрикою може призвести до травм. Вплив струму на організм людини проявляється у вигляді ураження електричним струмом або локального пошкодження тіла людини. Ураження електричним струмом

відбувається, коли людина випадково контактує з активним проводом, що перебуває під небезпечною напругою через погану ізоляцію або погане заземлення (або його відсутність) проводу. Уражається весь організм, включаючи нервову систему, м'язи, тканини і внутрішні органи. Спазматичні реакції м'язових волокон у серці та дихальній системі виникають миттєво, часто призводячи до смерті. Локальне ураження проявляється у вигляді опіків, найчастіше на руках. Якщо ізоляція електрообладнання пошкоджена, на металевих частинах, які зазвичай не перебувають під напругою (наприклад, на корпусі, кожусі, рамі, броні кабелю), може з'явитися випадкова напруга. Дотик до металевих конструкцій під напругою може призвести до ураження електричним струмом. Напруга вище 250 В не допускається в мережах загального освітлення. У приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо там, де місцеві світильники, ремонтні світильники та ручні інструменти знаходяться під напругою, напруга не повинна перевищувати 36 В.

Згідно з [34], з точки зору вибухопожежної та пожежної небезпеки виробництво кисневих конвертерів, пов'язане з виділенням тепла, іскор і полум'я в процесі обробки негорючих матеріалів у розплавленому стані, відноситься до категорії Г, а будівлі цехів виконуються з вогнестійких будівельних конструкцій I і II ступеня вогнестійкості. Вибухи і викиди рідкого металу в конвертерних цехах можуть відбуватися при попаданні в рідкий метал вологих поглиначів кисню і легуючих матеріалів в результаті завантаження вологого металобрухту в конвертер. Також існує ризик прогорання футерування сталеплавильного обладнання.

Засоби і методи пожежогасіння включають використання вуглекислого газу, технологічної пари, хімічних і механічних повітряних бульбашок і води. До місця пожежі прокладаються пожежні рукави. Виробничі приміщення обладнані протипожежними куточками з ящиками з піском, ємностями з водою та щитами пожежної сигналізації.

3.1.2 Заходи поліпшення умов праці

На основі аналізу умов праці під час виплавки сталі в конвертерному цеху можна зробити висновок про перевищення референтних показників по шуму, вібрації та інфрачервоному випромінюванню. Вміст пилу, оксиду вуглецю та діоксиду сірки в повітрі робочої зони конвертерного цеху також перевищує допустимі концентрації. Це дозволяє віднести умови праці до класу III, ступінь 3. За цим показником робоче місце слід вважати зі шкідливими та небезпечними умовами праці. Безпека працівників забезпечується наступними організаційними та технічними заходами:

- огороження рухомих і обертових частин і механізмів обладнання;
- заземлення металевих конструкцій обладнання;
- освітлення робочого місця відповідно до норм;
- забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) та спецодягом [35].

Санітарними нормами встановлені наступні межі температури повітря в гарячих цехах: в теплий період року температура на робочому місці в цеху не повинна перевищувати на 5°C температуру зовнішнього повітря, але в той же час не має бути більша за 28°C. Робота в умовах підвищеної температури потребує додаткових витрат енергії людини, пов'язаних з боротьбою проти перегріву тіла, що призводить до втрати солі в організмі. При цьому з'являється відчуття слабкості. Знижується продуктивність праці. Негативний вплив температури на працездатність людини посилюється з підвищенням вологості повітря.

Таким чином, унаслідок інтенсивності виробничих операцій і переробки великих кількостей розплавленого металу створюються високі теплові напруги на робочих місцях, що вимагає постійного контролю за станом аерації і роботою систем механічної вентиляції. 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 [36].

Вихідні дані: обсяг споруди - 8960 м^3 ; тепловиділення - 250 ккал/год м^3 .

1. Надмірне тепловиділення в цеху:

$$Q_{\text{над}} = q \times V_{\text{прим}} \times 0,8, \text{ ккал/год}$$

де $Q_{\text{над}}$ - надмірне тепловиділення в цеху; q - питома тепловиділення, $\text{ккал/м}^3 \text{ год}$; $V_{\text{прим}}$ - обсягом приміщення, м^3 .

$$\text{Тоді } Q_{\text{над}} = 250 \times 8960 \times 0,8 = 1,8 \times 10^6 \text{ ккал/год}$$

2. Кількість повітря, яке повинно пройти крізь витяжні отвори ліхтаря

$$V_{\text{пов}} = Q_{\text{над}} / C \times \Delta t$$

де C – об'ємна теплоємність повітря, ккал/м^3 ; Δt - різниця температур у витяжного отвору і навколишнього повітря (звичайно приймається у межах від 4 до 10 град).

$$V_{\text{пов}} = 1,8 \times 10^6 / 0,31 \times 7 = 0,83 \times 10^6, \text{ м}^3/\text{год}$$

3. Площа витяжних отворів ліхтаря:

$$F = V_{\text{пов}} / m \times (2 \times g \times ((f_1 - f_2) / f_2) \times H)^{1/2} \times 3600, \text{ м}^2$$

де m - коефіцієнт враховуючий опір відтворений отворами;
 f_1, f_2 - різниця питомої ваги навколишнього і внутрішнього повітря, кг/м^3 ;
 H - відстань між осями припливних і витяжних отворів приміщення, м.

Тоді

$$P = 0,83 \times 10^6 / 0,65 \times (2 \times 9,81 \times ([1,173 - 1,15] / 1,15) \times 12)^{1/2} \times 3600 = 159,5 \text{ м}^2$$

Розподілив цю площу з обох боків витяжного отвору ліхтаря при довжині робочого майданчика в 36 м і кількості рядів ліхтар 1 отримаємо висоту витяжного отвору: $h_{\text{отв}} = P / 2 \times L \times n = 159,5 / 2 \times 36 \times 1 = 2,22 \text{ м}$

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

$$F_{\text{пр}} = 1,5 \times F = 1,5 \times 153,4 = 239,25 \text{ м}^2$$

За санітарно-гігієнічною характеристикою виробничий процес на ділянці відноситься до ІІб групи виробничих процесів згідно ДБН В.2.2-28:2010 [37].

Для даної групи передбачений наступний состав санітарно-побутових приміщень: гардеробні, душові, умивальні, пункти харчування, вбиральні, пункти питного водопостачання, пункт охорони здоров'я.

3.2 Захист навколишнього середовища

У зв'язку з меншою енергоємністю киснево-конверторного способу виробництва частка виплавки конверторної сталі безперервно збільшується. При продувці рідкого чавуну киснем у конверторі відбувається вигорання з чавуну вуглецю та інших домішок. Утворений продукт згорання (конверторний газ) містить в основному оксид вуглецю (85-90%), діоксид вуглецю (8-14%), а також невелику кількість кисню, азоту та деяких інших речовин, наприклад, сірки. За даними, кількість сірки, що виходить з газової фази за плавку, складає 7-8% від вмісту

сірки в шихті. В зоні зіткнення кисню з чавуном в конверторі розвивається висока температура (до 3000°C), при якій випаровуються оксиди заліза та інших домішок. Ці пари разом з конверторним газом охолоджуються та конденсуються, утворюючи велику кількість маленьких часток пилу. Окрім цього, конверторний газ виносить маленькі частинки руди, вапна та інших домішок, що завантажуються в конвертор у процесі плавки. На 1 т плавки в конверторі утворюється до 90 м^3 газу та до 20 кг пилу. Пил складається в основному з заліза та його оксидів (60-70%). Запиленість конверторного газу при виході з конвертора може досягати 250 мг/м^3 . Для уловлювання та відводу конверторного газу над горловиною конвертора є ковпак (кесон), з'єднаний з відповідним газопроводом. Пристрій газовідвідних трактів залежить від того, чи здійснюється допалювання оксиду вуглецю чи ні. За цією ознакою газовідводи поділяються на три групи:

1) системи з підсмоктуванням повітря через зазор між конвертором та котлом-охолоджувачем і повним допалюванням CO в останньому;

2) системи без доступу повітря в газовий тракт та без допалювання CO; 3) системи з частковим допалюванням CO у котлі-утилізаторі. Якщо допалювання CO здійснюється, то в зазорі між горловиною конвертора та газовідходом створюється за допомогою димососа розрідження, внаслідок чого газ не виділяється в довкілля, а в газовідхід підсмоктується повітря, кисень якого перетворює CO в CO_2 . В цьому випадку в газі присутній CO_2 , що забезпечує вибухобезпечність процесу його подальшої очистки та видалення.

Для очистки конверторного газу від пилу використовують скрубери Вентурі, електрофільтри та тканинні фільтри. За цими схемами конверторні гази підлягають очистці у котлі-утилізаторі, вбудованому в підйомно-опускному газоході, та у скрубери прямокутного перерізу, звідки їх потім направляють у блок з восьми встановлених на

інерційний краплеобмежувач труб Вентурі з колоподібним перерізом горловини. Остаточна очистка газу відбувається в двох паралельно розташованих відцентрових скруберах. В цьому випадку забезпечується очистка газу до кінцевого пиловмісту близько 70 мг/м^3 . Використання електрофільтрів у пристроях без допалювання оксиду вуглецю неможливе, бо ці фільтри вибухонебезпечні через виникнення спалахів при електричних пробоях.

Тканинні фільтри недостатньо газоцільні і до того ж великі, тому для очистки газів використовуються скрубери Вентурі. Мокра очистка газів від пилу без допалювання СО відбувається в апаратах, аналогічних використаним пристроям для очистки з повним допалюванням СО. Система відводу газу (рис. 3.1) складається з кесона, що переходить в камін, в який вбудовано котел-утилізатор, де газ охолоджується до $800-900^\circ\text{C}$, доохолодження його йде спочатку в горизонтальному газоході за рахунок наведення води, а потім в низьконапірних трубах Вентурі з регульованим перерізом горловини. Коагуляція малодисперсного пилу відбувається у високонапірній трубі Вентурі.

Велике значення має механізація ручних операцій. Для зниження шкідливих викидів передбачається: механізоване завантаження шихти; підвісні бункери для сипких матеріалів та феросплавів; автоматизовані системи для завантаження цих матеріалів; обладнання для механізації робіт по обслуговуванню конверторів та міксерних пристроїв; механізація прибирання шлаків під конверторами та сміття на робочих майданчиках; механізація ломки зношеного футерування основних агрегатів, прибирання відходів; механізація підготовки та ремонту набивного футерування сталерозливних ковшів; обладнання ковшів шибєрними затворами.

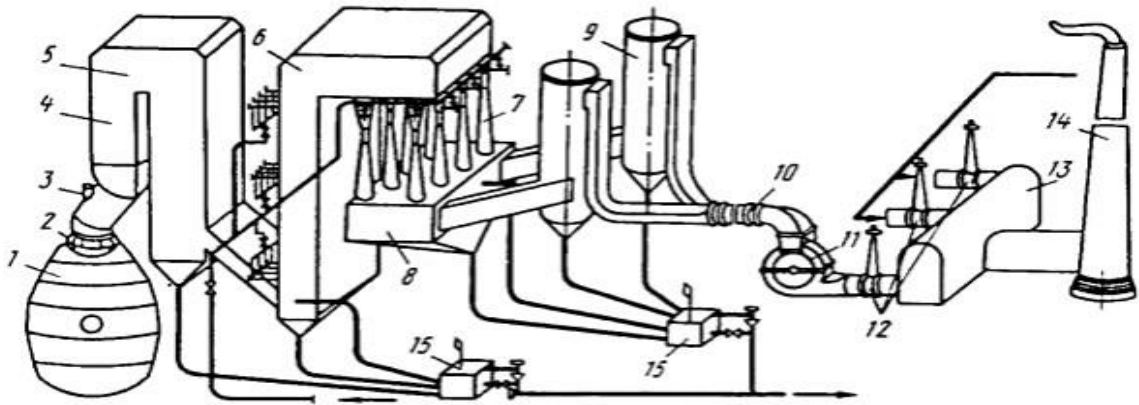


Рисунок 3.1 – Схема відвіду та очистки конвертерного газу з допалюванням оксиду вуглеця: 1 – конвертор, 2 – кесон, 3 – розріз для фурми, 4 – підйомний газохід з радіаційними поверхнями котла-утилізатора, 5 – газохід з конвективними поверхнями і економайзер, 6 – скруббер, 7 – блок ьруб Вентурі, 8 – інерційни краплеобмежувач, 9 – відцентровані скрубери, 10 – дросельний клапан, 11 – димосос, 12 – засувка, 13 – лежак, 14 – димова труба, 15 – гідрозатор

Пил, що виноситься з конвертера, складається з маленьких часток залізної руди, вапняку, шлаку, а також продуктів конденсації парів металу. Винос малих часток руди та вапняку відбувається в результаті руйнування цих матеріалів під впливом високих температур у періоди нагріву шихти та її плавлення. Винос цих часток припиняється повністю після покриття шихти шаром шлаку. У зв'язку з цим велике значення мають склад шлаку, час його наведення, температура, площа поверхні зіткнення з металом. Запиленість продуктів згоряння залежить від періоду плавки. Максимальна її величина (до 15 г/м^3) характерна для періоду продувки киснем.

При правильній експлуатації котла-утилізатора та очисної споруди запиленість газу на виході з неї звичайно буває $< 0,1 \text{ г/м}^3$. Щоб зменшити винос пилу, не слід завантажувати в піч сипучі матеріали та додавати руду в ванну на стадії кипіння. В конверторному виробництві зниженню

кількості шкідливих викидів сприяють вплив звукових коливань на робочий об'єм та рідку ванну, а також окремий підвід кисню та відвід газів.

Для зменшення шкідливих викидів при розливанні сталі під шлаком слід прагнути:

- до зниження інтенсивності фтористих виділень, що досягається зменшенням вмісту фтористих компонентів;

- підвищення основності шлаку;

- використання силікокальцію та порошків алюмомагнію замість алюмінію, марганцевої руди замість натрієвої селітри; - зниження вологості домішок;

- використання малофосфористих шлакоутворюючих брикетів.

Велике значення має перехід на випарувальне охолодження сталеплавильних агрегатів (заміна в охолоджувальних системах холодної води на киплячу), що дозволяє зменшити витрати води на охолодження більше ніж у 60 разів. Металургійні агрегати нагріті до високих температур, і в охолоджувальних системах завжди використовували холодну воду. Якщо її замінити кип'ятком, то останній, стикаючись з охолоджуваною поверхнею, перетворюється в пару, яка забирає багато тепла. Одна з основних умов, що дозволяють знизити викиди шкідливих речовин, - правильне, кваліфіковане ведення технологічних процесів у сталеплавильному виробництві. Це допоможе запобігти аварії та непередбаченим викидам шкідливих речовин [38].

В сталеплавильному виробництві стічні води утворюються в процесі очистки газів конверторів, при охолодженні та гідроочистці виливниць, пристроїв безперервного розливання сталі та обмивки котлів-утилізаторів. Стічні води містять багато твердих часток.

Склад та забруднення стічних вод залежить від схеми відводу газів і технологічного процесу. В стічній воді міститься завислих часток до 7000 мг/л. Розміри часток пилу в стічних водах: 0,1-0,04 мм – 30% (від

загальної кількості завислих часток) та 0,05-0,01 мм – до 70%. Для очистки стічних вод конверторного виробництва використовуються в основному радіальні відстійники. Для інтенсифікації їх роботи використовується реагентний метод обробки стічних вод. Використання як коагулянта поліакриламідум дозволяє підвищити гідравлічне навантаження на 1 м² відстійника до 1,4 м³/год. Після відстоювання вода повертається в систему оборотного водопостачання. При оборотному водопостачанні для освітлення стічних вод використовуються також гідроциклони. Питоме навантаження на нього досягає 6-7 м³/(год·м²). Використання як коагулянта поліакриламідум в кількості 1 мг/л підвищує гідравлічне навантаження до 12-15 м³/(год·м²).

Інтенсифікація процесу освітлення стічних вод конверторних цехів досягається шляхом використання магнітної коагуляції. В конверторному цеху існують три окремих замкнених схеми оборотного водопостачання: для газоочисних пристроїв конверторів; для зон вторинного охолодження машин неперервного лиття заготовок (МНЛЗ) та для споживачів чистої води конверторного відділення та МНЛЗ. Оборотний цикл водопостачання зон вторинного охолодження МНЛЗ включає: відстійники-флотатори, циркуляційну насосну башту, градирню та фільтри.

Окалина з відстійників-флотаторів збезднюється в магнітних сепараторах, після чого використовується на аглофабриці. Для споживачів чистої води конверторного відділення та МНЛЗ існує свій оборотний цикл; він включає в себе циркуляційну насосну станцію, градирні та фільтри [38].

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто технологію транспортування рідкого чавуну від доменного цеху до міксерного відділення конверторного цеху в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

2. На підставі масиву статистичних даних по експлуатації чавуновозних ковшів за період з серпня - листопада 20.... року проведено аналіз схеми доставки рідкого чавуну, що вказує на перепад температури понад °С.

3. Визначено потенціал по збереженню тепла за рахунок зменшення обороту чавуновозних ковшів і їх скорочення кількості на ... одиниці, тривалість одного оборота зменшиться на хвилин, температура чавуну збільшиться на°С.

4. Визначено потенціал по зменшенню випромінювання з відкритої поверхні рідкого чавуну за рахунок застосування теплоізоляційної кришки. Це підвищить температуру рідкого чавуну при транспортуванні на ... °С , дозволить збільшити витрату метало-брухту, покращить екологічну ситуацію.

5. Визначено потенціал по збереженню тепла за рахунок змінення конструкції футерування чавуновозного ковша. Це дозволить зменшити знос вогнетривів, збільшити кількість розливів, збільшити міжремонтний цикл ковшів на%, знизити швидкість охолодження в них рідкого чавуну на°С.

6. Очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованих заходів, який полягає у зменшенні витрати рідкого чавуну в кисневому процесі, підвищенню виходу придатного металу, при загальній річному виробництві сталі на рівні тис., буде складати млн. грн. При обсягах інвестицій .. млн. грн. термін окупності складе років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Кравчук Н.М., Матросова І.Д. Тенденції розвитку металургійної промисловості України: глобальна конкурентоспроможність та інноваційний аспект. Приазовський економічний вісник. 2020. № 1. С.37-47). DOI: 10.32702/2306-6792.2022.4.37
2. Sources of Iron Beyond 2015 // Steel Times.- 2005. V. 223. № 5. P. E-25-E-27, E-30.
3. Бойченко Б.М., Охотський В.Б., Харлашин П.С. Конвертерне виробництво сталі : теорія, технологія, якість сталі, конструкції агрегатів, рециркуляція матеріалів і технологія : підручник. Дніпропетровськ : РВА «Дніпро- ВАЛ», 2006. 454 с.
4. Механічне обладнання металургійних заводів. Металургійне обладнання конверторних та мартенівських цехів : підручник. / Гребенік В.М. та ін. Київ : Вища школа, 1990. 288 с.
5. Науково методичний центр. Машина і агрегати сталеплавильних цехів II частина Електронний посібник. URL: MyWeb/manual/pidruchnuku13122023/Mahunu_i_agregatu_ztaleplavelnuh_cehiv/Literatyra/Literatyra.htm
6. Дубовкіна М.Ю. Оптимізація втрат тепла через вогнетривну кладку агрегатів періодичної дії. The XI International Scientific and Practical Conference «Implementation of modern scientific opinions in practice» (Bilbao, Spain. March 20 –21) / 2023. P. 251–252.
7. Шмачков П.Л., Дубовкіна М.Ю., Капустін О.О. Вплив процесу доставки чавуну на його кінцеву температуру. Металургійна теплотехніка. Збірник наукових праць /НметАУ. Дніпропетровськ, 2000. № 3. С.166-170.
8. Капустін Є. А. Акумуляція теплоти футеруванням чавуновозного ковша / Є. А. Металургійна та гірничорудна промисловість. 2001. № 4 С. 89-91.

9. Плискановський С. Т. Обладнання та експлуатація доменних печей: підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2004. 495 с.
10. Torigoe A., Nomura O. Enviromentally Friendly MgO - C Bricks for Steel Ladle // Taikabutsu Refractories. 1998. V. 50. N 5. P. 283-287.
11. Torigoe A., Hosiyama Y., Nomura O. Application of low thermal conductivity MgO - C- bricks for Steel Ladle // Ibid. N 10. P. 549.
12. GENERAL INVESTMENT. Каталог вогнетривкої продукції.
[URL:http://catalog.gir.ua/ua/classifier?filter=4:4,18,133;5:5,54;8:7;9:8,71;10:9;11:26,27,35,45,60,68,77,127,134,135,137,139,151,377;13:44](http://catalog.gir.ua/ua/classifier?filter=4:4,18,133;5:5,54;8:7;9:8,71;10:9;11:26,27,35,45,60,68,77,127,134,135,137,139,151,377;13:44) (дата звернення: 18.12.2024).
13. Шевченко А., Маначін І., Двоскін Б. Удосконалення процесів підготовки, десульфурації, та подачі рідкого чавуну для конверторного переділу. *Всеукраїнська науково-технічна конференція «НАУКА І МЕТАЛУРГІЯ» 22-24 листопада*, м. Дніпро: НМетАУ, 22 листоп. 2022 р. Дніпро, 2022. С. 30–31.
14. СПОСІБ РАФІНУВАННЯ ЧАВУНУ У КОВШІ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ: пат. UA 99409 C2 Україна : C21 C1 IOO B22D1. № а 2011 10511 ; заявл. 30.08.2011 ; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15. 3 с.
15. Спосіб позадоменної десульфурації чавуну : пат. UA 48 378 C2 Україна. № 2001053172 ; заявл. 14.05.2001 ; опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3. 6 с.
16. СПОСІБ УТЕПЛЕННЯ ДЗЕРКАЛА РІДКОГО ЧАВУНУ В ЧАВУНОВОЗНОМУ КОВШІ: пат. UA 20547 U Україна. № U200610247 ; заявл. 26.09.2006. 8 с.
17. СУМІШ ДЛЯ УТЕПЛЕННЯ ЧАВУНУ В ЧАВУНОВОЗНИХ КОВШАХ : пат. UA 2004010175 Україна : № 2004010175 ; заявл. 15.03.2006 ; опубл. 15.03.2006, Бюл. № 5/4. 5 с.
18. Компанія «Савекс Мінералс». Теплоізолююча суміш для чавуновозних ковшів. Savex Minerals. URL: <https://savexminerals.com/contact/> (дата звернення: 12.12.2024).

19. Дороніна Ю. М., Форись З. Дослідження процесу теплообміну при транспортування чавуновозного ковша. *Молода академія*. Зб. тез доп. Всеукр. науково-техн. конф. студентів і молодих уч., м. Дніпро: НМетАУ, 20 трав. 2014 р. Дніпро, 2014. С. 250.

20. ЄМЕЛЬЯНОВА Н. Ю.; ЄМЕЛЬЯНОВ В. А. Інформаційна модель системи моніторингу процесу транспортування рідкого чавуну. *Системи обробки інформації*, 2012. № 2. С. 37-41.

21. Чмирков К., Бойченко Б., Нізяєв К. Стан і перспективи зниження витрат рідкого чавуну в конвертерному виробництві ПАТ «ДМЗ». *МЕТАЛ І ЛИТТЯ УКРАЇНИ*. 2015. № 5. С. 264.

22. Підвищення температури чавуну, що заливається у конвертер. URL: <https://iua.waykun.com/articles/pidvishhennja-temperaturi-shho-zalivaetsja-v.php> (дата звернення: 19.12.2024).

23. Мамешин В.С., Нефьодов Є.О. Дослідження впливу зміни температури чавуну в ході його транспортування на показники киснево-конвертерного процесу: International scientific conference "MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education" : conference proceedings (November 29–30, 2023. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2023. Vol. 1. p.81-84 DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-24>.

24. Williams Charles H. *Iron and Steel Engines*, 1977. № 6. P. 54-56.

25. Літнарівич Р.М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу: навч. посіб. Рівне : МЕРУ, 2011. 140 с.

26. Інвентум. Вогнетривка плита. URL: <https://inventum.com.ua/kontaktu.html> (дата звернення: 21.11.2024).

27. ТОВ "Інж. центр "Економі". Безасбестові теплоізолюючі матеріали. URL: <https://gasket.kiev.ua/ua/g6875390-bezasbestovye-uplotnitelnye-materialy>

28. Рум'янцев В.Д. Теорія тепло- та масообміну: навч.посіб. Днепропетровськ, 2006. 532 с.
29. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К.: Мінздрав, 1999.
30. Гігієна праці та виробнича санітарія : навч. посіб. / Трахтенберг А.М. та ін. Київ: К, 1997. 462 с.
31. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : навч. посіб. Львів : Афіша, 2002. 320 с.
32. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. К.: Держстандарт, 1999.
33. Геврик Є.О. Охорона праці : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.
34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. К.: Мінрегіон України, 2016.
35. НПАОП 0.00-3.17-12 Норми безоплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам окремих виробництв. Затв. в Мін.Юсті: 23.11.2012, №1968/22280. ФОРТ, 2014. 40 с.
36. Торговников Б.М., Табачник В.Е., Єфанов Е.М. Проектування промислової вентиляції: довідник. Киев : Вища школа, 1983. 351с.
37. ДБНВ.2.2-28:2010 "Будинки і споруди. Будинки адміністратив-ного та побутового призначення". К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
38. Техноекологія: навч. посіб. для бакалаврів напряму "Металургія" та "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування" \ уклад.: С.А. Воденніков та ін. Запоріжжя, 2010. 229 с.