

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Металургія
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

другий (магістерський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення еківиентності процесу плавлення за рахунок оптимізації теплової ефективності 500 т/год шортенівської сталі.

Виконав: студент 2 курсу,
групи В.1369-ага-д
спеціальності

136 «Металургія»
(код і назва спеціальності)

освітньої програми

Металургія чорних металів
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Е.О. Турченко
(ініціали та прізвище)

Керівник

доц. канд. металург. наук, канд. техн. наук О.С. Воронин
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент

доц. каф. металург. канд. техн. наук І.М. Валер
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020__

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра металургії
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
Спеціальність 136 "Металургія"
(КОД ТА НАЗВА)
Освітня програма Металургія іржавих металів
(КОД ТА НАЗВА)
Спеціалізація _____
(КОД ТА НАЗВА)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри [Підпис]
« _____ » 20 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Зурканко Євгеніє Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проекту) Нідризаційне якісне покращення
плавки до режимок оптимальної теплової ефективності 500 т/к
керівник роботи д.т.н. доц. Ващенко Олександр Серійович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «25» травня 2020 року № 596-С
- Строк подання студентом роботи 05.12.2020
- Вихідні дані до роботи Науково-технічна література,
статті, графові видання, матеріали конференцій,
патенти, ГОСТи та ДСТУ.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Скорочене та чистіше покращення. Аналіз
існуючої технології. Вплив сталі в мареніаційному процесі.
Розрахунок впливу ефективного покращення для
ліній металургійного процесу. Розрахунок впливу
на енергетичні характеристики металургійного процесу
металургійного процесу. Загальні висновки. Перелік
джерел посилання, додатки.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Технічний лист - 1. Мета роботи. Завдання роботи
Система опалювання в 50 т/к та 100 т/к
металургійного процесу в умовах ПЛТ, ММІ та Іржаві. Вплив
на енергетичні характеристики металургійного процесу
металургійного процесу. Загальні висновки. Перелік
джерел посилання, додатки.

Завданням студента є проектування лінійного і виду спереду тієї
 вимовної (в) та зареєстрованої в процесі формування. Проектуючи
 корпус (в) - і вивести з урахуванням певних на вимовній
 частоті вимовної частоти і періодичності формування - німа без системи
 створення лінійного вигляду ліній. Проектування конструкції
 лінійного вигляду ліній і. Вплив формування певних на вимовній
 частоті вимовної частоти (в) та зареєстрованої в процесі формування - німа без системи.
 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Аналіз сучасних технічних вимовних стилів в мартенівському процесі	доц. О.С. Воденникова	О.Вод 09.10.2020	О.Вод 09.10.2020
2. Дослідження вимовної техніки вимовних стилів мартенівського процесу	доц. О.С. Воденникова	О.Вод 09.10.2020	О.Вод 09.10.2020
3. Дослідження вимовних стилів мартенівського процесу та вимовних стилів мартенівського процесу	доц. О.С. Воденникова	О.Вод 09.10.2020	О.Вод 09.10.2020

7 Дата видачі завдання 09.10.2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Сформулювати умовні позначки. Вступ	09.10.2020 12.10.2020	
2.	Аналіз сучасних технічних вимовних стилів в мартенівському процесі	03.10.2020 16.10.2020	
3.	Дослідження вимовної техніки вимовних стилів мартенівського процесу	17.10.2020 23.10.2020	
4.	Дослідження вимовних стилів мартенівського процесу та вимовних стилів мартенівського процесу	24.10.2020 01.11.2020	
5.	Заключні висновки. Перше друковане посилання	01.11.2020 26.11.2020	
6.	Додатки	30.11.2020	

Студент О.Вод (підпис) О.О. Горбенко (ініціали та прізвище)
 Керівник роботи (проекту) О.Вод (підпис) О.С. Воденникова (ініціали та прізвище)
 Нормоконтроль пройдено
 Нормоконтролер О.Вод (підпис) І.М. Валер (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Юрченко Є.О. Підвищення якісних показників плавки за рахунок оптимізації теплових ефектів на 500 тон мартенівської сталі.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 136 – Metallurgy, науковий керівник О.С. Воденнікова. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра металургії, 2020.

Проаналізовано основні сучасні технологічні особливості виплавки мартенівської сталі. Розглянуто удосконалення конструкції газомазутного пальника в мартенівській печі. Проаналізовано струменеві-нішеву технологію спалювання палива в мартенівських печах та приведено основні технологічні принципи, які забезпечують інтенсивне стійке горіння з коротким факелом при коливанні тиску газу.

Ключові слова: ГАЗОМАЗУТНИЙ ПАЛЬНИК, ПРИРОДНИЙ ГАЗ, МАРТЕНІВСЬКА ПІЧ, МАЗУТ, СТРУМЕНЕВО-НІШЕВА СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ.

ABSTRACT

Yurchenko Є.А. Improving the quality of smelting by optimizing the thermal effects of 500 tons of open-hearth steel.

Qualification of the robot on the way to the level of the master's education for specialty 136 – Metallurgy, science kerivnik O.S. Vodennikova. Zaporizhzhya National University. Institute of Science and Technology, Department of Metallurgy, 2020.

The main modern technological features of open-hearth steel smelting are analyzed. Improvements in the design of an open-hearth burner gas oil burner are considered. The jet-niche technology of fuel combustion in open-hearth furnaces is analyzed and the basic technological principles which provide intensive steady combustion with a short torch at fluctuations of gas pressure are resulted.

Key words: GAS-OIL BURNER, NATURAL GAS, OPEN-HEARTH FURNACE, FUEL OIL, JET-NICHE HEATING SYSTEM.

АННОТАЦИЯ

Юрченко Е.А. Повышение качественных показателей плавки за счёт оптимизации тепловых эффектов на 500 тонн мартеновской стали.

Квалификационная работа на соискание степени высшего образования магистра по специальности 136 – Metallургия, научный руководитель О.С. Воденникова. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра металлургии, 2020.

Проанализированы основные современные технологические особенности выплавки мартеновской стали. Рассмотрено усовершенствование конструкции газомазутной горелки мартеновской печи. Проанализирована струйно-нишевая технология сжигания топлива в мартеновских печах и приведены основные технологические принципы, обеспечивающие интенсивное устойчивое горение с коротким факелом при колебании давления газа.

Ключевые слова: ГАЗОМАЗУТНАЯ ГОРЛКА, ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, МАРТЕНОВСКАЯ ПЕЧЬ, МАЗУТ, СТРУЙНО - НИШЕВАЯ СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В МАРТЕНІВСЬКИХ ПЕЧАХ.....	11
1.1 Огляд технологій виплавки мартенівської сталі.....	11
1.2 Дослідження вимог до факелу при опаленні мартенівської печі.....	22
1.3 Дослідження теплотехнічних процесів теплової роботи в мартенівських печах.....	23
1.4 Інтенсифікація спалювання палива в мартенівській печі.....	24
1.5 Теплова робота мартенівської печі.....	26
1.6 Висновки.....	29
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ПАЛЬНИКА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ MARTENIVSЬКИХ ПЕЧЕЙ.....	30
2.1 Удосконалення конструкції газомазутного пальника.....	30
2.2 Висновки.....	44
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕМІСІЙНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛЬНИКІВ СНТ В MARTENIVSЬКИХ ПЕЧАХ	45
3.1 Опис струменево – нішевої технології спалювання палива в мартенівських печах.....	45
3.2 Дослідження CO і NO _x при результаті спалювання палива в мартенівській печі.....	46
3.3 Висновки.....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	50
ДОДАТКИ.....	53
ДАДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ МАГІСТРА.....	53

УМОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА СКОРОЧЕННЯ

ГМП – газомазутний пальник;

МП – мартенівська піч;

ПГ – природний газ;

ПАТ – приватне акціонерне товариство;

T – температура;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ГП – газомазутна піч;

СНС – струменево – нішева система.

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогодні актуальним є впровадження сучасних енергоефективних технологій, які б задовольняли вимогам емісії шкідливих викидів, та для підвищення і збільшення обсягів мартенівського виробництва є економія палива за рахунок застосування ресурсозберігаючих технологій, які могли забезпечувати зниження мінімальних втрат тиску і незалежне регулювання витрат природного газу, та природний газ має найпривабливіші характеристики і в найближчий час його швидка заміна на альтернативні палива в хімічній, важкій промисловості та енергетиці неможлива.

Однією з найбільш ефективних технологій, яка дозволяє надійно та ефективно працювати в широкому діапазоні робочих навантажень є струменево – нішева технологія [1].

Вона забезпечує можливості щодо впровадження технологічних засобів придушення емісії окису азоту – рециркуляція продуктів згоряння на пальники, а також зволоження повітря – при спалюванні природного газу.

У мартенівському виробництві є ще один із шляхів пошуку більш економічно є використання конструкції високоефективного пальника для опалення мартенівських печей [2].

Дослідження полягає в застосуванні сучасного засобу опалення мартенівських печей пальника для подачі і регулювання витрати природного газу та інших енергоносіїв, які будуть забезпечувати мінімальні втрати тиску і незалежне регулювання витрат природного газу за обома сходами розпилування ГМП.

Це дозволить поліпшити та розширити можливості регулювання параметрів факела і більш повно використовувати потенційну енергію тиску природного газу для поліпшення кінетичних характеристик факела в умовах постійної зміни його витрати на піч, тому що теплова робота мартенівських печей включає сукупність всіх теплових процесів, що відбуваються в печі під

час плавки та зменшити шкідливих викидів [3].

Мета і завдання роботи. Мета роботи – проаналізувати сучасні системи опалення мартенівських печей з метою енергозбереження та поліпшення екологічного стану навколишнього середовища.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні теоретичні та практичні завдання:

1. Проаналізувати основні сучасні технологічні особливості виплавки мартенівської сталі.

2. Розглянути удосконалення конструкції газомазутного пальника в мартенівській печі.

3. Проаналізувати струменево – нішеву технологію спалювання палива в мартенівських печах.

4. Розглянути основні технологічні принципи, які забезпечують інтенсивне стійке горіння з коротким факелом при коливанні тиску газу.

Об'єкт дослідження: конструкція газомазутного пальника для мартенівської печі, струменеві – нішева система спалювання палива в мартенівських печах.

Предмет дослідження: процес регулювання тиску природного газу в мартенівській печі.

Методи дослідження: Обробка та узагальнення отриманих результатів проводилася за допомогою електронної обчислювальної машини.

Наукова новизна одержаних результатів: Приведений огляд сучасних систем опалення мартенівської печі доцільний при визначенні режиму опалення для мартенівських печей.

Практичне значення одержаних результатів: На основі практичних результатів випробувань струменеві – нішевої системи опалення мартенівських печей сформульовано рекомендації для впровадження пальників СНТ в промислових умовах.

Особистий внесок дослідника. Основні результати, наведені в кваліфікаційній роботі магістра, отримані автором особисто. Ним виконано

постановку завдань дослідження, обрано методику експериментальних досліджень, проаналізовано та узагальнено результати досліджень, сформульовано загальні висновки.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором проаналізовано теплову роботу мартенівської печі.

Апробація результатів роботи. Основні висновки та результати кваліфікаційної роботи магістра доповідалися та обговорювалися на:

– XXV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 24–27 листопада 2020 р.). ІННІ ЗНУ;

– наукових семінарах кафедри металургії Інженерного навчально-наукового інституту Запорізького національного університету (Запоріжжя, 2020 р.).

Публікації. Основні результати роботи знайшли відображення у 1 тезі доповіді на конференції.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 3 розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання та додатку. Загальний обсяг роботи становить 57 сторінок, 11 рисунків, 24 джерела посилання.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Юрченко Є.О., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Теплова робота мартенівської печі. Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 24-27 грудня 2020 р.). ІННІ ЗНУ. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2020. С. 18–19.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В МАРТЕНІВСЬКИХ ПЕЧАХ

1.1 Огляд технологій виплавки мартенівської сталі

Мартенівська виплавка сталі на 500 тонн виконується шістьма етапами та починається з: заправки печі; завалки шихтового матеріалу; плавки шихтового матеріалу; кипіння ванни та доведення плавки; розкислення і легування, та завершується останній етап випуском і зливання сталі [4].

Перед періодами і заправкою мартенівської печі ємністю на 500 тонн, за 15-20 хв. її оглядають, та помічені дефекти ліквідують перед процесом плавки і через спеціальні вікно мартенівської печі, за допомогою спеціальних завалювальних машин завалюють тверду шихту, а саме: сталевий скрап, залізну руду, а також твердий чавун або заливають рідкий чавун [5].

При досягненні за даної температури 1450-1500 °С в залежності від складу шихти настає момент розплавлення шихти, потім метал поступово нагрівають до необхідної температури, а сталевар проводить технологічні операції, домагаючись отримання сталі потрібного складу, після чого обробляє сталевий, випускний отвір і випускає плавку.

Після всіх періодів виплавки сталі в мартенівську піч застосовують паливо, яке є головним джерелом енергії. За допомогою тепла факела йде процес нагріву кладка мартенівської печі, та шихтового матеріалу і складається приблизно в 85 – 90% і чим більше температура факела тим краще буде ступінь чорноти полум'я, і буде інтенсивнішим.

Підвищення температури факела досягає поліпшенню ступеню нагріву повітря і газу в регенераторах і забезпечує збагаченням повітря киснем та підвищує ступінь чорноти факела – карбюрація полум'я.

Двохатомні газитипу O_2 , N_2 , H_2 практично промені прозорі для хвиль всіх довжин, трьохатомні гази типу CO_2 , H_2O , SO_2 володіють деяким процесом випромінювання, проте ступінь чорноти полум'я – гарячого

чистого газу становить всього 0,1-0,2, щоб підвищити ступінь чорноти полум'я, необхідно забезпечити в ньому вміст твердих частинок і в першу чергу вуглецевих.

Вуглецеві частки можуть з'явитися під час згорання в полум'ї та в результаті розкладання вуглеводнів, а також при добавці додають в піч газ, рідке або тверде паливо, багатого вуглецем і складними вуглеводнями такий, як мазут.

Ступінь чорноти полум'я не повинна бути нижче 0,5 та повинна складати – від 0,55 до 0,75 та низька температура шихтового матеріалу спостерігається під час завалювання і на початку періоду процесу плавлення шихти, та ступінь чорноти холодної твердої шихти становить від 0,92 до 0,95), та в період завалювання йде подача максимальне тепло від факела до шихти.

Щоб уникнути нагріву і оплавлення вогнетривів необхідно зменшити подачу палива, та подача палива по ходу плавки буде змінюватись та максимальна величина витрати палива досягає під час завалювання на початку періоду плавки і під час плавлення подається кількість тепла, яке називають максимальним навантаженням, та під час прогріву шихтового матеріалу, та подачу палива зменшують. В мартенівських печах КІТ становить від 0,50 до 0,55.

Процес виготовлення сталі в мартенівській печі полягає у переробленні завантажених в неї матеріалів, що містять залізо:

- чавун;
- металобрухт;
- залізна руда.

Процес яких протікає при високій температурі плавлення складається. фізико-хімічних взаємодій між металом і шлаком утворюється при завантаженні в піч флюсів та газовою атмосферою печі.

За складом і співвідношенням основних матеріалів, що застосовуються для виготовлення сталі, розрізняють:

- скрап-процес (карбюраторний), в якому шихта складається з металобрухту та використовують: брухт, графіт, електродів, порошкоподібне вугілля;
- скрап-процес, у якому використовують 60–75 % металобрухту та 25–40 % чавуну в твердому стані;
- скрап-рудний процес – 25–55 % металобрухту,
- сучасний скрап-рудний процес – 25–55 % металобрухту, 45–75 % чавуну в рідкому стані та продувка ванни рідкого металу газоподібним технічним киснем інтенсивністю 5–8 м³/(т·год);
- рудний процес – тільки рідкий чавун (майже 100 %) та залізна руда для окислення домішок.

Для опалення мартенівських печей застосовують такі палива:

- а) за фізичним станом: рідке (мазут, смола); газоподібне: доменний, коксовий та природний газ; тверде паливо (кам'яновугільний пил);
- б) за тепловим процесом горіння застосовується: низькокалорійне паливо: доменний газ становить 3,78 – 4,2 МДж/м³, висококалорійне паливо (мазут становить 39,9 – 42 МДж/кг); коксовий газ 16,8-18,0 МДж/м³; природний газ 33,6-35,2 МДж/м³ [6].

Для успішного процесу проведення мартенівської плавки недостатньо подати тільки в піч необхідну певну кількість тепла, але, ще необхідно, щоб температура факела при згоранні палива буда досить високою.

Температура поверхні шлаку і в кінці мартенівської плавки становить приблизно 1650 °С. Але, щоб тепло полум'я досить було інтенсивнішим до металу, то температура факела необхідна бути не нижче 1750 °С.

Калориметрична температура горіння палива в мартенівських печах повинна бути не нижче 2400 °С. При цьому необхідно зазначити, та мати на увазі, що для забезпечення повного згорання повітря для спалювання палива подають з деяким надлишком рівня за звичай становить 10-20%

Калориметрична температура горіння доменного газу низька (2250 °С), температура факела нагрітого доменного газу в гарячому повітрі нижче 1600

°C.

Щоб нагріти ванну до потрібної температури при опаленні мартенівської печі неможливо тільки одним доменним газом.

Зазвичай доменний газ застосовують як паливо в мартенівській печі тільки в суміші з іншими, більш калорійними видами палива є: коксовий газ, мазут та природний газ.

Найбільш поширені в якості палива для мартенівських печей природний газ, мазут і змішаний газ (суміш коксового і доменного газів). Змішаний газ, що застосовується в якості палива для мартенівських печей, містить: 16-20% CO, 7-9% CO₂, 20-30% H₂, 8-12% CH₄, 30-40% N₂; склад газу і його теплота згоряння змінюються в залежності від спів відношення часток, що входять до складу суміші доменного та коксового газів.

Для поліпшення якості факела до змішаного газу зазвичай додають невелику кількість карбюратора: мазуту або смоли.

Калориметрична температура горіння нагрітого змішаного газу в нагрітому повітрі становить близько 2600 °C , що забезпечує отримання високотемпературного факела.

Змішаним газом опалюють печі заводів, що мають в своєму складі доменний і коксохімічний цехи у тих випадках, коли доменного і коксового газів для опалення для всіх мартенівських і інших печей заводу не вистачає та використовують природний газ і мазут.

Мазут є першокласним паливом для мартенівських печей, він дає якісний при горінні та високотемпературний факел (калориметрична температура горіння мазуту 2650 °C).

Зазвичай мазут містить 83-85% C та 10-11% H₂, решта - волога, зола і сірка та вміст сірки в мартенівський мазут коливається в межах 0,5-0,7%.

В основу першого з групи винаходів поставлена задача удосконалення способу виплавки сталі в мартенівській печі шляхом безпосереднього впливу високотемпературними плазмовими струменями на тверду і рідку фази металу в умовах відновної атмосфери, забезпечити можливість зміни умов

газоутворення в ванні в залежності від зміни умов, активізувати процес теплообміну між робочим простором печі і ванною, підвищити світність факела і в результаті цього скоротити тривалість плавки, знизити матеріальні та енергетичні витрати і отримувати продукт, рівноцінний за якістю первинного металу.

В основу другого з групи винаходів поставлена задача удосконалення мартенівської печі шляхом додаткової установки плазмотронів в задній стінці печі симетрично щодо поперечної осі робочого простору печі під кутом до поверхні ванни, вихідні сопла яких розміщені на кордоні розділу металу і шлаку, і тим самим забезпечити теплообмін плазмового струменя з шихтовим матеріалом і за рахунок цього скоротити тривалість плавки, підвищити продуктивність печі, знизити питомі витрати палива.

Перша поставлена задача вирішується тим, що в способі виплавки сталі в мартенівській печі, що включає періоди завалювання металеві шихти в ванну печі, прогріву, заливки рідкого чавуну і продування ванни киснем, плавлення, доведення плавки коригуванням складу металу, згідно винаходу в усі періоди виплавки, по різні боку від поперечної осі печі, створюють відновлювальні зони перегріву шляхом подачі природного газу і повітря через плазмотрони на кордон розрахункового рівня розділу розплаву металу і шлаку, при цьому в процесі періоду завалювання в плазмотрони подають природний газ і повітря з об'ємним співвідношенням кисню до природного газу $\alpha = 0,2-0,35$, а після заливки в ванну не менше половини чавуну збільшують об'ємне співвідношення кисню і природного газу в межах $\alpha = 0,35-0,5$ і впливають плазмовим струменем до повного розплавлення металу, після чого коректують склад металу і при вмісті вуглецю в розплаві менше необхідного для отримання заданої марки сталі [7].

Одночасне введення в робочий простір печі плазмових струменів, значення температур яких знаходиться в межах $3500-4500$ ° С, забезпечує більш високу температуру робочого простору печі, створюючи при цьому відновну середу. При «м'якому» плазмовому окисненні, коли продування

рідкого металу здійснюється не чистим киснем, а в суміші з відновниками, процес окислення проходить більш спокійно і метал виходить кращої якості (менше неметалічних включень).

Залежно від періодів плавки в мартенівській печі коректують об'ємне співвідношення кисню і природного газу, параметри яких визначені експериментально. У запропонованих умовах зростає значимість забезпечення гнучкого регулювання по ходу плавки в оптимальних, визначених умовами винаходу межах. Розвиток процесів у ванні розплаву визначається також кількістю стікали плазових струменів, зі збільшенням яких умови теплообмінних процесів поліпшуються [8].

За рахунок форсування періодів плавлення і доведення досягається скорочення тривалості плавки, при цьому вдосконалюються якісні показники продукту, необхідні при виплавці вітчизняних марок сталі.

Друга поставлена задача вирішується тим, що мартенівська піч, яка містить робочий простір печі, обмежене зверху склепінням, знизу подом, передньою стінкою з завалочними вікнами, задньою стінкою, розташовані з обох торців робочого простору головки відходять вниз вертикальними каналами, кисневі фурми, встановлені в склепінні печі, відповідно до винаходу забезпечена плазмотронами, встановленими в нижній частині робочого простору печі, на схилі задньої стінки, під кутом $20 - 40^\circ$ до поверхні розплаву ванни, симетрично щодо поперечної осі робочого простору, при цьому вершини кутів симетрично розташованих плазмотронові зорієнтовані в сторону поперечної осі робочого простору печі, вихідні сопла плазмотронів розміщені в зоні розрахункового рівня кордону розділу металу і шлаку, а проекції осей плазмотронів в плані до поздовжньої осі печі складають кут $20 - 80^\circ$.

Розміщення в робочому просторі печі симетрично встановлених щодо поперечної осі печі груп плазмотронові формує рівномірнооб'ємну високотемпературну струмінь для спрямованого радіаційного теплообміну в робочому просторі печі, розташування їх на схилі задньої стінки забезпечує

перемішування розплаву струменями плазмових факелів, а їх взаємне розташування підвищує ефективність випромінювальної здатності плазми.

Кінецьплавлення і початок доведення металу до заданого складу та температури визначається створенням рідко рухомого добре сформованого шлаку і початком чистого кипіння, коли рідка ванна енергійно кипить у разі окислення вуглецю і виділення з розплаву бульбашок CO.

У процесі кипіння відбувається перемішування металу, що сприяє вирівнюванню його складу й температури по глибині ванни, а також видалення зі сталі шкідливих газів [H], [N] та неметалевих. включень.

Мартенівська піч по влаштуванню і принципу роботи є полум'яної відбивної регенеративної піччю. У плавильному просторі спалюється газоподібне паливо або мазут [9].

Висока температура для отримання сталі в розплавленому стані забезпечується регенерацією тепла пічних газів.

Сучасна мартенівська піч представляє собою витягнуту в горизонтальному напрямку камеру, складену з вогнетривкої цегли (рис 1.1).

Робоча плавильний простір обмежена знизу подиної, зверху склепінням, а з боків передньої і задньої стінками. Подиної має форму ванни з укосами у напрямку до стінок печі. У передній стінці є завантажувальні вікна для подачі шихти і флюсу, а в задній - отвір для випуску готової сталі.

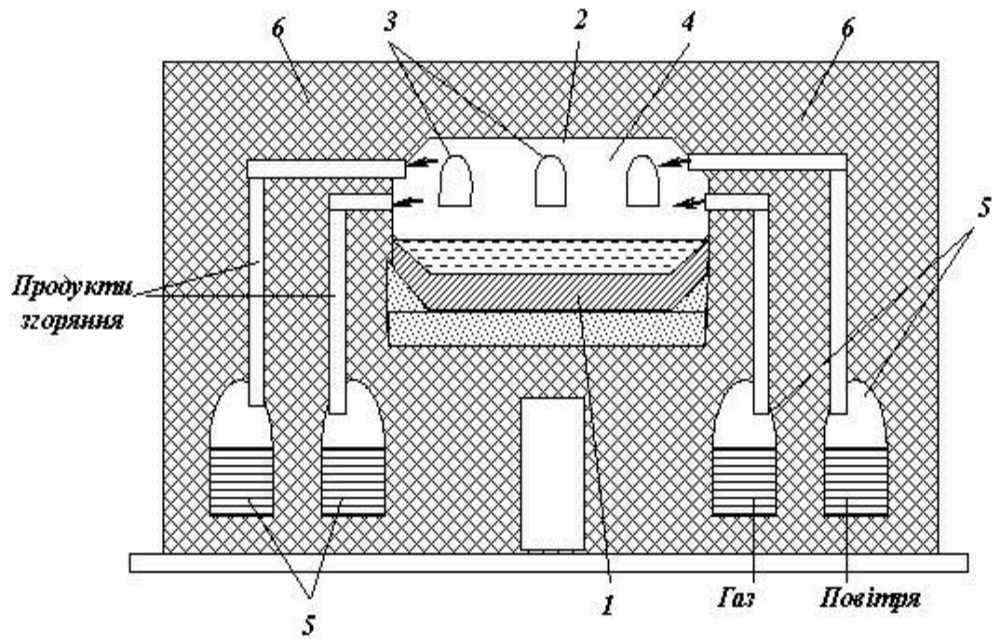
Для підігріву повітря і газу при роботі на низькокалорійному газі піч має два регенератора.

Регенератор – камера, в якій розміщена насадка – вогнетривку цеглу, викладений в клітку, призначений для нагріву повітря і газів.

В конструкції печі виділяють дві основні частини: верхню будову печі, що складається з робочого простору і головок, розташованих на двох його кінцях і службовців поперемінно для подачі газоподібного палива і повітря, попередньо підігрітого в регенераторі, і для відводу продуктів горіння.

Нижня будову печі, що складається з шлаковиків для збирання пилу і шлаків, що буря димовими газами, і регенераторів, що акумулюють теплоту

продуктів горіння, з подальшою її віддачею повітря.



1 – под; 2 – склепіння; 3 –завантажувальні вікна; 4 – робочий простір; 5 – регенератори; 6 – головки

Рисунок 1.1– Схема мартенівської печі

Ванна, де йде плавка, викладена вогнетривкою цеглою. Над ванною - сферичний звід. Продукти горіння палива, а разом з ними і тепло відбиваються від склепіння і направляються в ванну, де і розплавляють метал. Така конструкція забезпечує рівномірний розподіл тепла по всій площі ванни[10].

Хитні мартенівські печі зазвичай застосовуються для переробки фосфористих чавунів, так як при цьому потрібно кілька разів «викачувати» багатий фосфором шлак, що легше здійснювати на хитних печах. Вони можуть опалюватися рідким (мазутом) або газоподібним (природний, змішаний, генераторний газ) паливом.

Змішаний газ (коковий і доменний) і генераторний газ, що володіють недостатньою теплотою згоряння, перед надходженням в робочий простір підігріваються в регенераторах приблизно до 1150 °С.

Природний газ і мазут використовуються без підігріву.

Кисень, службовець для інтенсифікації горіння палива, вводиться через фурми, поміщені в голівках печі, а подається для продувки ванни - через фурми, що опускаються в отвори в склепінні.

Деяка кількість палива може надходити разом з киснем в робочий простір печі за допомогою паливо-кисневих пальників, також опускаються через зведення.

Печі, опалювальні низькокалорійними видами газоподібного палива, мають дві пари шлаковиків і дві пари регенераторів для підігріву газу та підігріву повітря, що розташовуються попарно відповідно під кожною головкою печі; опалювальні мазутом або природним газом мають під кожною головкою по одному шлаковиках і одному регенератор - тільки для підігріву повітря.

Незважаючи на наявність регенераторів, гази перед димарем мають температуру 400-800 °С.

Для утилізації цього тепла за піччю встановлюють котли-утилізатори. Печі обладнані контрольно-вимірювальною апаратурою, що дозволяє не тільки контролювати їх роботу, а й автоматично підтримувати заданий тепловий режим в різні періоди плавки.

Період кипіння призначений для доведення складу металу (головним чином за змістом вуглецю) до необхідного і нагрівання металу до температур, що забезпечують подальшу розливання.

Головною реакцією цього періоду є реакція окислення вуглецю. Окис вуглецю у вигляді газових бульбашок спливає через товщу металу, проходить шлак і видаляється в атмосферу печі.

Процес виділення бульбашок вуглецю створює враження кипіння.

Цей процес дозволяє переміщати всю товщу металу, призводить до вирівнювання хімічного складу металу, а також прискорює процес нагрівання металу по всій висоті ванни і очищає метал від знаходяться в ньому газів і неметалевих включень. В цей же період відбувається реакція видалення сірки з металу.



Рисунок 1.2 – Процес виплавки мартенівської сталі

Кисень для окислення вуглецю може потрапляти в метал трьома способами:

- зазвичай найповільніший - дифузією з атмосфери печі через шар шлаку;
- присадкою в ванну залізної руди, бажано у вигляді шматків агломерату або у вигляді окатишів;
- найінтенсивніший - продувкою металу через водоохолоджувачі та кисневі або повітряні фурми, зазвичай розташовуються в зведенні печі.

Особливості технології мартенівської плавки:

1. Окислювальний характер газової фази печі проходить через робочий простір мартенівської печі над ванною проходить величезна кількість газу. Якщо врахувати, наприклад, що на 1 т сталі, що виплавляється в 500 тон мартенівській печі, витрачається ~ 4200 МДж, то при опаленні печі сумішшю кокосового і доменного газів з теплою згорання $8,4$ МДж/м³ потрібно на плавку газу $4200/8,4 = 250000$ м³, а 1 м³ газу при $\alpha = 1,15-1,20$ витрачається ~ 2 м³ повітря і утворюється ~ 3 м³ продуктів згорання [11].

Отже, по мартенівську плавку через робочий простір печі пройде

$250000 \times 3 = 750000 \text{ м}^3$ продуктів згорання. Тривалість плавки в 500 – т печі становить 7 – 10 год., тобто з робочого простору печі вилітає за 1 годину $75000 - 100000 \text{ м}^3$ продуктів згорання (розрахунок ведуть на обсяг газів в холодному стані).

Якщо врахувати розширення газів при нагріванні (до $1700 \text{ }^\circ \text{C}$ приблизно в сім разів), то можна уявити, з якою швидкістю пічні газы проносяться над ванною. Газы мають в своєму складі містять вуглець і водневі з'єднання (CO , різні вуглеводні, зажаті частинки вуглецю, деяка кількість CO_2 , а також і O_2 , так як повітря для горіння подають з надлишком). При горіння вуглець і водневих з'єднань утворюються CO_2 і H_2O . Отже, продукти згорання будь-якого палива містять кисень, окисні газы CO_2 і H_2O і деяку кількість азоту N_2 .

Таким чином, характер атмосфери печі в усі періоди мартенівської плавки окислювальний, і парціальної тиск кисню в атмосфері майже завжди велике. За плавку ванна поглинає 1-3% кисню від маси металу. Цей кисень витрачається в основному на окислення домішок, частина його витрачається на окислення заліза.

2. Тепло до ванни надходить зверху, тому температура шлаку вище, ніж металу, і по глибині ванни має місце відмінність температур металу. Товщина шлаку в мартенівських печах коливається в межах від 50 до 500 мм, глибина ванни металу - від 500 до 1500 мм (в залежності від місткості конструкції печі). Вирівнювання температури по глибині ванни сприяють бульбашки CO , що виділяються в результаті окислення вуглецю, і, як наслідок, кипіння ванни та незважаючи на кипіння ванни, деякий перепад температур по глибині ванни зберігається, особливо між шлаком і металом. На початку кипіння цей перепад становить $70-100 \text{ }^\circ \text{C}$, а в кінці $20-50 \text{ }^\circ \text{C}$. По довжині печі температура металу також неоднакова. Під факелом температура металу трохи вища, ніж в відповідній головки.

3. Участь пода печі в протікають процеси. На відміну від плавки в конвертерах, яка триває всього 15-30 хв., плавка в мартенівської печі триває

кілька годин, тому вплив взаємодії металу з подини виявляється дуже відчутним. Детально це питання буде розглянуто нижче.

4. Четверта особливість технології мартенівської плавки полягає в тому, що рідкий метал весь час знаходиться під шаром шлаку (шлак приблизно вдвічі легше металу). Практично всі вводиться в піч добавки потрапляють в шлак або проходять в сталь через шлак. Кисень з атмосфери печі в метал переходить також через шлак. Якщо врахувати, що тепло від факела до металу також передається через шлак, то стає зрозумілою величезна роль шлаку в мартенівському процесі. По суті керівництво ходом плавки полягає в тому, що змінюють склад, температуру і консистенцію шлаку і таким чином домагаються отримання металу потрібного складу і якості [12].

1.2 Дослідження вимог до факелу при опаленні мартенівської печі

Перед тим як перейти до розгляду цих вимог і закономірностей факельних процесів, домовимося, як оцінювати розміри факела та у факелі можна виділити аеродинамічні контури горіння.

Аеродинамічні контури-це геометричне місце точок, де швидкість струменя наближається до нуля, та можна дослідити за допомогою пневматичних трубок, або при використанні різних методів візуального дослідження потоку.

Контури горіння визначають за величиною хімічної не до відпуску палива, при цьому продовольча координата, відповідна довжині контуру горіння, являє собою довжину факела (l_f).

У мартенівських печах на розпеченої кладки неможливо чітко побачити контур всього факела, контур факела доменного і холодного коксового газу в розігрітій мартенівській печі не видно взагалі. У цих умовах судити про довжину факела можна лише на підставі газового аналізу.

Однак характер кривих вигорання в хвості факела затяжку. З цього

впливає, що практично встановити точну величину довжини факела ($q_1 = 0$) досить важко.

До мазутного факела мартенівської печей пред'являють досить своєрідні і специфічні вимоги, що визначають оптимальні форми його організації.

Довжина факела. Як правило, в мартенівській печі потрібен короткий факел. У період завалювання його частина повинна закінчуватися приблизно на середині робочого простору печі, а в період доведення бажано подовжувати факел, щоб він займав $3/4$ довжини ванни. Але завжди необхідно, щоб в останньому по ходу факела завалочному вікні було чисто і не було ніяких ознак догорання палива.

Форма факела. В мартенівських печах форма факела має першорядне значення. Необхідно, щоб він був настільним - покривав ванну, не торкаючись передньої і задньої стінок, і був максимально віддалений від головного склепіння, тобто за візуальними спостереженнями він повинен бути тонким і без протуберанців. Такий факел зазвичай називають настільним і жорстким.

Ось чому для опалення мартенівських печей необхідні спеціальні форсунки. Кут нахилу форсунки до дзеркала ванни слід вибирати таким, щоб була забезпечена необхідна форма факела і не відбувалася надмірно велика його деформація.

Про розміри факела і його формі часто судять по топографії руйнування кладки мартенівських печей (склепінь і стін). Як правило, локальні руйнування відбуваються по контуру факела.

1.3 Дослідження теплотехнічних процесів теплової роботи в мартенівських печах

В ході пошуків нових способів опалення мартенівських печей мазутом проводили теплотехнічні дослідження і вивчали поведінку сірки в робочому

просторі печі.

При проведенні теплотехнічного дослідження печі опалювали в основному легкими, менш в'язким мазутом, які надходять з південних нафтоперегінних заводів. На всіх печах в період доведення підтримували однакову теплове навантаження: витрата мазуту становив 2400 кг/год. Вивчення радіаційних властивостей факелів почали з виміру радіаційних температур факела і кладки по довжині робочого простору печі. Для цього використовували пірометри повного випромінювання рапіри з телескопами терла-50. П'ять пірометрів стаціонарно встановлювали і направляли на факел через водних та охолоджуючих фурм, які закладені в задній стінці печі. Установка пірометрів з боку задньої стінки печі дозволила проводити досліді протягом всієї плавки.

Для повного вивчення радіаційних характеристик смолоскипів були визначені ступені їх чорноти.

Теплові потоки вимірювали гострокутним радіаційним пірометром.

При градуванні торцевого радіометра одночасно з визначенням величин момент відключення мазуту відбирали проби газів з робочого простору печі. Хімічний аналіз цих проб показав, що поглинають компоненти пічної атмосфери не можуть скільки-небудь помітно вплинути на результати градування (вміст $\text{CO}_2 < 0,1\%$).

1.4 Інтенсифікація спалювання палива в мартенівській печі

При спалюванні палива в повітрі, збагаченому киснем, знижується кількість баластних азоту в складі продуктів згоряння, що зменшує витрату тепла на їх нагрівання, а отже, підвищується температура згоряння палива. Однак при збагаченні повітря киснем $> 30\%$ помітно зростає ступінь дисоціації вуглекислого газу і водяної пари, що знижує ефект використання кисню. Тому в мартенівських печах ступінь збагачення повітря киснем не перевищує 30%.

Кисень для інтенсифікації спалювання палива зазвичай вводиться через водоохолоджувані фурми, розташовані під пальниками або збоку від них. Кисень подається під тиском 0,6-1,2 МПа (6-12 ат).

Застосування кисню для інтенсифікації спалювання палива дозволяє підвищити продуктивність печі на 15-25% при одночасному зниженні витрат палива на 10-20%.

В даний час продування ванни здійснюється в мартенівських печах за допомогою водоохолоджуючих фурм, що вводяться в робочий простір через амбразури в зведенні. При введенні газоподібного кисню в ванну прискорюються окисні процеси, в першу чергу окислення вуглецю. Окислення всіх домішок газоподібним киснем супроводжується виділенням тепла. Тому під час продування ванни киснем прискорюється нагрів металу. Зазначені обставини дозволяють скоротити тривалість плавки в мартенівської печі.

Однак під час продування ванни киснем окислюється також залізо і спостерігається інтенсивне розбризкування металу і шлаку. Бризки металу і шлаку, потрапляючи на звід, швидко руйнують його. Менше розбризкування спостерігається при використанні соплової фурми, які і знаходять переважне застосування. За конструкцією соплової фурми аналогічні фурмам, використовуваним в кисневих конверторах.

Найбільший ефект застосування кисню для продувки можливий при тривалій продувці в період плавлення і кипіння. Щоб уникнути переокислення ванни до моменту розкислення продування зазвичай закінчують за 15-25 хв. до розкислення. Продування ванни киснем дозволяє скоротити тривалість плавки на 0,5-1,5 год. залежно від ємності печі і заданого змісту вуглецю.

На печах середньої місткості 500 тон продування здійснюють двома фурмами, а на печах більшою ємністю. Тиск кисню становить 0,8-1,5 МПа (8-15 ат), витрата 1000-8000 м³/год.

1.5 Теплова робота мартенівської печі

Під теплової роботою розуміють сукупність всіх теплових процесів, що відбуваються в печі. Основними з них є забезпечення підведення в плавильний простір печі необхідної кількості тепла (одержуваного головним чином в результаті спалювання палива) і передача його матеріалами мартенівської плавки. Від інтенсивності передачі тепла твердої шихті або рідкій ванні залежить швидкість нагріву і плавлення шихтових матеріалів і якість роботи мартенівської печі в цілому.

Велика частина різних заходів (вдосконалення конструкції головок і печі в цілому, організація факела і режиму завалювання). Спрямована на те, щоб створити умови, при яких максимум підведеного тепла в піч передавався б безпосередньо металу.

Як відомо, чим вище різниця температур між теплообмінними поверхнями, тим більше тепла передається нагрівається тілу в одиницю часу. Отже, для прискорення плавки необхідно прагнути підтримувати максимальну різницю температур між поверхнею твердої шихти або рідкої ванни і температурою печі.

В даний час, завдяки застосуванню палива високої теплоти згорання, а також внаслідок високого підігріву газу і повітря, збагачення повітря киснем та інше. Можна отримати температуру в печі до 2000 °С і вище майже протягом всієї плавки. Однак за умовою служби вогнетривів температура їх внутрішньої поверхні не може перевищувати певне значення (динас - 1680 °С, хромомagneзит - 1750 - 1800 °С), що обмежує температурний рівень печі і, отже, інтенсивність теплообміну.

Внаслідок високих температур в робочому просторі печі (вище 1700 °С) основну роль у передачі тепла відіграє випромінювання (більш 90% від всього тепла, одержуваного ванній, передається випромінюванням).

Передача тепла металу може бути збільшена не тільки за рахунок підвищення різниці температур печі і металу, а й за рахунок збільшення

ступеня чорноти полум'я (ступеня чорноти поверхні метала, шлаку і кладки досить високата складає 0,7 – 0,95 і на відміну від чорноти полум'я практично не піддаються регулюванню), а також і поверхні металу.

Крім того, з рівняння видно, що чим нижче температура поверхні металу, тим більше величина.

Температура поверхні металу при інших рівних умовах залежить головним чином від якості металу відводити тепло, передане на його поверхню, у внутрішні шари від його теплопровідності.

Якщо теплопровідність металу низька, то температура його поверхні швидко підвищується, що відповідно викликає зменшення, та навпаки, висока теплопровідність металу забезпечує швидке відведення тепла у внутрішні шари. При цьому температура поверхні металу буде нижчою в порівнянні з першим випадком і, отже, кількість тепла, передане металу за той же проміжок часу, буде значно більше.

Широко відомі регенератори для нагріву повітря за рахунок використання тепла димових газів мартенівських печей. Тепло димових газів акумулюється насадкою з вогнетривкої цегли, яка заповнює камеру регенератора, а потім віддається повітрю, що подається в піч для спалювання палива. Ступінь використання тепла відхідних газів (коефіцієнт регенерації) залежить від розміру осередків регенеративної насадки: чим менше цей розмір, тим вище коефіцієнт регенерації. Однак є перешкоди до зменшення розміру осередків регенеративної насадки. По-перше, зазначене зменшення призводить до збільшення опору димового тракту, а по-друге, маленькі осередки швидко заносяться плавильної пилом. Для сучасних великовантажних мартенівських печей, що працюють без застосування кисню, оптимальним розміром осередку вважається 155 x 155 мм. При роботі мартенівських печей з використанням кисню для продувки ванни і збагачення повітря, а так зараз працює більшість мартенівських печей, осередки регенеративних насадок заносяться плавильної пилом вже до середини кампанії.

Прагнучи зменшити занос осередків регенераторів плавильної пилом, на більшості заводів збільшили розмір осередків з 155 x 155 до 300 x 300 мм, хоча і таке збільшення розміру осередків не забезпечує нормальну роботу регенератора протягом всієї кампанії печі. При цьому різко погіршилася теплова робота мартенівських печей, коефіцієнт регенерації тепла знизився з 0,48 до 0,35, що спричинило за собою збільшення витрати палива. Температура нагріву повітря в регенераторах знизилася з 900-1000 до 600-700 °С.

З метою поліпшення теплової роботи печей, збільшення терміну служби регенераторів і підвищення температури нагрівання повітря були розроблені нові конструкції регенераторів. Найбільш близьким за технічною сутністю до цього пропозицією є регенератор мартенівської печі який з метою збільшення терміну служби регенератора і поліпшення теплової роботи печі забезпечений обвідним кабаном з встановленим на ньому відсічним шибером, який з'єднує не заповнену цеглою камеру регенератора із загальним кабаном. Наявність обвідного лежка дозволяє відводити димові гази з печі, минаючи насадки регенератора в період продувки ванни киснем, коли димові гази містять найбільшу кількість плавильної пилу. В інші періоди плавки димові гази проходять через насадку регенератора. Оскільки усунена основна причина занесення осередків їх розмір доводиться до оптимального 155 x 155 мм. При використанні регенераторів такої конструкції підвищується температура нагріву повітря до 1000 – 1100 °С і знижується витрата палива на 12 – 15 кг/т.

Однак широкого поширення відомих регенераторів перешкоджає наступне. В даний час не будуються нові мартенівські цехи і регенераторами нової конструкції обладнуються існуючі печі в діючих цехах. Для розміщення обвідних кнурів доводиться зменшувати ширину регенераторів, що призводить до зменшення обсягу регенеративної насадки, і, як наслідок, зниження температури нагрівання повітря. Розміщення обвідного лежка поруч з існуючими регенераторами без зменшення їх ширини перешкоджає

те, що місце виходу цього кабана з незаповненою насадкою камери розташоване безпосередньо під робочими вікнами мартенівської печі, через які скачується шлак і розміщені чаші для транспортування рідкого шлаку з-під робочого простору печі.

Мета винаходу усунення зазначеного недоліку відомої конструкції регенератора, зниження витрати вогнетривів і палива.

1.6 Висновки

1. Проаналізовано сучасні технологічні особливості виплавки сталі в мартенівській печі та розглянуто існуючі системи опалення мартенівської печі, зокрема, використовуючи природний газ та мазут. Показано доцільність вдосконалення конструкції головок і печі та організації факела і режиму завалювання печі.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ПАЛЬНИКА ДЛЯ ОПАЛЕННЯ МАРТЕНІВСЬКИХ ПЕЧЕЙ

2.1 Удосконалення конструкції газомазутного пальника

Чорна металургія України по енергоємність продукції, значно відстає від зарубіжних країн, що пов'язано з використанням застарілого і зношеного обладнання, а також слабким використанням сучасних технологій.

У найближчі роки мартенівський процес буде залишатися одним з основних способів виплавки сталі. Тому, питання вдосконалення теплової роботи мартенівських печей з метою скорочення питомої витрати палива та енергоносіїв на виплавку сталі.

Згідно даних роботи удосконалення системи опалення мартенівських печей, конструкції вискоефективного пального пристрою і режимів подачі енергоносіїв в робочий простір агрегату, що є одним з найбільш ефективних для ресурсного напрямку, що дозволить без: значних, часових і фінансових витрат істотно поліпшити цілий ряд техніко – економічних показників роботи печей [13].

У мартенівському цеху ПАТ «ММК ім. Ілліча » для опалення 650 т та 900 т мартенівських печей використовувався вискоефективний пальника двоступінчастим розпилюванням мазуту попередньо підігрітим (до 60 - 70 °С) компресорним повітрям (перший ступінь) і природним газом високого тиску (другий ступінь розпилювання).

В результаті комплексного аналізу основних параметрів, умов і показників роботи системи опалення печей з ГМП базової конструкції були виявлені наступні її недоліки.

У зв'язку з відносно низьким (0,4 МПа) тиском стисненого повітря в цехової магістралі мають місце обмежені можливості щодо вдосконалення організації та управління параметрами факела в печі.

Використання стисненого повітря в якості первинного розпилювача

мазуту погіршує тепловий баланс факела і плавки в цілому, а також додатково зменшує далекобійність факела внаслідок подання «Всередину» його окислювача. Положення посилює також підвищена вологість стислого повітря, особливо в осінньо-зимовий період пори року.

З іншого боку, застосовуваний для опалення МП природний газ ПГ має більш високий і більш стабільний тиск 0,6 – 0,7 МПа в порівнянні зі стисненим повітрям. Однак, при подачі його тільки в другий щабель розпилювання ГМП, потенційна енергія ПГ неефективно використовується для розпилювання мазуту і організації факела. Так, за даними натурних вимірів, тиск природного газу перед пальниками базової конструкції в процесі їх експлуатації становить 0,22 - 0,35 МПа.

Подача інтенсифікатора кисню в ГМП базової конструкції здійснюється за двох каналах, розташованих у вертикальній площині під газомазутним сопловим модулем, що дозволяє, в разі необхідності, ефективно перерозподіляти потік кисню через ГМП між газомазутним факелом і ванною.

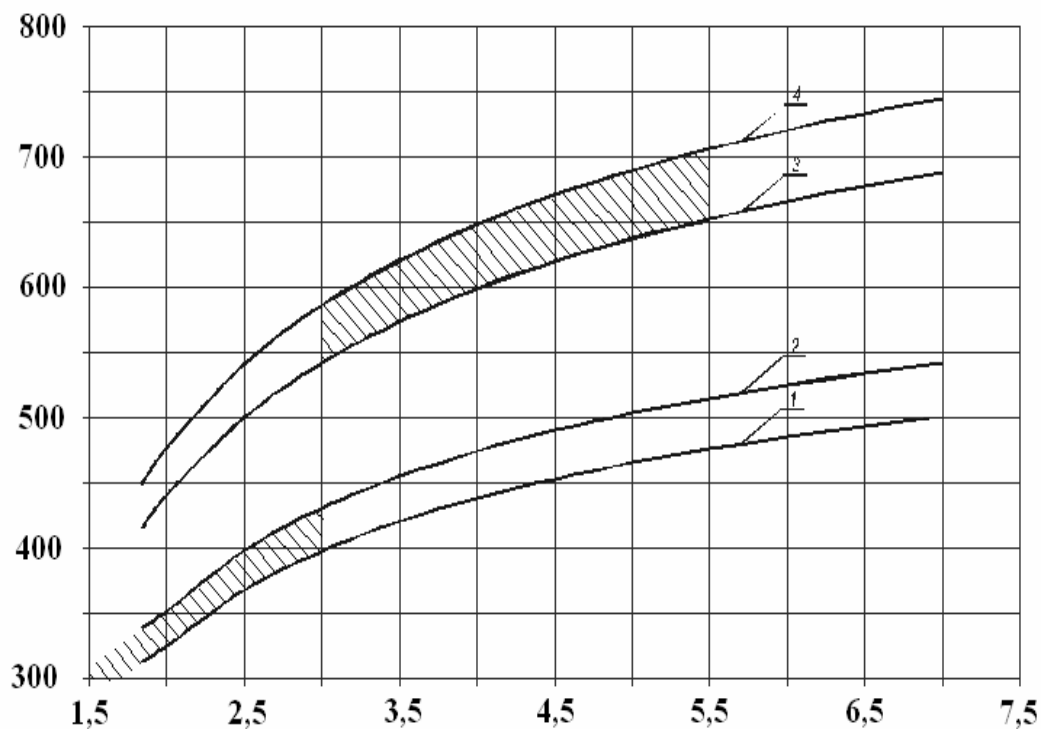
Однак такий варіант має низку недоліків. Так, при періодичній видувці залишкового мазуту з пальника (особливо при використанні для очищення каналів ГМП водяної пари) частина мазуту потрапляє в кисневі сопла, що є небезпечним.

У випадках підвищеної теплового навантаження, за рахунок збільшеного витрати мазуту, подача частини кисню через нижній канал може не забезпечити повне спалювання мазуту в факелі.

На основі порівняльного аналізу потенційних можливостей різних варіантів використання наявних в цеху енергоносіїв (стиснене повітря, азот, водяна пара, природний газ) в якості розпилювачів мазуту, було прийнято рішення про розробку високоефективного пальника нової конструкції з двоступінчастим розпилюванням мазуту природним газом [14].

В якості прикладу представлені залежності максимально можливої швидкості витікання газоподібних розпилювачів мазуту (природного газу та

стисненого повітря) від їх тиску і температури (перед соплом) (рис. 2.1).



1, 2 – стиснений повітря при температурі 20 °C і 70 °C відповідно; 3, 4 – природний газ при температурі 20 °C і 70 °C співвідносно; заштрихована область відповідає реальному що розташовується тиску енергоносія в мартенівському цеху

Рисунок 2.1– Залежність максимальної швидкості витікання стиснутого повітря і природного газу від тиску і температури

Встановлено, що оптимальна частка витрат природного газу q_1 використовуваного в якості первинного розпилювача мазуту, від загального його витрати на паливник становить: 15-5% при абсолютному тиску природного газу перед паливником:

$$- P_r = (0,80 \text{ } 1,20) \times \times P_{r.\text{ном}};$$

$$- 30-70\% \text{ – при } P_r = (0,60 \times 0,79) \times P_{r.\text{ном}};$$

- 50-100% – при $P_r = (0,40 \times 0,59) \times P_{r.\text{ном}}$, де $P_{r.\text{ном}}$ – номінальне, абсолютний тиск ПГ перед паливником.

Для ефективної роботи паливника була розроблена і впроваджена нова система подачі і регулювання витрати природного газу та інших енергоносіїв

наМП, що забезпечує мінімальні втрати тиску і незалежне регулювання витрат ПГ. Це дозволило розширити можливості регулювання параметрів факела і більш повно використовувати потенційну енергію тиску природного газу (для поліпшення кінетичних характеристик факела) в умовах постійної зміни його витрати на піч (відповідно до тепло технологічними завданнями плавки).

З метою забезпечення оптимальної організації газомазутного факела в робочому просторі печі і необхідної якості розпилювання мазуту, а також підвищення ефективності спалювання палива був розроблений новий спосіб опалення МП, заснований на оптимізації розподілу витрат ПГ сходами розпилювання при зміні його тиску перед горілочною абсолютний тиск ПГ перед пальником.

При недостатній величині (q_1 для відповідних діапазонів P_r) має місце незадовільна якість розпилювання мазуту, що призводить до істотного погіршення якості спалювання палива (хімічного недогоріння), зменшення температури факела, надмірного його подовження і зміщення зони розташування кореневої області ближче до кінця печі, як в наслідок, погіршується паливовикористання в робочому просторі агрегату в цілому.

При надмірно високому значенні параметра (q_1) має місце «розпалу» мазуту, що призводить до помітного зменшення далекобійності факела.

Крім того, в цьому випадку величина прохідного перетину газового сопла другого ступеня розпилювання ГМП є досить малою, що звужує межі регулювання пальника.

З метою максимально можливого використання потенційної енергії тиску ПГ для розпилювання мазуту, підвищення кінетичної енергії і розширення можливостей регулювання параметрів факела при проектуванні ГМП була використана розроблена і випробувана раніше конструкція соплового модуля першого ступеня розпилювання пальника.

Удосконалена конструкція газомазутного пальника (рис. 2.2) на відміну від базової, подача інтесифікатора здійснюється за двома незалежно

регульованим каналах, розташованим в горизонтальній площині під газомазутним, сопловим модулем на певній відстані від його осі.

Це дозволяє збільшити окислювальний потенціал факела і забезпечити більш повне спалювання мазуту, в тому числі при високих його витратах, що особливо важливо, враховуючи «висновок» з пальника частини окислювача у вигляді стислого повітря. При необхідності, інтенсифікація подачі кисню в ванну може бути легко забезпечена за рахунок збільшення витрати кисню черезсклеповіфурми.

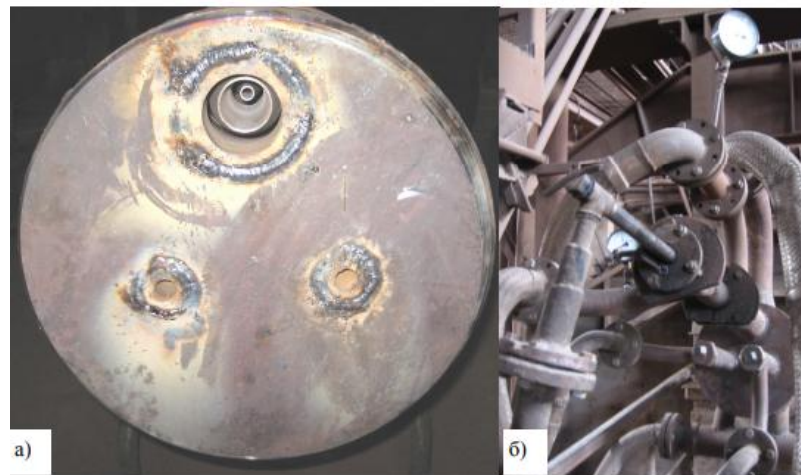


Рисунок 2.2–Удосконалена конструкція газомазутного пальника: вид спереду після виготовлення (а); задня частина в процесі дослідно-промислових випробувань на МП № 3

При проектуванні ГМП нової конструкції, з урахуванням реальних умов постачання мартенівського цеху природним газом, розрахункове значення повного тиску ПГ безпосередньо перед ГМП було прийняторівним 0,45 МПа.

При цьому максимальна витрата ПГ через пальник склав 6500 м³/год.; основний робочий діапазон витрат ПГ– 3000 ÷ 6000м³/год. (при роботі в режимі «чергового газу» – 2000 м³/год.) максимальна витрата мазуту –3000 кг/год.

Для захисту газомазутного, соплового модуля відключеною в період реверсування факела пальника від зустрічного газопилового потоку було

запропоновано організувати подачу стисненого азоту через газове сопло першого ступеня розпилювання пальника, а в якості резервного захисного газу використовувати водяна пара. При цьому витрата захисного газу становить 300-500 м³.

Дослідно-промислові випробування першої, пілотної партії з двох газомазутних пальників нової конструкції були проведені на 650-тонної мартенівської печі № 3 в лютому 2008 р.

Пальники були встановлені на піч після «холодного» ремонту і експлуатувалися безперервно 162 плавки – до малого «холодного» ремонту, після якого їх замінили аналогічними пальниками нової конструкції.

Цей варіант ГМП використовується на МП № 3 безперервно по теперішній час, так як перший ступінь ГМП грає головну роль при розпилюванні мазуту, в процесі плавок витрата ПГ через зазначену щабель підтримували відносно постійним, а сумарний витрата ПГ через ГМП регулювали за допомогою другого ступеня розпилювання пальника.

Залежно від тиску природного газу в цеху оптимальний його витрата через перший ступінь розпилювання ГМП нової конструкції ($V_{ПГ, 1}$) склав 2000-2500 м³/год.). Збільшення ($V_{ПГ, 1}$ до 2500 м³/год. при збереженні постійного загальної витрати ПГ на пальник), який дозволяє додатково підвищити кінетичну енергію і «жорсткість» факела, а також поліпшити розпилювання мазуту.

Однак при цьому дещо знижується довжина світиться частини факела. більше збільшення ($V_{ПГ}$), при низьких його витратах і незручності в регулюванні загальної витрати ПГ на ГМП.

Встановлено, що при витраті мазуту до 2000 кг/год. досить високий ступінь його розпилювання може бути забезпечена при роботі навіть однієї першої ступені ГМП. При великих витратах мазуту потрібно ефективна робота обох ступенів розпилювання.

При використанні досвідчених ГМП на відміну від базових прийнятна ступінь розпилювання мазуту при його номінальних витратах спостерігалася

навіть без подачі кисню в факел, та тільки за рахунок природного газу.

Про збільшення повноти спалювання мазуту в робочому просторі агрегату свідчило також стан верхньої частини насадок регенераторів під час їх обстеження на малому «холодному» ремонті печі після проведення дослідно-промислових випробувань пальників.

Аналіз параметрів газомазутних факелів, отриманих при використанні пальників нової і базової з початковим розпилюванням мазуту стисненим повітрям конструкцій при аналогічних параметрах подаються енергоносіїв показав, що застосування [18] нових пальників дозволяє помітно поліпшити організацію факела, зокрема: подовжити його на одну кришку завалочного вікна, тобто на 2 м, температуру в нижній частині факела підвищити (на 20 – 50 °С), а у верхній – знизити (на 10-30 °С) і збільшити зону підготовки факела до перевалу печі.

Отримано також збільшення нагрівальної здатності печі, в тому числі при використанні гаряче брикетне залізо в шихті плавок (при інших рівних умов період плавлення скоротився на 17%), що пояснюється збільшенням світності, температури і площі поверхні, що випромінює факела.

Широкомасштабне впровадження розробки в мартенівському цеху ММК ім. Ілліча було здійснено з січня по серпень 2011 року на всіх інших (трьох 900-тонних) печах після проведення в процесі їх «холодних» ремонтів модернізації системи подачі і регулювання витрат ПГ [15].

Представлена динаміка зміни питомої витрати умовного палива (мазут + природний газ) на виплавку мартенівської сталі по печей в перші три місяці після впровадження газомазутних пальника нової конструкції.

Для проведення порівняльного аналізу ефективності теплової роботи мартенівських печей з використанням ГМП нової і базової конструкцій були оброблені представницькі масиви плавок по кампаніям відповідних печей, проведених безпосередньо до і після установки пальників нової конструкції [16].

При цьому в якості узагальнюючого критерію ефективності теплової

роботи мартенівських печей розглядався питома витрата умовного палива на виплавку мартенівської сталі.

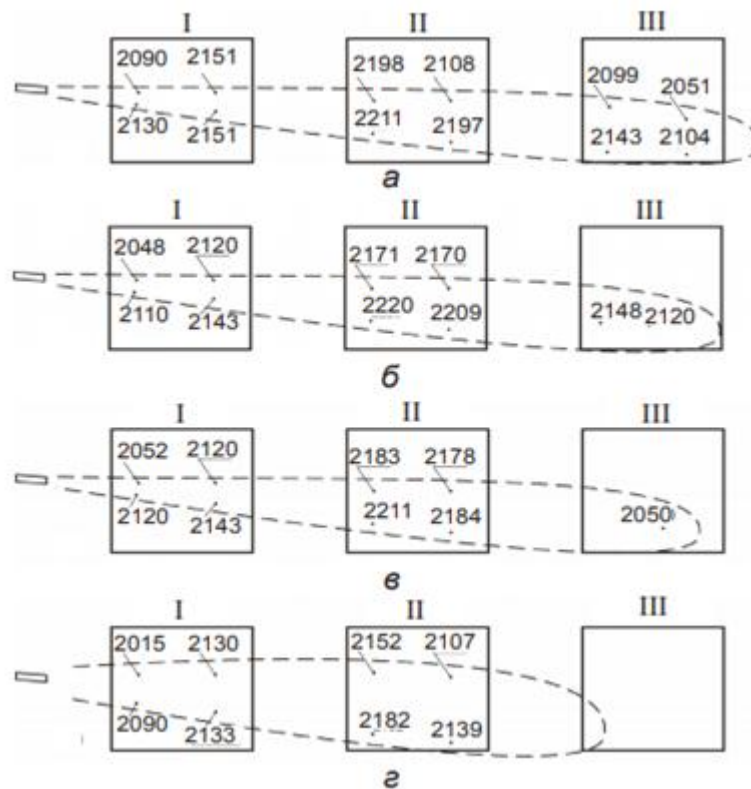


Рисунок 2.3– Результати розмірів температурних полів факелу

Встановлено, що при використанні запропонованого способу подачі інтенсифікатора горіння в факелі, та оптимальна частка кисню, що подається з протилежного факелу боку, становить близько 10% від його загальної витрати.

При цьому за рахунок більш повного використання теплового потенціалу газів, що відходять має місце додаткова економія палива, істотно зменшується заростання кисневих сопел в процесі експлуатації ГМП.

Для проведення порівняльного аналізу ефективності теплової роботи мартенівських печей з використанням ГМП нової і базової конструкцій були оброблені представницькі масиви плавок по кампаніям відповідних печей, проведених безпосередньо до і після установки пальників нової конструкції.

Високоєфективний пальник це – комбіноване газовий горілочний пристрій з єдиною системою повітропроводів, яке забезпечує як роздільне

спалювання газоподібного палива та рідкого палива (мазуту), так і їх комбіноване спалювання. В цьому випадку спалювання газоподібного і рідкого палива відбувається в різних умовах.

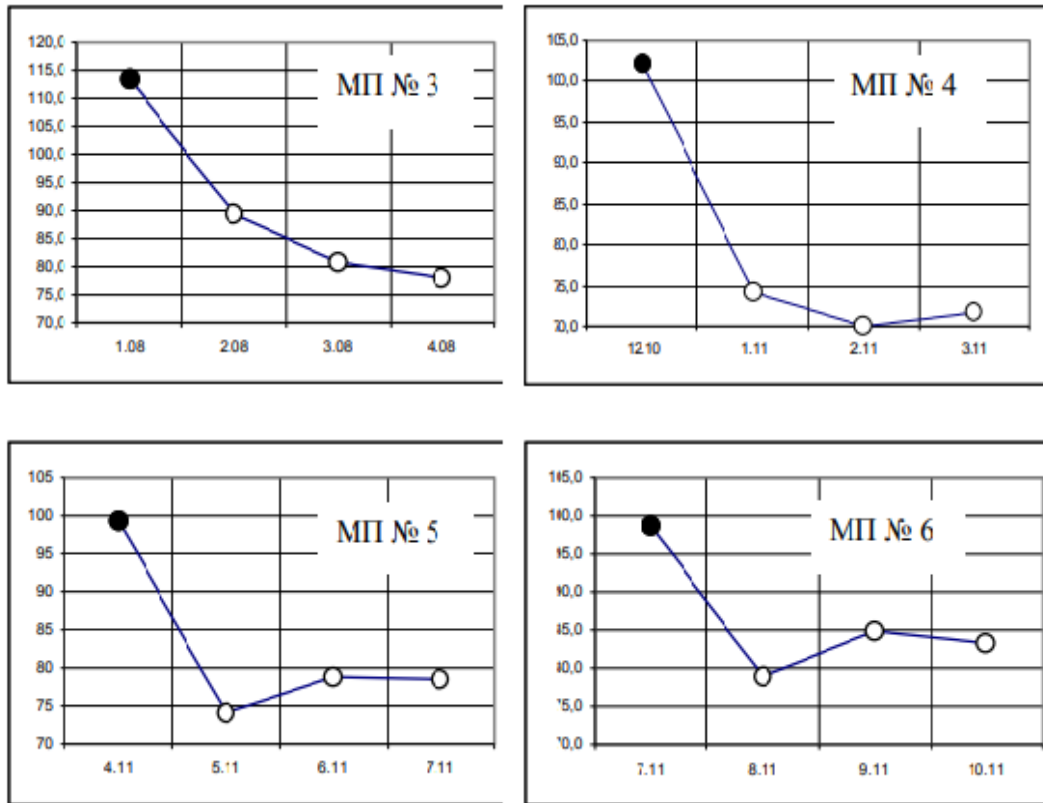


Рисунок 2.4 – Питома витрата палива кг/т сталі

Газоподібне паливо легше запалюється, спалюється з меншим коефіцієнтом надлишку повітря, згорає швидше і повніше. Рідке котельне паливо треба спочатку розпилюють, потім змішувати з повітрям, забезпечуючи його випаровування і горіння. При одночасному спалюванні газоподібного та рідкого котельного палива горіння останнього затягується, тому що газ згорає та споживає кисень в першу чергу.

Представницькі масиви плавок по кампаніям відповідних печей, проведених безпосередньо до і після установки пальників нової конструкції.

В мартенівських печей добавка мазуту і спільне з природним газом спалювання інтенсифікують теплообмін в топці, так як ступінь чорноти

факела зростає приблизно в два рази. При добавці газу до мазуту і в процесі їх спільного спалювання поліпшуються геометричні характеристики комбінованого факела і знижується вміст токсичних і забруднюючих інгредієнтів у продуктах згоряння. Витрата мазуту становить 25-40% всього витрати палива на агрегат.

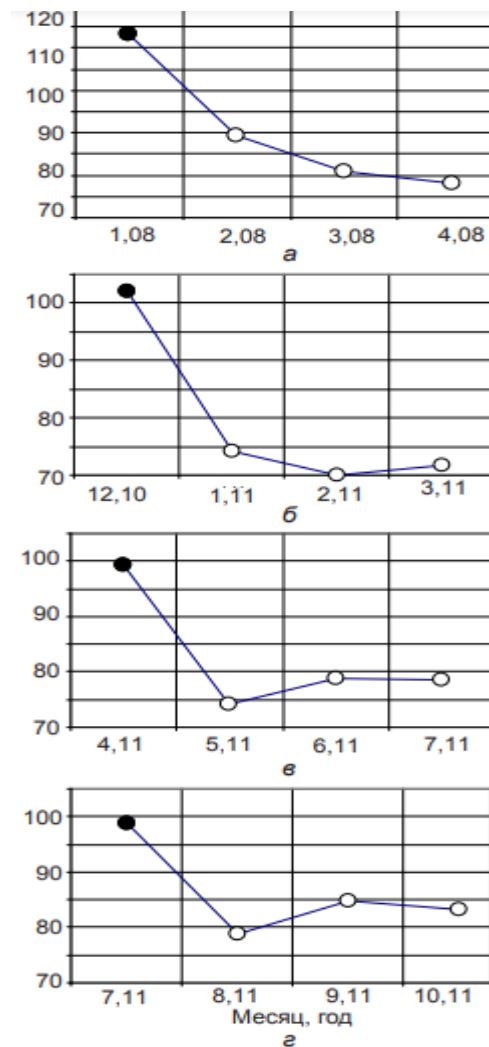


Рисунок 2.5 – Питома витрата палива

Пальник ГМП застосовують для роздільного спалювання природного газу і мазуту.

Пальник складається з: газової частини, вузла заслінок для автоматів, закриття повітряного клапана при знятті форсунок.

Газова частина являє собою кільцевої колектор прямокутного перетину

з одним рядом газових отворів, усередині якого встановлена розподільна обичайка для рівномірного розподілу витікання газу з отворів колектора. Повітря в повітророзподільній пристрій надходить по повітропроводу, обмеженою фронтом котла і металевою стінкою, за рахунок чого знижуються втрати теплоти в навколишнє середовище.

Суть винаходу: пальник містить коксовані розташовані мазутні форсунки з вихлопною трубою першого ступеня і регульоване надзвукове газове сопло з вихлопною трубою другого ступеня.

Зовнішній контур дифузійної частини надзвукового газового сопла приєднаний до вихлопної труби другого ступеня проміжним ділянкою конічної форми. Кути збіжності між утворюють конусів проміжного ділянки і вихлопної труби першого ступеня мазутної форсунки рівні між собою. Довжина дифузійних частин газового сопла дорівнює максимальній довжині сопла Лаваля, що відповідає максимальному витраті і мінімальному тиску газу передсоплом. Довжина зовнішнього конуса вихлопної труби першого ступеня дорівнює сумарній довжині дифузійної частини надзвукового газового сопла і проміжного ділянки.

Винахід відноситься до області спалюваннягазоподібного палива і може бути використано в мартенівських печах.

Відома конструкція – високоефективний пальник, що містить сопло Лаваля для отримання зверху критичну швидкості витікання газу.

Недолік такої конструкції – відсутність можливості зміни площ прохідних перетинів газової сопла, що не дозволяє забезпечити оптимальні швидкісні характеристики факела при відхиленні початкових параметрів газу перед соплом (тиск, витрата) від розрахункових значень.

Відомий також двоступеневий високоефективний пальник з співвідносно розташованими між мазутної форсунки і надзвуковим газом соплом. Регулювання витрати розпилювача здійснюється шляхом зміни площі критичного сопла Лаваля при переміщенні мазутного сопла по горизонталі. Переміщенням вихідної труби мазутної форсунки здійснюється

зміна площі критичного перетину надзвукового газопроводу сопла, як найбільш близька по технічній сутності дана конструкція прийнята в якості прототипу [17].

Недоліком конструкції є наступне. Площі критичного і вихлопного перетинів надзвукового сопла визначаються в залежності від початкових параметрів газу. Зміна початкових параметрів газу призводить до невідповідності площ прохідних перетинів розрахункових значень. Певною конструкції передбачено зміну площі критичного перетину сопла відповідно до параметрів газу перед пальником. Однак площа вихлопного перерізу сопла залишається незмінною при будь-яких значеннях тиску і витрати газу. Так, при підвищенні тиску газу перед соплом площа критичного перетину газопроводу сопла може бути зменшена до розрахункового значення шляхом переміщення мазутної форсунки вправо, а площа вихідного перетину не змінюється, та її значення перевищує розрахункове. Внаслідок цього відбувається перерозподіл потоку газу, що веде до втрат кінетичної енергії і погіршення швидкісних характеристик факела. Ефект від підвищення тиску при цьому не досягається.

При зниженні початкового тиску газу мазутна форсунка переміщається вліво і площа критичного перетину збільшується відповідно до її розрахунковим значенням. Вихідна перетин в цьому випадку не змінюється. При закінченні газу з сопла за його межами відбувається мимовільне розширення потоку, яке супроводжується зниженням швидкості газу в струмені і переходом частини енергії руху в теплоту, що також негативно впливає на швидкісні характеристики факела.

Мета винаходу – зниження витрати палива за рахунок створення оптимальних швидкісних характеристик факела при забезпеченні відповідності геометричних розмірів початкових параметрів газу.

За значена мета досягається тим, що певною конструкції пальника, що містить коксові розташовані мазутні форсунку з вихлопною трубою першого ступеня в регульоване надзвукове газопроводу сопло з вихлопною трубою другого

ступеня, та дифузійна частина газового сопла утворена по зовнішньому контуру ділянкою вихлопної труби другого ступеня і по внутрішньому контуру зовнішнім конусом вихлопної труби першого ступеня мазутної форсунки, що має можливість переміщення по горизонталі, зовнішній контур дифузійної частини надзвукового газового сопла приєднана до вихлопної труби другого ступеня проміжним ділянкою конічної форми.

Кути збіжності між утворюють конусів проміжного ділянки і вихлопної труби першого ступеня мазутної форсунки рівні між собою. Довжина дифузійної частини газового сопла дорівнює максимальній довжині сопла Лаваля, що відповідає максимальному витраті і мінімальному тиску газу .

Пропоноване технічне рішення відрізняється від відомого тим, що наявність проміжного ділянки конічної форми дозволяє при переміщенні мазутної форсунки забезпечити зміну критичного і вихлопного перетинів надзвукового газового сопла таким чином, що при зміні початкових параметрів газу перед пальником геометричні розміри сопла (площі критичного і вихлопного перетинів) будуть відповідно до розрахункових значень. Це дозволяє уникнути роботи вискоєфективного пальника в нерозрахованих режимі і підвищить кінетичну енергію факела.

З порівняльного аналізу істотних ознак видно, що в заявляється технічному рішенні є відмінні ознаки в порівнянні з прототипом, отже, воно має новизною.

В результаті патентно-інформаційного пошуку встановлено, що заявлена сукупність ознак у відомих аналогічних технічних рішеннях не використовується, отже, пропозиція має істотні відмінності.

Газомазутний пальник містить мазутну форсунку з вихлопною трубою першого ступеня і надзвукове газове сопло, що включає послідовно критичний перетин і дифузор [18].

Зовнішній контур дифузійної частини газового сопла приєднаний до вихлопної труби другого ступеня проміжним ділянкою конічної форми.

Надзвукове газове сопло пальника включає вихідний і критичне

перетину, площі яких беруть мінімальні значення при знаходженні мазутної форсунки в крайньому правому положенні, а максимальні значення – при крайньому лівому положенні форсунки.

У положенні сопло має максимальну довжину відповідну мінімальній витраті і максимальному тиску газу перед соплом.

Мінімальна довжина, яку сопло має в положенні визначається початковими максимальною витратою і мінімальним тиском газу.

Вступник на горіння через мазутну форсунку мазут попередньо розташовується компресорним повітрям у вихлопній трубі першого ступеня і потім, переміщуючись в вихлопну трубу другого ступеня, та отримуємо вторинне розпилювання природним газом.

Природний газ з певними початковими параметрами потоку (тиск P і витрата G) надходить в звукується частина сопла, де його швидкість збільшується до звукового значення, потім в критичному перетині йде газовий потік при відповідно розмірів критичного перетину початкових параметрів газу досягає критичної швидкості і на зростаючій частині сопла, та потік розганяється до надзвукових значень швидкості.

Надзвуковий потік природного газу закінчується через проміжний ділянку в вихлопну трубу другого ступеня, де, перемішуючись з попередньо розпорошеним мазутом, паливна суміш надходить на горіння.

Призначення пальників полягає в організації подачі органічного палива і повітря в топку і створення в ній умов для процесу горіння, що забезпечує повний випал палива.

Пальник ГМП призначені для роздільного спалювання газоподібного і рідкого палива.

У пальнику встановлена паро механічна форсунка для спалювання рідкого палива, яка забезпечує якість розпилу у всьому діапазоні регулювання навантажень.

У мазутній форсунки подається мазут і пар для нагріву мазуту.

2.2 Висновки

1. При удосконаленні конструкції газомазутного пальника для опалення мартенівських печей визначено оптимальну частку витрати природного газу, що використовується в якості первинного розпилювача мазуту.

2. Показано, що для ефективної роботи газомазутного пальника була запропонована система подачі та регулювання витрати природного газу на мартенівську піч, що забезпечує мінімальні втрати тиску, що дозволило поліпшити та розширити можливості регулювання параметрів факела печі.

3. Встановлено, що при використанні удосконаленої конструкції газомазутного пальника для опалення мартенівських печей підвищується ефективність спалювання палива.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕМІСІЙНИХ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАЛЬНИКІВ СНТ В МАРТЕНІВСЬКИХ ПЕЧАХ

3.1 Опис струменево – нішевої технології спалювання палива в мартенівських печах

На сьогодні однією з найбільш розповсюджених впроваджуваних технологій спалювання та для опалення мартенівських печей є струменево – нішевої технології . Основні принципи, що покладені в основу технології, це:

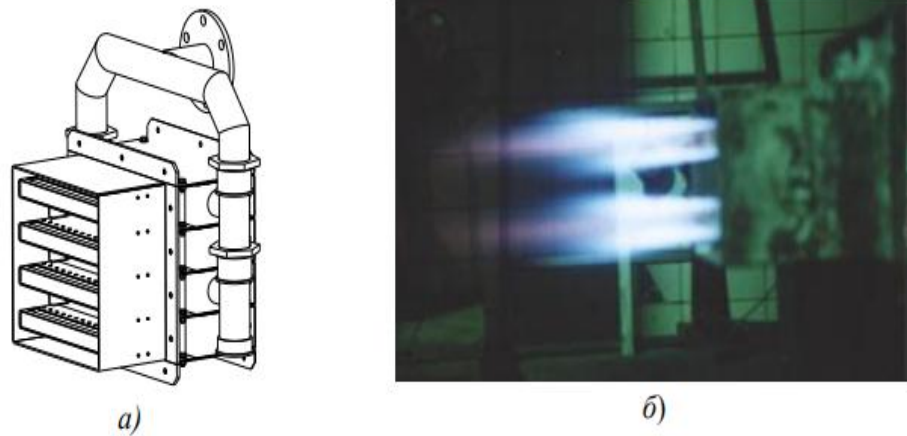
- раціональний розподіл палива в потоці окисника в мартенівській печі;
- стійка регульована структура течії палива, окисника та продуктів згоряння при виплаки мартенівської сталі;
- саморегульованість складу паливної суміші в зоні стабілізації факелу в мартенівській печі, та всі принципи досягаються за рахунок вдалого конструктивного розміщення струменево-нішевої системи в мартенівських печах (рис. 3.1) [19].

Наведена на рис. 3.1. конструкція дозволяє поєднати в собі всі стадії робочого процесу пальників: розподіл палива в потоці окисника , сумішо утворення з необхідними рівнями концентрацій палива в об'ємі окисника, запалення горючої суміші, стабілізація факелу та формування продуктів згоряння необхідної якості.

Пальники СНС, які забезпечують комплексні характеристики: інтенсивне стійке горіння з коротким факелом при коливаннях тиску газу (рис. 3.2) [20].

Пальники СНС забезпечують розподіл спалювання допустимих викидів (менш 0,004% CO, менше 220 мг/м³ NO_x), та витрата газу внаслідок зменшується та слід зазначити, що екологічні показники існуючих установок з питань викидів оксидів вуглецю та азоту (NO_x) у кілька разів перевищують існуючі вимоги. Екологічні характеристики СНС дозволяють забезпечити

емісію CO та NO_x не більше ніж 100 та 180 мг/м^3 відповідно, що супроводжується суттєвим зниженням у кілька разів викидів зазначених газів [21].



а) ПП СНТ; б) лабораторні випробування, відкритий факел

Рис. 3.1 – Конструкція струменено-нішевої системи

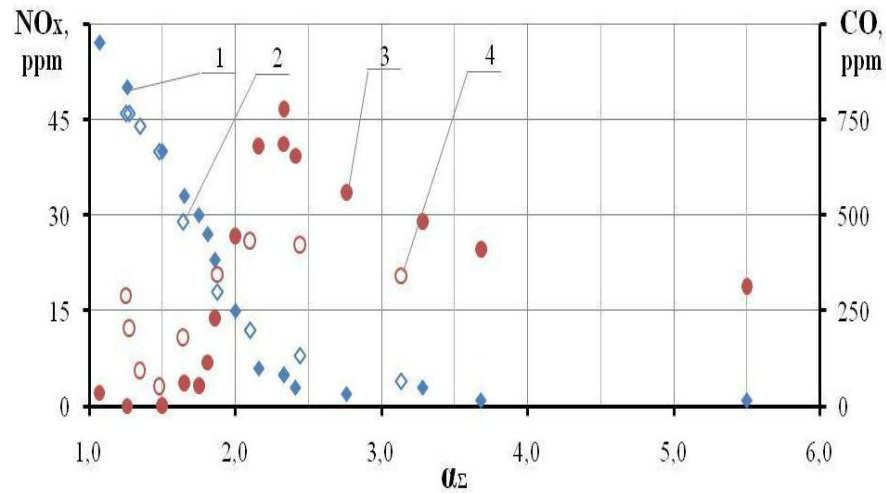


Рисунок 3.2 – Горіння короткого факелу при коливанні тиску газу

3.2 Дослідження CO і NO_x при результаті спалювання палива в мартенівській печі

Відповідно до завдання досліджень, примірні вимірювання показників системи стосовно обґрунтування проаналізовані результати, стосовно глибини вигорання вуглецю, слід зазначити, що в діапазоні зміни коефіцієнту

надлишку повітря показник CO є суттєво залежним не тільки від режиму роботи системи, але й виду палива, приведено на рис.3.3.



Параметрами: $d=3$ мм, $S=3,0$, $L_1=10$

мм, $H_k=36$ мм, $W_{п}=5$ м/с; 1, 3 – природний газ, 2, 4 – зріджений газ (NO_x).

Рисунок 3.3 – Вплив надлишку повітря на концентрацію окислів азоту (1, 2) та вуглецю (3,4) при спалюванні газів в СНС

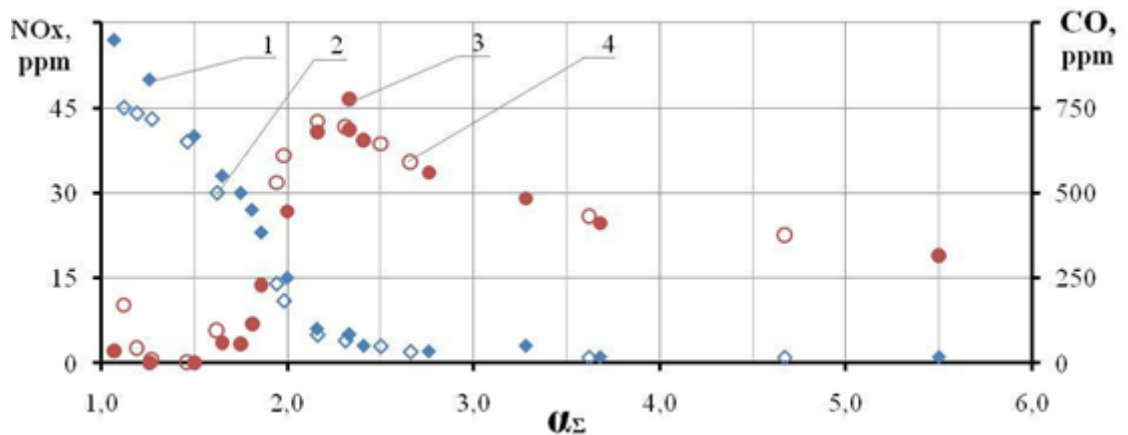
Визначено, що при організації спалювання палива в «стехіометричних умовах» в мартенівських печах, та найбільш якісні показники досягаються при використанні природного газу, а більш пріоритетним є спалювання зрідженого газу, та для двох досліджуваних газів відповідає надлишок повітря 1,07 і 1,2 [22].

Емісія окислів азоту є майже незалежною від досліджуваних в роботі факторів і, як видно з результатів, має схожі характеристики у всьому досліджуваному діапазоні робочих режимів СНС

Особливу увагу звертається на характеристику недопалу в області $\alpha \approx 2,3$ для природного газу, де показники концентрації CO приблизно на 35% більші в порівнянні зі зрідженим паливом [23].

Вплив величини діаметрів паливних отворів приведено на (рис. 3.4). Як видно з наведених результатів, збільшення діаметрів має істотний вплив на викиди забруднюючих окислів тільки в області, що відповідає діапазону значень $\alpha < \alpha_{кр2} \approx 1,5$ [24].

При збільшенні діаметру ($d=3,0$ мм) відбувається збільшення недопалу, що призводить до деякого зменшення емісії NO_x і в основному пов'язано зі зменшенням максимальних температур у корені факелу, а тому сприяє зменшенню утворення температурних окислів азоту. Звертає на себе увагу схожість характеристик в усьому іншому діапазоні зміни режимів роботи і підтвердження наявності максимуму значень CO в області $\alpha \approx 2,3$.



Параметрами: $S=3$, $L_1=10$ мм, $H_k=36$ мм, $W_{п}=5$ м/с, 1, 3 – $d=2$ мм, 2, 4 – $d=3$ мм

Рисунок 3.4 – Вплив величини діаметру паливних отворів на концентрацію окислів азоту (1, 2) та вуглецю (3, 4) при спалюванні природного газу в СНС

3.3 Висновки

1. Проаналізовано струменево – нішеву технологію спалювання палива в мартенівських печах та показано, що при використанні пальників струменево – нішевої системи забезпечує інтенсивне, стійке горіння з коротким факелом при коливанні газу.

2. Показано, що при організації спалювання палива в «стехіометричних умовах» в мартенівських печах найбільш якісні показники досягаються при використанні природного газу, а більш доцільним є спалювання зрідженого газу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасні технологічні особливості виплавки сталі в мартенівській печі та розглянуто існуючі системи опалення мартенівської печі, зокрема, використовуючи природний газ та мазут. Показано доцільність вдосконалення конструкції головок і печі та організації факела і режиму завалювання печі.

2. При удосконаленні конструкції газомазутного пальника для опалення мартенівських печей визначено оптимальну частку витрати природного газу, що використовується в якості первинного розпилювача мазуту. Показано, що для ефективної роботи газомазутного пальника була запропонована система подачі та регулювання витрати природного газу на мартенівську піч, що забезпечує мінімальні втрати тиску, що дозволило поліпшити та розширити можливості регулювання параметрів факела печі. Встановлено, що при використанні удосконаленої конструкції газомазутного пальника для опалення мартенівських печей підвищується ефективність спалювання палива.

3. Проаналізовано струменево – нішеву технологію спалювання палива в мартенівських печах та показано, що при використанні пальників струменево–нішевої системи забезпечує інтенсивне, стійке горіння з коротким факелом при коливанні газу. Показано, що при організації спалювання палива в «стехіометричних умовах» в мартенівських печах найбільш якісні показники досягаються при використанні природного газу, а більш доцільним є спалювання зрідженого газу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Абдулин М. З. Применение струйно-нишевой технологии сжигания топлива в энергетических установках. *Вестник национального технического университета «ХПИ»*: сборник научных трудов, тематический юбилейный выпуск «Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование». Харьков. №6. 2005. С. 130-144.
2. Энергоресурсосбережение в мартеновском производстве Мариупольского металлургического комбината Ильича / В. С. Бойко, А. В. Сущенко, Е.Н. Лещенко и др. Мариуполь: ОАО „ММК им. Ильича”. 2008. 232 с.
3. Кривоногов Б. М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. Ленинград: Недра: Ленинградское отделение, 1986. 280 с.
4. Кудрин В. А. Металлургия стали: учебн. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Металлургия, 1989. 560 с.
5. Поволоцкий Д. Я. Основы технологии производства стали. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. 202 с.
6. Охотский В. Б. Анализ работы мартеновских печей скрап-процессом.
7. Кудрин В. А., Шишимиров В. А. Технологические процессы производства стали: учебник: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению "Металлургия". Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. 302, [1] с. ISBN 978-5-222-26382-2
8. Кривандин В. А., Марков Б. Л. Металлургические печи. 2-е изд., доп. и перераб. Москва: Металлургия, 1977. 464 с.
9. Воскобойников В. Г., Кудрин В. А., Якушев А. М. Общая металлургия: учебн. для вузов. 6-изд., перераб и доп. Москва: Академкнига, 2002. 768 с. ISBN 5-94628-062-7.
10. Явойский В. И., Дорофеев Г. А., Повх И. Л. Теория продувки

сталеплавильной ванны. Москва: Metallurgiya, 1974. 496 с.

11 Metallurgiya stali: uchebn. dlya vuzov / V. I. Yvoytskiy, Yu. V. Kryakovskiy, V. P. Grigor'ev i dr. Moskva: Metallurgiya, 1983. 584 с.

12. Бигеев А. М., Бигеев В. А. Metallurgiya stali. Teoriya i tekhnologiya plavki stali: uchebn. dlya vuzov. 3-e izd., pererab. i dop. Magnitogorsk: MGTU, 2000. 544 с.

13. Буторина И. В., Харлашин П. С., Сущенко А. В. Пути снижения энергоемкости металлургических процессов на предприятиях Украины. *Сталь*. 2003. № 7. С. 97-101.

14. Высокоэффективная горелка для отопления мартеновских печей / А. В. Сущенко, А. С. Безчерев, В. Л. Прахнин та інші. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. Сер.: Технічні науки. 2011. Вип. 23. С. 143-150.

15. Энергоресурсосбережение в мартеновском производстве Мариупольского металлургического комбината Ильича / В. С. Бойко, А. В. Сущенко, Е. Н. Лещенко и др. Мариуполь: ММК им. Ильича. 2008. 232 с.

16. Совершенствование конструкции газомазутной горелки крупнотоннажных мартеновских печей / А.В. Сущенко, Е.Н. Лещенко, А.С. Безчерев и др. *Сталь*. 2005. № 12. С. 26-28.

17. Совершенствование системы отопления мартеновских печей в ПАО "Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича" / А. В. Сущенко, А. С. Безчерев, В. Л. Прахнин и др. *Металл и литье Украины*. 2012. № 2-3. С. 28-32.

18. Глинков Г. М., Чайкин Б. С. Энергосберегающие режимы работы мартеновских и двухванных печей. Москва: Metallurgiya, 1991. 128 с

19. Абдулін М.З. Ібрагим Джамал. Дослідження пальникового пристрою з поперечною подачею струменів палива. *Екотехнології и ресурсосбереження*. 1997. №2. С. 68-69.

20. Абдулин М. З. Применение струйно-нишевой технологии сжигания топлива в энергетических установках. Вестник Национального технического

университетата "ХПИ": сборник научных трудов. Тематический выпуск: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. Харьков: НТУ "ХПИ". 2005. № 6. С. 130-144.

21. Абдулин М.З., Серый А. А. Изотермические исследования модулей горелочных устройств на основе струйно-нишевых систем. *Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Харків: НТУ «ХПИ», 2013. №13. С. 81-88.

22. Абдулин М. З., Дворцин Г.Р., Жученко А.М. Технология сжигания – определяющий фактор эффективности огнетехнических объектов. *Научно-технический журнал «Новости теплоснабжения»*. 2008. №4. С. 31 – 34.

23 Любчик Г. Н., Христич В. А., Плоткин Д. М., Ольховская Н. Н. Разработка банка данных эмиссии NOx в камерах сгорания ГТУ и возможности его реализации. *Высокотемпературные технологии с горением*. 1995. С. 43-56.

24. Любчик Г. Н., Микулин Г. А., Варламов Г. Б.. Использование конструктивных особенностей и аэродинамических эффектов насадка Борда при создании малотоксичных топливосжигающих модулей. *Технологические системы*. 2002. №1. С. 130-133.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ МАГІСТРА

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут**

МАТЕРІАЛИ

**XXV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів**



Запоріжжя
2020

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут**

МАТЕРІАЛИ

**XXV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів**

24-27 листопада 2020

Запоріжжя
2020

ЗМІСТ

Секція металургії

Голота К.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	5
Аналіз та вдосконалення технології випалу вапняку в виробництві глинозему	
Агафонов О.А., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	6
Аналіз та вдосконалення технології зневоднення гідроксиду алюмінію	
Живиця І.В., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	6
Аналіз та вдосконалення технології гідрокласифікації розбавленої пульпи у виробництві глинозему	
Личко Д.М., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	7
Аналіз та вдосконалення технології мокрого розмелювання бокситів	
Лотошников О.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	7
Аналіз та вдосконалення технології згущення червоного шламу	
Подвойський Ю.О., ст. гр. МЕТ-17-1бд, Лічконенко Н.В., ст.викл.	
Залежність гранулометричного складу металевих гранул від гідродинамічної нестабільності струменя розплаву	8
Кушніренко О.Г., ст. гр. 6.1369-с, Лічконенко Н.В., ст.викл.	9
Сучасні способи отримання порошків для адитивних технологій	
Сидоренко М.А., ст. гр. 6.1369, Лічконенко Н.В., ст.викл.	10
Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва вогнетривів в Україні	
Донець В.Г., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук	11
Дослідження впливу структури коксу на його властивості	
Єрмаков П.В., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук	12
Аналіз нових технологій коксування вугілля	
Рибалка Є.М., магістрант гр. 8.1369 – МКМ, Бережна О.Р., доц., канд. техн. наук	13
Скачков В.О., доц., докт. техн. наук	
Підвищення якості вуглецевих блоків для електролізерів методом просочення	
Ярмонов М.О., магістрант гр. 8.1369 – МЧМ, Скачков В.О., доц., докт. техн. наук	13
Застосування модернізованої системи опалювання в мартенівському виробництві	
Єрмаков П.В., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук –	14
Аналіз нових технологій коксування вугілля	
Ганоченко М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	15
Проблеми розсіпання феросплавів	
Діброва М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	16
Аналіз технології виплавки карбіду бора	
Матвеев О.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	17
Комплексне використання вторинних марганецьвмісних матеріалів	
Юрченко Є.О., магістрантка гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук,	18
Воденнікова Л.В., ас.	
Теплова робота мартенівської печі	
Гарус К.М., магістрант гр. 8.1369-мчм-з, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	19
Радіоактивність сировини та продуктів металургійного виробництва	
Вінник І.І., студент гр. 6.1369-мчм-с-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук,	20
Воденнікова Л.В., ас.	
Сучасні проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів	
Лисенко Є.І., студент гр. 6.1369-мчм-с-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук,	21
Воденнікова Л.В., ас.	
Адитивні технології: перспективи та проблеми 3D та 4D-друку	

В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» запропонована комплексна технологія утилізації відходів виплавки марганцевих сплавів. Застосування технології дозволило:

- на 4–6% збільшити вилучення марганцю в умовах безперервно погіршення якості марганецьрудної сировини, що використовується при виробництві феросплавів;
- забезпечити практично повну переробку та використання шлаків поточного виробництва та приступити до переробки раніш накопичених у відвалах;
- зекономити енергетичні ресурси;
- на 7–9% знизити витрату коксової дрібниці при виробництві агломерату;
- забезпечити переробку та відвантаження споживачам попутного металу;
- освоїти випуск зі шлаків товарів народної потреби (шлакоблоки) та шлакового лиття.

Також в умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» розроблена технологія отримання силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів. Технологія оснований на відновленні кремнезему кварциту вуглецем коксу в присутності металевої фази – марганцю з металовідходів. Технологія дозволяє переробити відсів фракціонування товарного силікомарганцю та вуглецевого феромарганцю шляхом організації виплавки сплаву підвищеної якості та з покращеними техніко-економічними показниками.

В умовах АТ «Запорізький завод феросплавів» освоєна технологія виробництва гранул з марганецьвмісного пилю, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей.

На ВАТ «Костянтинівський металургійний завод» розроблена та апробована технологія утилізації відходів феромарганцю. Зокрема, для виробництва брикетів (виробництво мангановфлюсу) використовується колошниковий пил доменної печі, шлам з відстійників та відсів вапна.

УДК 669.183.2

Юрченко Є.О., магістрантка гр. 8.1369-мчм-д,

¹Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук, ²Воденнікова Л.В., ас. – наукові керівники

ТЕПЛОВА РОБОТА МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЕЧІ

¹*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, кафедра металургії*

²*Запорізький державний медичний університет, кафедра природничих дисциплін для іноземних студентів та токсикологічної хімії*

На сьогодні дуже актуальним є питання вдосконалення теплової роботи мартенівських печей з метою скорочення питомої витрати палива та енергоносіїв на виплавку сталі, а також зниження шкідливих викидів в навколишнє середовище (на базі безвитратних і малозатратних заходів).

Одним з найбільш ефективних енергоресурсозберігаючих напрямків, що дозволяють без значних часових та фінансових витрат істотно поліпшити техніко-економічні показники роботи мартенівських печей є вдосконалення системи їх опалення, в тому числі конструкції пристроїв для палення та режимів подачі енергоносіїв в робочий простір агрегату.

Відомо, що продуктивність мартенівської печі в значній мірі залежить від теплового режиму плавки і відповідної організації виробництва - безперебійної і своєчасної подачі матеріалів та рідкого чавуну, а також чіткого виконання всіх технологічних операцій.

Протягом усіх періодів мартенівської плавки в піч подають паливо, при цьому близько 85-90% тепла передається від факела до ванни випромінюванням, а 5-15% - конвекцією. Чим вище температура факела і ступінь чорноти полум'я, тим інтенсивніше нагрівається шихта і тим менше часу витрачається на плавку. Підвищення температури факела досягають поліпшенням ступеня нагріву повітря і газу в регенераторах і збагаченням повітря киснем; підвищення ступеня чорноти факела - карбюрація полум'я.

Іншими словами, теплова робота печі зводиться в основному до передачі тепла від факела до шихтових матеріалів, що завантажуваних в піч, а потім до рідкої ванни. Деяка кількість тепла витрачається також на підтримання печі в робочому стані, тобто на заповнення втрат тепла в навколишній простір та втрат тепла з газами, що відходять на холостому ходу печі. Тепловий режим мартенівської печі, що характеризується тепловим навантаженням, протягом плавки змінюється відповідно до витрати тепла в окремі періоди плавки.

По мірі збільшення садки печі зменшуються відносні втрати тепла на нагрів футеровки, на відведення тепла з охолоджувальною водою та інші втрати, в результаті питома витрата тепла знижується з 840 МДж/т для 10-20т печей до 210 МДж/т для 900-т печей.

Відомі роботи, в яких з метою забезпечення оптимальної організації газомазутного факела в робочому просторі печі і необхідної якості розпилювання мазуту, а також підвищення ефективності спалювання палива запропонований спосіб опалення мартенівської печі, заснований на оптимізації розподілу витрат природного газу сходами розпилювання при зміні його тиску перед пальником. Так на багатотоннажних мартенівських печах ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча» впроваджена нова конструкція газомазутного пальника с двохступеневим розпилюванням мазуту природним газом.

УДК 669.162.1-026.63+669.015-026.63

Гарус К.М., магістрант гр. 8.1369-мчм-з,
Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук – науковий керівник

РАДІОАКТИВНІСТЬ СИРОВИНИ ТА ПРОДУКТІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету,
кафедра металургії*

Перед сучасним суспільством постає проблема негативної екологічної дії радіації на навколишнє середовище. Це зумовлено невинним зростанням кількості радіоактивних речовин як природного, так і техногенного походження, підвищенням інтенсивності космічних променів, унаслідок чого екологічні системи Землі зазнають дедалі більшого впливу іонізуючого випромінювання. Також існує і проблема радіоактивності оточуючих людину матеріалів, зокрема проблеми радіоактивності металів та сплавів. Замірюванню радіоактивності підлягають залізорудні матеріалами, кокс, вапняк та продукти доменного виробництва.

В навколишньому середовищу накопичилося і продовжує накопичуватися велика кількість рідкоземельних металів, які відносяться до твердих радіоактивних відходів. Внесені в піч разом з шихтою радіоактивні відходи в процесі плавлення розподіляються по всьому об'єму рідкого металу рівномірно. В результаті утворюється джерело, випромінювання з поверхні якого в зовнішнє середовище формується сукупністю елементарних ізотропних випромінювачів, що знаходяться в його обсязі.

Радіаційний контроль металів та сплавів для виявлення радіаційного забруднення або гамма-випромінювань проводять спеціальними дозиметрами. Вимоги до забезпечення радіаційної безпеки при заготовці та реалізації металобрухту повинні відповідати СанПіН 2.6.1.993-00.

Мінеральні види сировини та кокси, що поступають на металургійні підприємства, вміщують радіоактивні елементи (радіонукліди) природного походження, головні серед яких $^{226}_{88}Ra$, $^{232}_{90}Th$, $^{40}_{19}K$ та інші члени радіоактивних рядів урану, торію та актиноурану.

Радіоактивність мінеральних видів сировини визначається вмістом в них радіоактивних елементів – членів радіоактивного ряду $^{238}_{92}U$, $^{235}_{92}U$, $^{232}_{90}Th$ та радіоактивного ізотопу калію $^{40}_{19}K$.