МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Зниження витрат електроенергії термічним обладнанням ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1413
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва освітньої програми)
Богдан А. С.
(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., проф., Коваленко В.Л.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент д.т.н., проф., Артемчук В.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут_____
Кафедра____Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти____другий (магістерський) рівень_____
Спеціальність __141____Електроенергетика,_____ електротехніка____та електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика,_____ електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф._____В.Л. Коваленко
«__02___»_____12_____2024__року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

_____Богдан Андрій Сергійович_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи __Зниження витрат електроенергії термічним обладнанням ПрАТ «Дніпроспецсталь»___
_____
керівник роботи ___Коваленко В.Л., д.т.н., проф._____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «_28_»_02__2024__року №_361 - с_____
2 Строк подання студентом роботи _____01 грудня 2024 р._____
3 Вихідні дані до роботи: Аналіз технологічних циклів підприємства, схема виробництва, баланс середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів сталеплавильного підприємства.
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _1) Аналіз технологічних циклів підприємства ПрАТ «Дніпроспецсталь». 2) Аналіз технології плавки та об'єкта дослідження 3) Енергетичні характеристики електросталеплавильного цеху № 3. 4) Математичне моделювання розподілу теплоти всередині пічної установки. 5) Охорона праці та техногенна безпека
5 Перелік графічного матеріалу: 1) Аналіз ефективності енергоспоживання цеху 2) План цеху. 3) Схема виробництва сталі 4) Аналіз енергоспоживання цеху 5)

Аналіз об’єкта дослідження 6) Схема установки 7) Динамічні характеристики електропривода вентилятора 8) Початковий варіант установки підігріву шихти 9) Математичне моделювання розподілу теплоти всередині пічної установки 10) Тривимірна модель розподілу температури

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В.Л., д.т.н., професор		
Розділ 2	Коваленко В.Л., д.т.н., професор		
Розділ 3	Коваленко В.Л., д.т.н., професор		
Розділ 4	Коваленко В.Л., д.т.н., професор		
Розділ 5	Коваленко В.Л., д.т.н., професор		

7 Дата видачі завдання 01.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічних циклів підприємства ПрАТ «Дніпроспецсталь»	30.09.2024	
2	Аналіз технології плавки та об’єкта дослідження	15.10.2024	
3	Енергетичні характеристики електросталеплавильного цеху № 3	25.10.2024	
4	Математичне моделювання розподілу теплоти всередині пічної установки	10.11.2024	
5	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2024	

Студент _____ А.С. Богдан
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ В.Л. Коваленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ І.І. Коваленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Богдан А.С. Зниження витрат електроенергії термічним обладнанням ПрАТ «Дніпроспецсталь». Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник В.Л. Коваленко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2024.

Досліджено структуру енергоспоживання термічного обладнання ПрАТ «Дніпроспецсталь», досліджено процес перетворення електричної енергії на теплоту, створено математичну модель розподілу температури всередині електропечі, розроблено інструментарій підвищення енергоефективності термічного обладнання на базі математичної моделі.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС, ФЕРОСПЛАВИ, РУДОВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕЛЕКТРОПІЧ, ПОТУЖНІСТЬ, ЕНЕРГОРЕСУРС, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, КОЕФЦІЄНТ ПОТУЖНОСТІ, ТРАНСФОРМАТОР, КОРОТКА МЕРЕЖА, ТЕПЛОВІ ВТРАТИ, ЕЛЕКТРИЧНІ ВТРАТИ, ЕЛЕКТРОД, ОХОЛОДЖЕННЯ, ШИХТА

ABSTRACT

Bogdan A.S. Reducing electricity consumption by thermal equipment of PrJSC "Dniprospetsstal". Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, scientific supervisor V.L. Kovalenko. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebnia. Department of Electrical Engineering and Cyber-Physical Systems, 2024.

The structure of energy consumption of thermal equipment of PrJSC "Dniprospetsstal" was studied, the process of converting electrical energy into heat was studied, a mathematical model of temperature distribution inside the electric furnace

was created, and a toolkit for increasing the energy efficiency of thermal equipment based on a mathematical model was developed.

Key words: ENERGY BALANCE, FERROALLOYS, ORE-REGENERATING ELECTRIC FURNACE, CAPACITY, ENERGY RESOURCE, ELECTRICITY, POWER FACTOR, TRANSFORMER, SHORT NETWORK, HEAT LOSSES, ELECTRICAL LOSSES, ELECTRODE, COOLING, BATCH

ЗМІСТ

Вступ……...7

1. Аналіз технологічних циклів підприємства ПрАТ «Дніпроспецсталь»……14

1.1 Основна інформація про підприємство……...14

1.2 Схема виробництва……...14

1.3 Переробне виробництво……...18

1.4 Баланс середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів сталеплавильного підприємства……...22

2. Аналіз технології плавки та об’єкта дослідження……...25

2.1 Характеристика електропечі та її опис……...25

2.2 Електричне устаткування електропечі……34

2.3 Технічна характеристика дугової печі ДСВ – 50……...38

3. Енергетичні характеристики електросталеплавильного цеху № 3…….42

3.1 Характеристика споживачів електричної енергії……...42

3.2 Підігрів шихти в завантажувальних баддях……...46

4. Математичне моделювання розподілу теплоти всередині пічної установки……54

4.1. Створення алгоритму побудови моделі……54

4.2 Економічний єфект від модернізації системи нагріву шихти……...62

4.3 Методика розрахунку теплообміну в шарі шихти ……....73

4.4 Розрахунок енергетичного ефекту……...78

4.5 Додаткові заходи підвищення енергоефективності підприємства……..81

4.6 Техніко-економічне обґрунтування впровадження додаткових енергозберігаючих заходів……...83

5. Охорона праці та техногенна безпека……...85

5.1 Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища феросплавного цеху……85

5.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища феросплавного виробництв……..90
5.3 Заходи з електробезпеки……...94
5.4 Заходи пожежної безпеки…….95
Висновки……..99
Перелік посилань……...100

ВСТУП

Металургія є базовою галуззю української промисловості, яка забезпечує потреби країни в чорних і кольорових металах. За випуском продукції їй належить провідне місце: на металургію припадає 23,2% загального обсягу промислового виробництва.

Зростання частки металургії в промисловому виробництві України відбувалося не за рахунок збільшення випуску продукції, а в результаті меншого, порівняно з іншими галузями, його скорочення. Основними причинами цього є звуження потреб внутрішнього і закордонного ринків на металопродукцію, порівняно низька її якість, застарілі технології, перебої в постачанні палива, сировини та електроенергії.

Металургію України формують дві галузі: чорна і кольорова. Головною є чорна металургія. За випуском чорних металів наша країна посідає одне з провідних місць у світі. Метали широко використовуються в усіх галузях господарства. Перше місце щодо використання металів належить машинобудуванню.

Чорна металургія охоплює низку виробництв, найважливішими серед яких є видобуток (підземний і відкритий) і збагачення залізних та марганцевих руд, нерудної сировини, виплавляння чавуну, сталі, виробництво прокату, електросплавів, коксу і вогнетривів, вторинна обробка металів.

Підприємства чорної металургії зосереджуються у місцях залягання залізних руд, коксівного вугілля. Під час будівництва металургійного заводу враховують наявність родовищ сировини для виробництва вогнетривкої цегли, необхідної для роботи в умовах високотемпературних процесів, а також так званих флюсів (вапняків, доломітів), за допомогою яких очищають гарячий розплавлений метал. Галузь є водомісткою і тому орієнтується також на водні ресурси.

В Україні дуже вдало територіально розміщені всі основні ресурси, що використовуються у чорній металургії. Країна має у цьому відношенні чи не найкраще становище в світі, причому запаси всіх потрібних для металургії сировинних ресурсів у Донбасі та Придніпров'ї дуже великі, що і створює сприятливі можливості для розширення металургійного виробництва.

У радянські часи чорна металургія України повністю задовольняла свої потреби в залізних і марганцевих рудах, чавуні, сталі, прокаті; значна частка цієї продукції вивозилася за її межі. Основний обсяг капітальних вкладень направлявся на розширення гірничодобувних галузей; не вистачало коштів на технологічне переоснащення власне металургійного виробництва.

Видобуток залізної руди в Кривому Розі розпочався у 1880 р., а вже через 10 років тут зосереджувалася четверта частина всього видобутку. Це — один з найбільших у світі центрів видобутку залізної руди. Напередодні Першої світової війни в Україні видобували 6,4 млн тонн залізної руди.

Потужний комбінат із збагачування залізних руд споруджено в Комсомольську (Полтавська обл.) на базі Кременчуцького родовища залізних руд. Залізні руди видобувають також на Керченському півострові в Криму.

У середині 80-х років XIX ст. почалася розробка одного з найбільших у світі родовищ марганцевих руд, що розміщене поблизу Нікополя (Дніпропетровська обл.). Ці руди використовують для виплавляння чавуну, спеціальних сплавів і сталей.

Освоєно видобуток вогнетривких глин у Донбасі, а також іншої потрібної в чорній металургії сировини.

Виробництво чавуну і сталі на Донбасі розпочалося в 70-х роках минулого століття в Юзівці (Донецьк). У 1913 р. в Україні працював 121 невеликий металургійний завод.

Історично сформувалися три регіони чорної металургії — Донбас, Придніпров'я і Приазов'я, орієнтовані на власні вугільні, залізорудні, марганцеві та інші мінерально-сировинні ресурси (Донбас — на коксівне вугілля, Придніпров'я — на криворізькі залізні і нікопольські марганцеві руди

та водні ресурси Дніпра, Приазов'я (Маріуполь) — на вигідне економіко-географічне положення поблизу вугільних шахт Донбасу і Керченського родовища залізних руд, що надходять туди морським шляхом).

Чорна і кольорова металургія (доступно тільки при скачуванні повної версії)

Найбільшими центрами чорної металургії в Україні є Маріуполь, Дніпродзержинськ, Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Донецьк, Макіївка, Запоріжжя. Найбільше металу в Україні випускають у Дніпропетровській і Донецькій областях.

Прокатний стан на комбінаті «Азовсталь» в Маріуполі (доступно тільки при скачуванні повної версії)

Дев'ята домна (Кривий Ріг) (доступно тільки при скачуванні повної версії)

Отже, на порівняно невеликій території Придніпров'я, Криворіжжя, Донбасу і Приазов'я зосереджені великі промислові центри чорної металургії. За рівнем просторової концентрації виробництва металу цим регіонам належить одне з провідних місць у світі.

Підприємства феросплавної промисловості виплавляють різноманітні сполуки заліза з кремнієм, марганцем, молібденом, хромом, що поліпшує властивості сталей. Україна є однією з найбільших у Європі країн з виробництва феросплавів. Виплавляють феросплави на багатьох підприємствах Донбасу та Придніпров'я, серед яких спостерігається певна технологічна і просторова спеціалізація. Наприклад, доменний дзеркальний чавун і феромарганець виплавляють у Краматорську, Костянтинівці та Комунарську (Донецька обл.), електросплави — у Запоріжжі, Нікополі, Кадіївці (Донецька обл.). Впровадження нових екологічно досконалих технологій для одержання феросплавів — одне з найважливіших завдань розвитку цієї галузі.

Прокатне виробництво є складовою завершальною ланкою металургійного циклу. Воно випускає сталеві труби різного діаметра, сортовий і листовий прокат, рейки тощо. Ці вироби широко використовують в усіх

галузях господарства. Виробництво прокату чорних металівв Україні досить значне, хоч за останні роки скоротилося.

Україна є відомим у світі виробником труб різного призначення, серед яких переважають труби для транспортування нафти і газу. Їх виробляють у районах розміщення чорної металургії: Нікополі, Харцизьку, Новомосковську, Дніпропетровську. Частина труб експортується. У 1997 р. в Україні вироблено 215 тис. кілометрів стальних труб.

Коксохімічні підприємства випалюють з коксівного вугілля кокс для потреб чорної металургії. Це вугілля видобувають в Донбасі. Кокс має бути міцним, щоб у домнах його не спресувала залізна руда, яку пластами перемежовують з коксом. Інакше повітря не надходитиме в домну і не горітиме кокс, який плавить залізну руду. Центрами коксохімічного виробництва в Україні є райони виробництва чорних металів — Дніпродзержинськ, Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Донецьк, Макіївка, Горлівка.

Чавун і сталь виплавляють при високих температурах у доменних і мартенівських печах. Для їх будівництва використовують вогнетривку цеглу. Центрами її виробництва є Часів Яр, Горлівка (Донецька обл.), Христофорівка (Дніпропетровська обл.) та ін.

Останнім часом почалася стабілізація в металургійній промисловості. В 1997 р. випуск її продукції збільшився порівняно з попереднім майже на 8%, в кольоровій — на 2,3%. Це добра ознака, що свідчить про вихід підприємств з кризового стану. Однак якість продукції через застарілі технології ще відстає від відповідних показників передових європейських країн.

Чорна металургія складається з виробництв, які дуже забруднюють довкілля. Розв'язання екологічної проблеми в районах розвитку чорної металургії — важливе завдання державного значення.

Кольорова металургія є менш розвинутою галуззю в Україні порівняно з чорною. Однак потреби держави в кольорових металах значною мірою задовольняються за рахунок власного виробництва. У 1997 р. на кольорову металургію припадало 1,5% всієї промислової продукції України.

Серед галузей кольорової металургії провідною є алюмінієва, яка складається з виробництва глинозему (напівфабрикату для виплавляння алюмінію) і виробництва самого алюмінію. Частка їх становить близько 30% продукції всієї кольорової металургії країни. Галузь представлена збудованим за останні роки потужним Миколаївським глиноземним заводом, який працює на привізній сировині (з Північної Африки). В Запоріжжі на металургійному заводі виплавляють алюміній. Оскільки виробництво алюмінію дуже енергомістке, завод розміщений неподалік від Дніпровської ГЕС.

У Свердловську (Луганська обл.) працює завод алюмінієвих сплавів, у Костянтинівці (Донецька обл.) — завод виробництва цинку, у Світловодську (Кіровоградська обл.) — завод чистих металів . Калуш (Івано-Франківська обл.) — центр виробництва магнію, смт. Побузьке (Кіровоградська обл.) — нікелю, Запоріжжя — магнію і титану. Видобуток і збагачення титану здійснюються також на Іршанському гірничо-збагачувальному комбінаті на Житомирщині та в Північному Криму. Ртуть видобувають і виробляють у Микитівці (Донецька обл.), золото — у с. Мужієве (поблизу Берегового) в Закарпатті, де працює золото-поліметалічний комбінат.

У цеху заводу чистих металів у Світловодську (доступно тільки при скачуванні повної версії)

Великим центром електродної промисловості, де широко використовуються кольорові метали, є Запоріжжя.

У майбутньому кольорова металургія дещо змінюватиме свою спеціалізацію, зокрема за рахунок виробництва труб з алюмінію і титану, широкої утилізації брухту кольорових металів, поліпшення якості виробівМеталургія є ключовою галуззю української промисловості, яка задовольняє потреби країни в чорних і кольорових металах. Ця галузь займає провідне місце в промисловому виробництві, формуючи 23,2% його загального обсягу. Зростання частки металургії відбувається не через збільшення обсягів виробництва, а внаслідок меншого скорочення випуску порівняно з іншими секторами. Основні причини цього явища включають зменшення попиту на

металопродукцію як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, низька якість продукції, застарілі технології та перебої в постачанні пального, сировини та електроенергії.

Металургія України складається з двох основних напрямів: чорної та кольорової. Чорна металургія є провідною в цьому контексті, і країна посідає одне з найпередовіших місць у світі за обсягами виробництва чорних металів. Метали беруть активну участь у всіх сферах економіки, а найбільше їх використовує машинобудування. Чорна металургія охоплює різноманітні виробництва, серед яких видобуток і збагачення залізних і марганцевих руд, виплавка чавуну та сталі, виробництво прокату, електросплавів, коксу і вогнетривів.

Підприємства чорної металургії зазвичай розташовані поблизу місць видобутку сировини, такої як залізні руди та коксівне вугілля. При будівництві металургійних заводів враховується доступність родовищ вогнетривкої цегли та флюсів, які використовуються для очищення гарячого металу. Оскільки галузь вимагає великої кількості води, підприємства також орієнтуються на наявність водних ресурсів.

На території України географічно зосереджені всі основні ресурси, необхідні для чорної металургії, зокрема в Донбасі та Придніпров'ї, що створює сприятливі можливості для зростання виробництва. У радянський період чорна металургія цілком покривала свої потреби у сировині, однак сучасні підприємства потребують технологічного оновлення.

Видобуток залізної руди розпочався в Кривому Розі наприкінці XIX століття, що перетворило цей регіон на один з найбільших у світі центри видобутку. Інші значні райони видобутку включають Кременчуцьке родовище та Керченський півострів. Також в Україні активно видобуваються марганцеві руди біля Нікополя, а виробництво чавуну та сталі розпочалося в Юзівці (Донецьк).

В трьох основних регіонах чорна металургія сформувалася: Донбас, Придніпров'я та Приазов'я, які орієнтуються на наявність відповідних

природних ресурсів. Провідними центрами галузі є Маріуполь, Дніпродзержинськ, Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Донецьк, Запоріжжя.

Дослідження вказують на те, що підприємства, що займаються виробництвом феросплавів, також активно розвиваються, зокрема в Донбасі та Придніпров'ї. Виробництво прокату металів, хоча і скоротилося в останні роки, залишається значимим. Україна членує у світових постачаннях металевих труб, зокрема для транспортування нафти і газу.

Коксохімічна промисловість має важливе значення для чорної металургії, адже кокс, що виробляється з коксівного вугілля, використовується в процесах плавлення в доменних печах. Серед центрів коксохімічного виробництва - райони чорної металургії, такі як Дніпропетровськ, Кривий Ріг та Донбас.

Чорна металургія значно забруднює довкілля, і вирішення екологічних проблем у регіонах, де вона розвивається, є одним з пріоритетних завдань для держави. На відміну від чорної, кольорова металургія в Україні розвинута менше, але також задовольняє потреби країни, забезпечуючи 1,5% від загального обсягу промислової продукції. Головним напрямком є алюмінієва металургія, що представлена потужним Миколаївським глиноземним заводом та іншими підприємствами.

В цілому, українська металургія має значний потенціал для подальшого розвитку, проте виклики, пов'язані з якістю продукції та екологічними питаннями, потребують уваги та інвестицій у модернізацію та інновації.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЦИКЛІВ ПІДПРИЄМСТВА ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

1.1 Основна інформація про підприємство

ПрАТ «Дніпроспецсталь» є провідним виробником сортової нержавіючої сталі на ринках СНД і лідером в Україні у цій галузі. Як найбільша міжнародна компанія, Дніпроспецсталь займається розробкою, виготовленням та реалізацією металопродукції, що включає неіржавіючу, інструментальну, швидкорізальну (в тому числі виготовлену за методом порошкової металургії), підшипникову, конструкційну леговану та вуглецеву сталі.

Технології, що застосовуються на заводі, дозволяють виробляти сталі та сплави високої якості, які використовуються у найважливіших сферах промисловості, таких як машинобудування, суднобудування, автомобілебудування, а також в авіакосмічній та нафтогазовій галузях. З цих матеріалів виготовляють деталі механізмів, безшовні труби, підшипники та інструменти для обробки металів та сплавів.

Географічне положення компанії забезпечує їй істотну перевагу при виході на ринки СНД та ЄС. Продукція Дніпроспецсталі користується попитом більш ніж у 60 країнах. Услід за збереженням лідерства на внутрішньому ринку, компанія активно розширює свою присутність у Європі, Америці та Азії, співпрацюючи з партнерами і дистриб'юторами в 15 країнах світу.

1.2 Схема виробництва

Дніпроспецсталь виготовляє понад 800 марок сталі в 1200 профілерозмірах. Компанія постійно вдосконалює виробничі потужності, впроваджує нові технології та сучасне обладнання, що дозволяє їй випускати

продукцію високої якості. Технологічна схема виробництва, наведена на рисунку 1.1, передбачає оптимальне поєднання різних процесів, що сприяють отриманню продукції з необхідними властивостями відповідно до індивідуальних замовлень клієнтів.

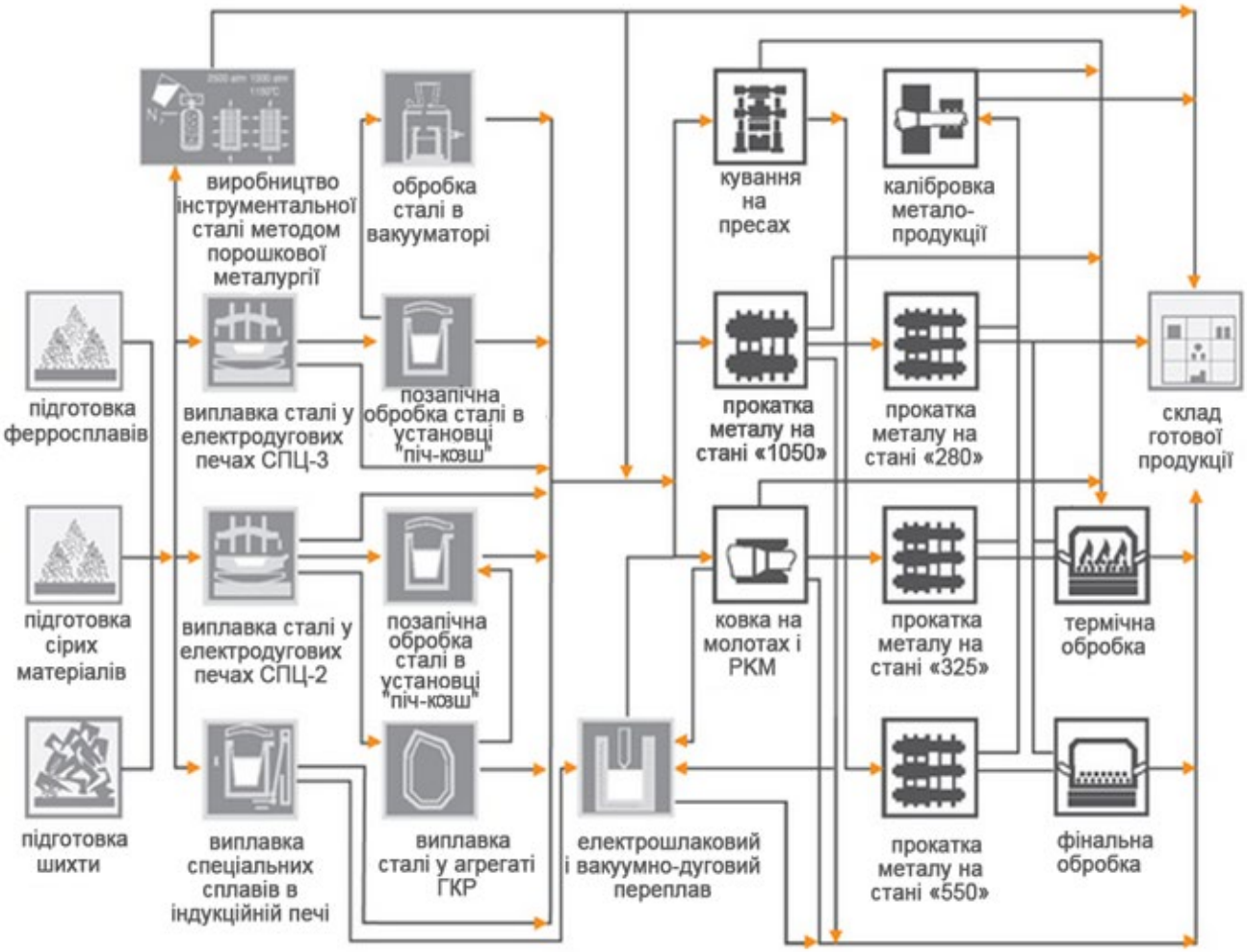


Рисунок.1.1 – Схема виробництва сталі

Виробництво сталі на ПрАТ «ДСС» представлено чотирма сталеплавильними цехами.

У цеху порошкової металургії встановлена індукційна піч ємністю 4 тонни. Для виробництва більш ніж 30 марок швидкорізальної та інструментальної сталі, що задовольняє вимогам стандартів ГОСТ, DIN, ASTM, застосовується процес ASEA-STORA (холодне і гаряче ізостатичне пресування при температурі 1100-1150 ° С і тиску 1000 атм.).Виробничий процес сталі на

Дніпроспецсталі організований у чотирьох сталеплавильних цехах, які забезпечують високоякісну продукцію. Одним із ключових елементів цього виробництва є цех порошкової металургії, обладнаний індукційною піччю з потужністю 4 тонни. Ця піч дозволяє виготовляти широкий асортимент сталей, зокрема понад 30 марок швидкорізальної та інструментальної сталі.

Цей сталеплавильний процес відповідає суворим вимогам міжнародних стандартів, таких як ГОСТ, DIN та ASTM, що гарантує високу якість продукції. Для досягнення таких показників використовується технологія ASEA-STORA, яка передбачає як холодне, так і гаряче ізостатичне пресування. Цей процес здійснюється при температурах від 1100 до 1150 °C і під тиском 1000 атмосфер, що дозволяє досягати оптимальних фізичних і механічних властивостей готового матеріалу.

Завдяки цій технології Дніпроспецсталь може виробляти сталі з унікальними характеристиками, що робить їх ідеальними для застосування в умовах високих навантажень та екстремальних умов експлуатації. Таким чином, підприємство не лише задовольняє потреби українського ринку, а й успішно конкурує на міжнародній арені, пропонуючи споживачам продукцію, яка відповідає найвищим стандартам якості.

У сталеплавильному цеху №2 виплавка сталі ведеться у відкритій електродуговій печі, з наступною продувкою в аргонокіслородному конверторі і обробкою на установці піч-ковш. Цей процес дозволяє отримати низковуглецеву корозійностійку нержавіючу сталь. Цех обладнаний індукційною піччю ємністю 8 тонн для виробництва жароміцних сталей і спеціальних сплавів.

У сталеплавильному цеху № 3 отримують високоякісну сталь шляхом обробки напівпродукту на установці піч-ковш фірми Danieli з подальшим вакуумуванням розплаву в вакууматорі фірми Mannesmann Demag.Завдяки впровадженню передових технологій Дніпроспецсталь має можливість виготовляти сталі з унікальними фізико-хімічними властивостями, що робить їх ідеальними для використання в умовах високих механічних навантажень, а

також у екстремальних ситуаціях, таких як підвищені температури або корозійні середовища. Це не лише дозволяє підприємству задовольняти потреби українського споживача, але й забезпечує йому конкурентоспроможність на міжнародному ринку. Дніпроспецсталь надає своїм клієнтам продукцію, яка відповідає найвищим світовим стандартам якості, що стало запорукою успішної співпраці з партнерами з різних країн.

У сталеплавильному цеху №2 виплавка сталі відбувається за сучасною технологією у відкритій електродуговій печі, що дозволяє досягати високої точності у контролі якості матеріалу. Після цього, розплавлена сталь проходить через процес продувки в аргонокисневої конвертерній установці, а потім обробляється на спеціалізованій установці піч-ковш. Цей процес забезпечує отримання низьковуглецевої корозійностійкої нержавіючої сталі, що ідеально підходить для виробництв, де важливі стійкість до корозії та механічна міцність.

У сталеплавильному цеху №3 технологічний процес сфокусований на отриманні високоякісних сталей шляхом обробки напівпродуктів на інноваційній установці піч-ковш, виготовленій компанією Danieli. Після цього проводиться вакуумування розплаву в автоматизованому вакууматорі виробництва Mannesmann Demag, що забезпечує виняткову чистоту та якість продукції. Ця технологія дозволяє виготовляти сталі, які відповідають специфікаціям для найвимогливіших галузей, таких як авіаційна, автомобільна, та інша спеціалізована промисловість.

Отже, Дніпроспецсталь не лише підтримує високу якість своїх виробів, але й активно впроваджує інновації, що допомагають підприємству відзначатися на змаганнях міжнародної арени.

Сталеплавильний цех №5 обладнаний печами ЕШП і ВДП різної ємності, що дозволяють виробляти сортові злитки вагою 0,9-6,0 тонн і листові злитки вагою 9,3-20,0 тонн. Технологія ЕШП забезпечує отримання сталі і спеціальних сплавів, що використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості: авіаційної, оборонної, а також теплової та атомної енергетики.

1.3 Передільне виробництво

Передільне виробництво ДСС представлено прокатним, калібрувальним, ковальським, ковальсько-пресовим, термічним цехами і цехом ад'юстажной обробки металу, встановлена потужність споживачів ц зображена у таблиці 1.1.

Основна частина виробів проводиться гарячої прокаткою. Холодна прокатка застосовується головним чином для виробництва листів та стрічки товщиною 1,5-4 мм і тонкостінних труб; вона служить для обробки гарячекатаного металу з метою надати йому більш гладку поверхню і кращі механічні властивості, або застосовується у зв'язку з труднощами нагріву і швидким охолодженням виробів малої товщини.

На сорто-заготовочному стані 1050/950 прокатного цеху отримують заготовку для подальшої прокатки на сортових станах, а також виробляють прутки діаметром 130-280 мм. Сортові прокатні стани 550, 325 і 280 випускають продукцію діаметром від 8 до 130 мм, з поверхнею в стані після прокатки або механічно оброблену. Обробка поверхні продукції здійснюється на безцентрових обдирних верстатах в ході повністю механізованого процесу. На ділянці оздоблювальної лінії прокатного цеху, на верстаті Loeser RPS 377 відбувається обробка прутків діаметром 120-280 мм всього марочного сортаменту заводу вагою до 2,6 тонн. В обладнанні застосована технологія мокрого шліфування на «контактному колі» або «вільної стрічкою». Вся продукція, діаметром від 20 мм і більше, підлягає ультразвуковому контролю відповідно до стандарту EN 10308, ASTM A388 або SEP 1921.

У калібрувальному цеху виробляють круглі холоднотягнуті прутки діаметром 2-45 мм, круглі прутки зі спеціальною обробкою поверхні діаметром 1,9-50 мм і калібровані прутки шестигранного перетину, діаметром вписаного кола 12-46 мм (для ринку СНД).

Великогабаритні кування круглого, квадратного і прямокутного перерізу з різних марок сталі є продукцією кувально-пресового цеху. У цеху

встановлено гідравлічні преси зусиллям 60 МН і 32 МН, оснащені 5-ти і 10-ти тонними маніпуляторами. У цеху знаходяться ділянки для термообробки, правки та оздоблення поковок, а також для ультразвукового контролю якості.

Кувальний цех виготовляє продукцію з нержавіючих, інструментальних, швидкорізальних марок сталі і сплавів, також спеціалізується на виробництві прутків з важко деформуються легованих марок сталі. У цеху встановлено дві радіально-кувальні машини номінальним зусиллям 10 МН і 3,4 МН. Ми бачимо діаграму встановленої потужності споживачів электроенергії передільного виробництва (рисунок 1.2).

Цех ад'юстажної обробки металу проводить механічну обробку поверхні прутків діаметром 20-200 мм, остаточна обробка прутків зі спецвідділкою до кола 160 мм виробляється на верстаті RPS 327. У цеху встановлено дві лінії для обточування і спеціальної обробки поверхні. Тут проходять заключну обробку прутки, що надходять з прокатних станів 1050, 550, 325 і 280, а також кувального і кувально-пресового цехів. Передільне виробництво на підприємстві Дніпроспецсталь представлено кількома цехами, які включають прокатний, калібрувальний, ковальський, ковальсько-пресовий, термічний цехи, а також цех ад'юстажної обробки металу. У таблиці 1.1 показана встановлена потужність споживачів цих цехів. Основна частина продукції виготовляється за допомогою гарячої прокатки, тоді як холодна прокатка застосовується переважно для виробництва листів і стрічок товщиною 1,5-4 мм, а також для виготовлення тонкостінних труб. Холодна прокатка дає можливість обробити гарячекатаний метал, надаючи йому більш гладку поверхню та покращуючи механічні властивості. Цей метод також використовується у випадках, коли важко здійснити нагрів і швидке охолодження виробів малої товщини.

Калібрувальний цех спеціалізується на виробництві круглих холоднотягнуті прутків діаметром від 2 до 45 мм, а також круглих прутків з особливою обробкою поверхні діаметром від 1,9 до 50 мм і спеціальних

каліброваних прутків шістигранного перетину, діаметром вписаного кола від 12 до 46 мм, призначених для ринку країн СНД.

Ковальсько-пресовий цех займається виготовленням великогабаритного кування круглої, квадратної та прямокутної форми з різних марок сталі. У цьому цеху встановлено потужні гідравлічні преси з зусиллям 60 МН і 32 МН, оснащені маніпуляторами вантажопідйомністю 5 і 10 тонн. Тут також є ділянки для термообробки, правки та оздоблення поковок, а також для ультразвукового контролю якості, що забезпечує високу надійність готової продукції.

Кувальний цех спеціалізується на виробництві з нержавіючих, інструментальних та швидкорізальних марок сталі та сплавів. У ньому також виготовляють прутки з важко деформованих легованих сталей. У цьому цеху функціонують дві радіально-кувальні машини з номінальним зусиллям 10 МН і 3,4 МН — обладнання, що відповідає сучасним вимогам до виробництва.

На завершення, цех ад'юстажної обробки металу відповідає за механічну обробку поверхні прутків діаметром 20-200 мм. Остаточна обробка прутків зі спеціальними вимогами проводиться на верстаті RPS 327. У цьому цеху працюють дві лінії для обточування та спеціальної обробки, які беруть участь у завершальному процесі обробки прутків, що надходять з прокатних станів 1050, 550, 325, 280 і ковальського та ковальсько-пресового цехів. Таким чином, підприємство Дніпроспецсталь забезпечує широкий спектр високоякісної продукції завдяки усім етапам передільного виробництва, що дозволяє задовольняти вимоги як вітчизняного, так і міжнародного ринків.

Таблица 1.1 –Встановлена потужність споживачів цехів

Встановлена потужність кВт		Найменування цеху					
Напруга, кВ		ЕСПЦ-1	ЕСПЦ-2	ЕСПЦ-3	ЕСПЦ-5	ЦПМ	Копровий цех
	0,4	4938,8	6275,2	4794,2	1102,2	8651	3517
	6	200	4300	4800	85718	4200	4000
	35	-	52000	88000	-	-	-
		Прокатний цех	Кувальний цех	Термічний цех	Калибрувальний цех	УПСМ	Энергосиловий цех
	0,4	44042	4592	1628	3256	833	22902
	6	30500	1260	-	1500	-	17150
	35	-	-	-	-	-	-

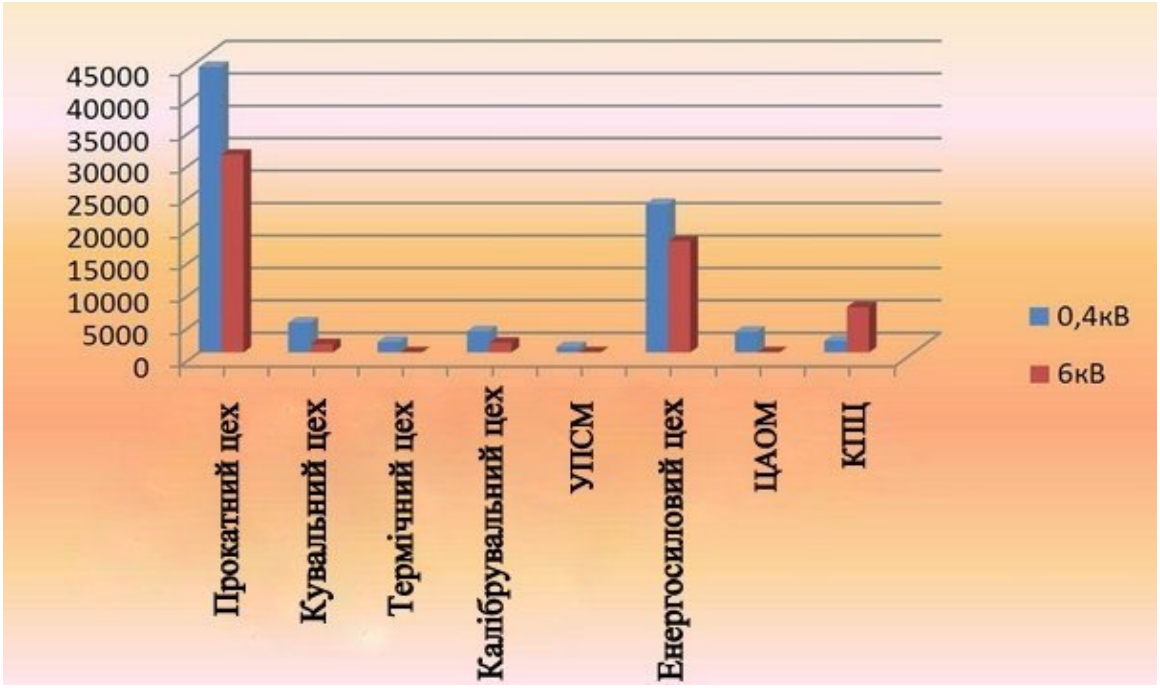


Рисунок 1.2 - Діаграіма встановленої потужності споживачів электроенергії передільного виробництва

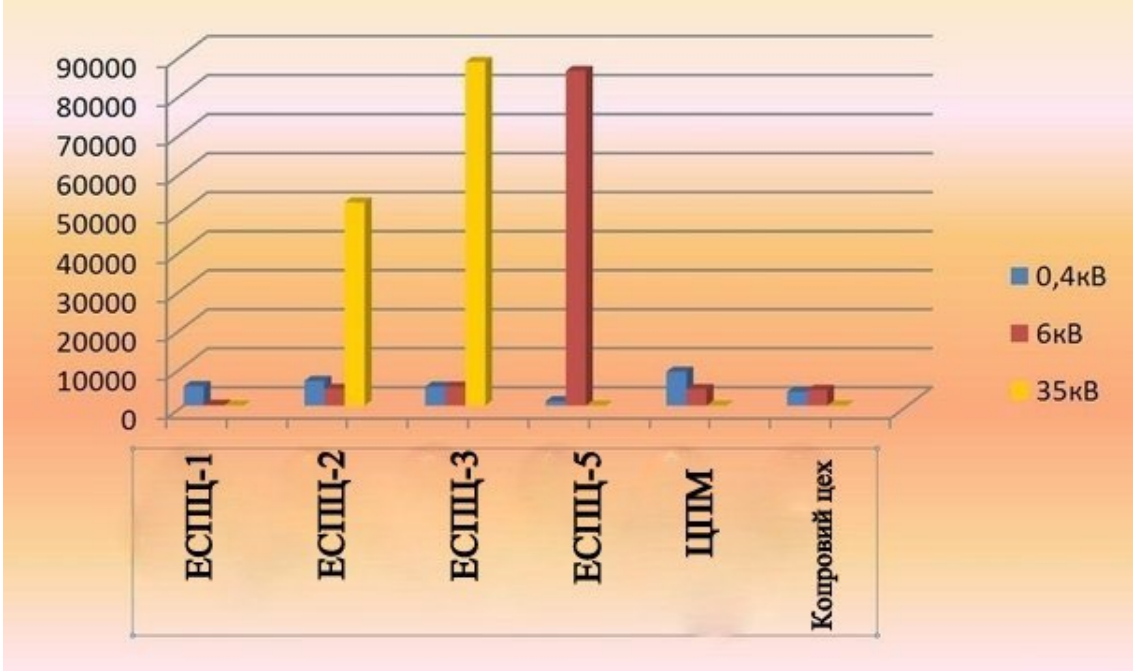


Рисунок 1.3 - Діаграма встановленої потужності споживачів электроенергії сталеплавильного виробництва

1.4 Баланс середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів сталеплавильного підприємства

Ступінь і ефективність використання дугових електропечей варто особливо розглянуті під час проведення поглибленого обстеження.

За результатами аналізу споживання електроенергії було виявлено, що найбільшу кількість електроенергії споживається електропечами . Тому доцільним буде проаналізувати і дати рекомендації з енергозбереження печей, так як вони мають великий потенціал енергозбереження.Ступінь і ефективність використання дугових електропечей займають важливе місце в контексті комплексного дослідження енергетичних витрат підприємства. Після проведення аналізу споживання електроенергії було виявлено, що саме дугові електропечі є найбільшими споживачами електроенергії в технологічних

процесах. У зв’язку з цим, доцільно докладніше проаналізувати їх роботу та розробити рекомендації щодо впровадження заходів з енергозбереження.

Баланс середньодобового споживання электроенергії по КТП цехів сталеплавильного підприємства наведений у таблиці 1.5, та графічно відображений на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Баланс середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів сталеплавильного підприємства

№ п/п	Найменування цеху	Споживання	
		кВт·год	%
1	СПЦ1	11400	11,9
2	СПЦ2	20400	21,3
3	СПЦ3	29700	31
4	СПЦ5	12850	13,4
5	ЦПМ	12100	12,6
6	Копровий цех	9500	9,8
Всього		95950	100

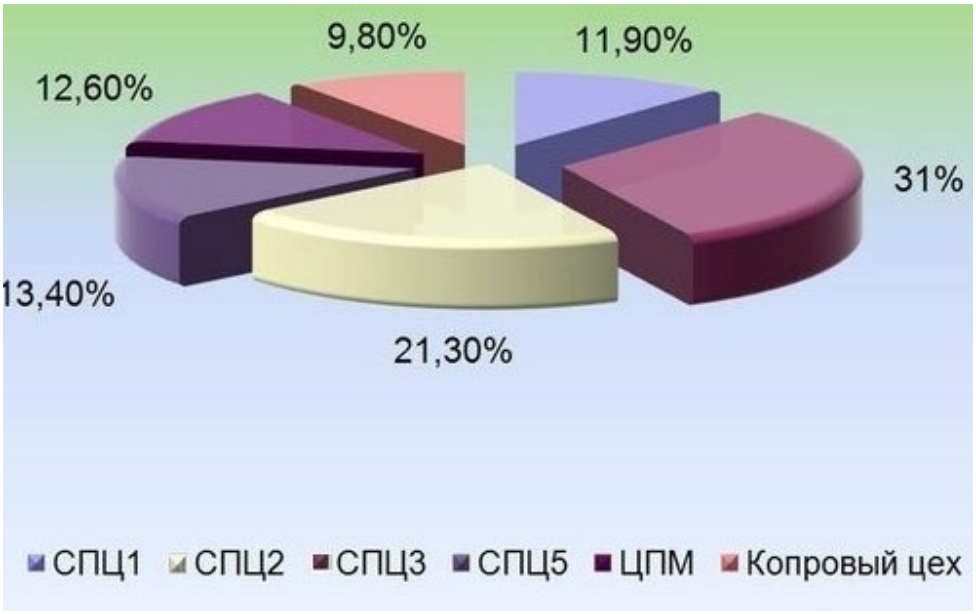


Рисунок 1.6 – Діаграма балансу середньодобового споживання электроенергії по КТП цехів сталеплавильного виробництва

Дугові електропечі мають значний потенціал для оптимізації енергетичних витрат. Правильні технологічні рішення, а також вдосконалення режимів роботи можуть суттєво зменшити споживання електроенергії без втрати якості продукції. Наприклад, впровадження системи автоматичного контролю температури і електродів може забезпечити більш стабільний процес плавлення, знижуючи потребу в електроенергії.

Крім того, важливо розглянути можливість модернізації обладнання й використання енергоефективних технологій, які здатні підвищити загальну ефективність печей. Такі кроки дозволять не тільки зменшити витрати на електроенергію, а й поліпшити екологічні показники виробництва, зменшуючи викиди в атмосферу.

Отже, системний та комплексний підхід до аналізу енергоспоживання дугових електропечей може відкрити нові можливості для енергозбереження й стати основою для розробки ефективних практик, що дасть можливість підвищити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ПЛАВКИ ТА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика електропечі та її опис

Сталь передбачено виплавляти за класичною технологією в основних електропечах типу ДСВ-50.

Число плавок на одну піч на добу:

$$24 \cdot 4 = 6 \text{ плавок}, \quad (2.1)$$

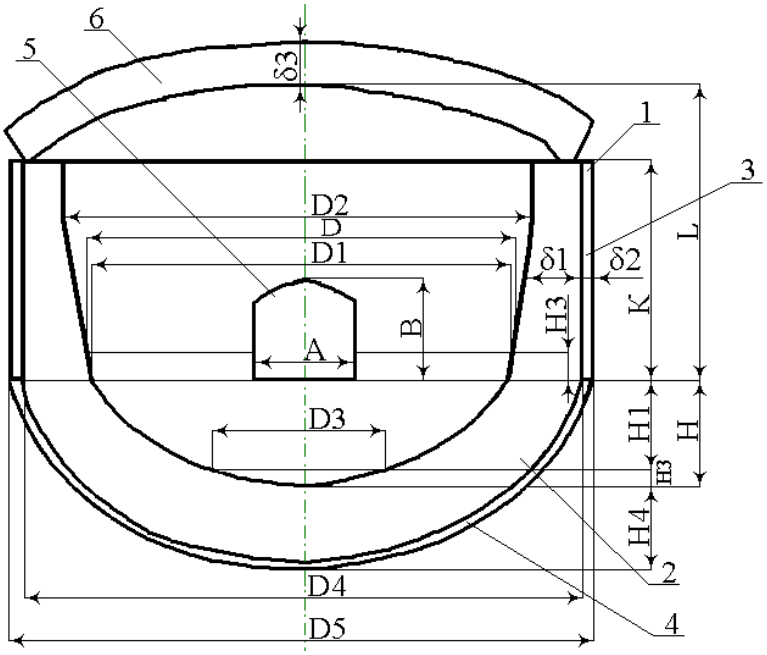
Всього з однієї печі плавок на рік:

$$357 \cdot 6 = 2142 \text{ плавки}, \quad (2.2)$$

Таким чином для виплавки 500 тис. тон сталі потрібно:

$$500000/2142 \cdot 5 = 4{,}6 \text{ печі, приймаемо 5.} \quad (2.3)$$

Висота нижньої циліндричної частини кожуха визначається конструктивно. При цьому необхідно забезпечувати надійність роботи футерування печі і мінімальний витрата вогнетривких матеріалів. Основні розміри показані на рисунку 2.4.



1 – кожух; 2 – футеровка; 3 – подина; 4 – футеровка; 5 – смотрове вікно; 6 – звод

Рисунок 2.4 - Основні разміри печі.

Корпус електропечі складається з днища, кожуха, пісочного затвору, робочого вікна і зливного носка. Корпус повинен мати достатню міцність, що дозволяє витримувати масу футерування і металу, динамічні удари шихти при завантаженні, а також тиск кладки печі в результат і її теплового розширення і нагріву під час плавки до температури вище 1500 С. Корпус виконують зварним з листового заліза завтовшки 1640 мм залежно від розмірів печі. Зазвичай товщину корпусу приймають рівно 1/200 діаметру кожуха печі. Частини корпусу печі, розташовані нижче і вище за поріг робочого вікна, відносять відповідно до днища і до кожуха.

Днище слугує підставою для кладки вогнестійкого футерування подини та відкосів, утворюючих ванну для рідкого металу і шлаку. Нижню частину днища виконують сферичної або конічної форми. Центральну частину днища для печей з електромагнітним перемішуванням ванни виготовляють з немагнітної сталі. Кожухи дугових печей виготовляють різної форми: циліндричні, ступінчасті, конічні, циліндроконічні, бочкоподібні і ін.

Від кожуха залежать розміри і форма робочого простору печі, що утворюється ванною та вогнестійким футеруванням стін. Для надання міцності до кожуха приварюють рівні по товщині вертикальні і горизонтальні ребра і кільця жорсткості. Останні на печах із завантаженням згори використовують в якості пісочних затворів для ущільнення печі і запобігання викидів газу і пилу. Затвори, які завинуті всередину печі, погіршують умови служби футерування стін і не отримали широкого поширення.

Для прискорення поломки зношеної і виготовлення нового футерування стін використовують роз'ємні кожухи. В цьому випадку кріплення кожуха до днища здійснюють болтами або клинами. Для швидкої зміни пошкоджених ділянок пісочні затвори виготовляють з 3.4 окремих сегментів. Для поліпшення умов служби пісочного затвору і футерування стін використовують водне охолодження. Для виходу газів при сушці футерування в кожусі і днищі роблять отвори діаметром до 20 мм.

До днища і кожуха електропечі кріплять постіль зливу. На печах з роз'ємним кожухом постіль носка кріплять тільки до днища. До постілі на болтах зміцнюють зливний носок, що складається з жолоба і насадки. При виході з ладу насадок їх замінюють новими. При трапецієвидній формі перерізу зливного носка спрощується футерування його вогнестійкою цеглиною. Товщина листа зливного носка складе ½; товщина листа кожуха печі.

Каркас зведення або кільця зводу слугує для підтримки вогнестійкого футерування зведення і водо охолоджувальних елементів. У печах із завантаженням печі згори вертикально приварений до горизонтальної поверхні кільця зводу лист виконує роль замикаючого ножа пісочного затвору. Усі кільця зводу забезпечують кронштейнами для підвіски і крюками або петлями для їх транспортування. Водо охолоджувальні кільця мають отвори для зливу води.

Холодильники або ущільнювачі зводу електродних отворів застосовують для збільшення стійкості футерування зводу і зменшення втрат теплоти з пічними газами, що відходять, в проміжки між електродами і кладкою. Ущільнення електродних отворів дозволяють зменшити витрату електродів і електроенергії, знизити розпал футерування зводу біля електродів, поліпшити умови для служби голівок електроутримувачів і елементів металоконструкцій печі, забезпечити ефективне видалення газів, що утворюються в печі. На практиці найбільше поширення отримали керамічні, водо охолоджувальні, газодинамічні і механічні ущільнювачі.

Керамічні ущільнювачі виготовляють із стійкіших вогнетривів, ніж футерування зводу. Їх виконують у вигляді накладних кілець зводу або закладають за допомогою вогнетривкого бетону в звод, поєднуючи керамічне ущільнення з охолодженням через змійовик. Газодинамічний ущільнювач складається з керамічного кільця, який укладений поверх зводу, і металевого короба з тангенціальним поданням в нього інертного газу, азоту або повітря. Механічні ущільнювачі складні у виготовленні. Для запобігання короткого

замикання водо охолоджувальні ущільнювачі ізолюють від кладки і металевих частин зведення.

Робоче вікно призначене для обслуговування дугової печі при підготовці агрегату до плавки і впродовж усього технологічного процесу. Воно складається з водо охолоджувальної арки, рами, заслінки, порогу, гребінки і механізму підйому заслінки. Механізми підйому заслонки виконують з механічним, пневматичним і гідравлічним приводами. Розміри завантажувального вікна повинні дозволяти проводити огляд і заправку подини і відкосів усієї печі, вводити в робочий простір мульду машини завалу з матеріалами, витягувати з печі уламки електродів, інтенсивно викачувати шлак. Зазвичай ширина робочого вікна складає - 0,25 діаметра плавильного простору печі, а висоту приймають рівною 0,8 від ширини. Водо охолоджувальну раму робочого вікна, що складається з арки і бічних стін, виготовляють зварною з листового заліза (16.32 мм) і монтують у вирізі кожуха печі, забезпечуючи в цьому місці найбільшу жорсткість конструкції. Заслінка повинна щільно прилягати до рами робочого вікна. Для зменшення теплових втрат в заслінках великих печей виконують отвір, що закривається кришкою, для відбору проб металу, шлаку, виміру температури, скачування шлаку і виконання інших операцій. У нижній частині робочого вікна закріплюють чавунну плиту, яка слугує основою для порогу печі, що складається з вогнетривкого футерування і половини графітованого електроду. З таких порогів легко віддаляються скрапіни металу і шлак. Для полегшення праці персоналу при обливанні шлаку, узятті проб, перемішуванні металу і тому подібне, на рамі вікна зміцнюють гребінки.

Зливний отвір призначений для зливу металу і шлаку з печі в розливний ківш. Воно розташовується в кожусі і футеруванні навпроти робочого вікна. Зливний отвір у футеруванні виконують круглим (діаметром 120.300мм) або прямокутним (150·250, 250·350мм). Продовженням зливного отвору є основа ковшеподібної вогнетривкої кладки, що виконується в металевому каркасі жолоба, прикріпленому до кожуха печі під кутом 10.12 Перед початком плавки

зливний отвір заповнюють магнезитовим порошком. Випуск плавки з печі в ківш, встановлений на сталевозі, здійснюють через короткий жолоб. Для відсічення шлаку при випуску застосовують жолоби еркерного типу

. Електротримачі слугують для електродів, їх вертикального переміщення і підведення до них електричного струму. Вони працюють в умовах високих температур, отримуючи тепло від гарячих газів печі і від струму, що проходить по них. Їх виготовляють досить міцними, довговічними, з мінімальними електричними втратами і надійно працюючими затискними пристроями для електродів. Електротримач складається з голівки (корпуси), затиску, рукава, каретки або телескопічної стійки і жорсткої частини вторинного токопідводу. Голівки електротримача виготовляють з бронзи, латуні і біметалів. Форма і внутрішня поверхня голівки повинні забезпечувати мінімальний контактний опір: голівка - електрод.

За типом вживаного приводу затискачі електродів в голівці підрозділяють на пружинно-пневматичні, пружинно-гідравлічні і електромеханічні. Застосовують затискачі колодкою або хомутом. При затиску колодки віджимний циліндр розташовують або на одній осі з пружинами, або зусилля від пружин передають через систему важелів. При затиску хомутом підвищується надійність кріплення електродів, спрощується конструкція механізму і зменшуються габарити голівки. Така схема переважно застосовується на електропечах великої місткості.

У найбільш поширених пружинно-пневматичних затискувачах кріплення електроду здійснюють за рахунок потенційної енергії заздалегідь стислих пружин. Віджим хомута або колодки проводять за допомогою пневмоциліндра. Такі затискувачі забезпечують контактний тиск між голівкою і електродом 3.10кПа. Пружинно-гідравлічні затискувачі відрізняються від пружинно-пневматичних наявністю зусиль для віджим гідроциліндрів і насосів. При холодному ремонті печі практикують вимір зусиль затискувача електродів в голівці за допомогою спеціального пристрою, що встановлюється замість електроду мостовим краном при віджатому положенні хомута. Зусилля після

затиску пристрою заміряють манометром. При недостатньому зусиллі механізм регулюють або ремонтують. Усі електротримачі забезпечені дистанційним керуванням перепуску електродів. Голівку з механізмом затиску прикріплюють до несущого рукава, який виготовляють з товстостінної труби відповідного діаметру або із зварної коробчатої конструкції з листового заліза і профільного прокату. Для великовантажних печей рукава роблять роз'ємними з охолодженням водяної зони, прилеглої до голівки. Рукав сполучають з кареткою, що рухається вгору і вниз по нерухомій стійці, або з рухливою колоною в одну Г-подібну конструкцію (телескопічна стійка), що переміщається всередині нерухомої стійки.

Рухомі телескопічні стійки виготовляють із сталевих труб з ребрами жорсткості, що виконують роль направляючих для роликів, або з листового і профільного прокату прямокутного перерізу. Нерухомі стійки виконують з кутового і листового заліза у вигляді колон, пов'язаних в одну загальну конструкцію, що покоїться на платформі опорної люльки. Струм від гнучкої короткої мережі до голівки электротримача підводять плоскими шинами або трубошинами з водяним охолодженням. Рукава і опори токопідводів в місці кріплення ізолюють азбоцементом або міканітом. Для урівноваження електроду (до 70% - 80%), рукава, стійки і гнучких кабелів, а також зменшення потужності механізму переміщення електродів використовують противаги, розміщуючи їх усередині нерухомих стійок або в спеціальних шахтах. Механізм переміщення електродів служить для регулювання положення електроду в робочому просторі печі довжини дуги. За типом приводу механізми переміщення електродів діляться на гідравлічні і електромеханічні. Гідравлічний механізм володіє без інерційністю і відсутністю запізнення, можливістю швидкої зміни швидкості переміщення електроду шляхом безступінчастого регулювання а також плавністю руху і достатньою компактністю. Він вимагає ретельнішого догляду і регулярних профілактичних оглядів в процесі експлуатації.

Для збереження електродів від поломки при русі вниз на рейках у приводах встановлюють амортизатори. При перевищенні допустимого навантаження на електрод спрацьовує кінцевий вимикач і електрод переміщається вгору. На печах з тросовим приводом сигналом на підйом електроду служить послаблення троса. Механізми переміщення повинні забезпечувати швидкий підйом електродів (3.6м/хв) при обвалі шихти в процесі плавлення (коротке замикання) і уповільнене опускання їх, що виключає різкі удари об шматки шихти і занурення в рідкий метал. Це дозволяє зменшити кількість поломок електродів, знизити їх питому витрату і скоротити тривалість плавки.

Механізм нахилу печі призначений для плавного без ривків нахилу агрегату у бік зливного жолоба на кут 40.45 для зливу металу в ківш і на кут 10.15 у бік робочого вікна для скачування шлаку. При нижньому механізмі нахилу корпус печі покоїться на люльках (опорних сегментах), які залежно від конструкції можуть переміщатися при нахилі печі по горизонтальній станині, по роликах і по станині з опуклою поверхнею. При перекочуванні люльок по горизонтальній опорі зливний жолоб печі значно висувається вперед, що дозволяє зливати метал в ківш на сталевозі і на крані розливного прольоту. При русі люльок по роликах зливний жолоб йде під піч. Цю схему випуску застосовують, коли плавку і розлив металу здійснюють в одному прольоті. Переміщення люльок по опуклій станині дозволяє висунути жолоб в сусідній проліт на меншу відстань, ніж при горизонтальній станині. За типом використовуваного приводу нижні механізми нахилу підрозділяють на електромеханічні і гідравлічні. Останні прості по влаштуванню, не складні в обслуговуванні і надійні в експлуатації. Вони складаються з двох циліндрів, укріплених на нерухомих опорах фундаменту, і штоків, пов'язаних шарнірами з опорними люльками порталу печі.

Механізм переміщення зводу і ванни печі діє таким чином. Звод електропечі переміщають вгору перед завалкою шихти і перед ванни в період плавлення. Для підйому зводу застосовують гідравлічні і механічні приводи.

Використовують два типи гідравлічних механізмів. У першому випадку звод підіймають над порталом одним або двома гідроциліндрами, в другому - механізм підйому і повороту поєднують на одній станині, яка спирається на окремий фундамент. Зусилля від гідроциліндра вал з блоками, до яких звод в чотирьох точках, за допомогою втулково-роликового ланцюга. Рідину в циліндр підйому подають від загальної гідросистеми. Електромеханічний привід підйому зводу складається з двигунів редукторів. Синхронність роботи двох окремих приводів досягається за рахунок трансмісійного валу. При виході з ладу одного з приводів підйом зводу здійснюють іншим, таким, що залишилися. Довжину підвісного ланцюга регулюють гайками.

Механізм оберту ванни печі навколо вертикальної осі слугує для прискорення проплавлення шихтових матеріалів і попередження ушкоджень футерування подини дугами на початку розплавлення. Механізмом повороту ванни обладнали дугові печі місткістю 25т і більше. За допомогою приводу поворот здійснюють на 40˚в обидві сторони від нормального положення печі. При цьому електроди прорізають в шихті дев'ять колодязів. При плавленні шихти в надпотужних печах, обладнаних паливними пальниками, утворюється один загальний колодязь і необхідність в обертанні ванни відпадає. Для одвороту звода дугової печі гідравлічні і механічні приводи. Механізм одвороту звода і опорний вузол поворотного валу на печах місткістю 100.200 т. встановлюють в люльці. Гідравлічні механізми одвороту звода складаються з штовхальника, рейки і плунжера.Корпус електропечі – це складна конструкція, що складається з основних елементів, таких як днище, кожух, пісочний затвор, робоче вікно та зливний носок. Усі ці елементи мають бути достатньо міцними для витримання великого навантаження, яке включає масу футерування та металу, а також динамічний вплив шихти під час завантаження. Крім того, корпус повинен витримувати тиск, що виникає внаслідок термічного розширення і нагріву під час плавлення, коли температура перевищує 1500 градусів Цельсія.

Для виготовлення корпусу використовують зварне листове залізо товщиною від 16 до 40 мм, що залежить від конкретних розмірів печі. Загальноприйнятою практикою є встановлення товщини корпусу на рівні 1/200 розміру діаметра кожуха електропечі. Нижні та верхні частини корпусу позначені як днище та кожух відповідно. Днище виконує роль основи для монтажу вогнестійкого футерування, зокрема, для створення ванни, в якій будуть зберігатися рідкий метал і шлак. Нижня частина днища зазвичай має сферичну або конічну форму, а для печей з електромагнітним перемішуванням використовується немагнітна сталь.

Кожухи електропечей можуть бути різних форм, включаючи циліндричні, конічні та бочкоподібні, що впливає на розміри та форму робочого простору печі. Щоб забезпечити міцність конструкції, до кожуха приварюють вертикальні та горизонтальні ребра жорсткості. Важливо підкреслити, що пісочні затвори використовуються для ущільнення печі і запобігання викиду газів і пилу в атмосферу.

У ситуаціях, коли потрібно швидко виконати заміну зносного футерування, modernize design with segmented пісочні затвори та роз'ємні кожухи, що полегшують доступ до вогнестійкого покриття. Водяне охолодження застосовується для підвищення ефективності роботи пісочних затворів та футерування стін, зменшуючи їх теплові втрати.

Робоче вікно, яке розташоване в корпусі печі, виконує важливу функцію в обслуговуванні агрегату протягом всього технологічного процесу. Його конструкція має включати водоохолоджувальну арку, раму, заслінку та механізм підйому заслінки. Ці елементи повинні бути розроблені в такий спосіб, щоб забезпечити легкий доступ для огляду та заправки, а також для вивезення шлака та уламків.

Зливний отвір, що розташований навпроти робочого вікна, виконує роль для випуску метала і шлаку з печі в розливний ківш. Цей елемент має свої особливості в конструкції, зокрема, форма може бути круглою або

прямокутною. Зливний носок відіграє важливу роль у управлінні технологічними процесами.

Електротримачі, які служать для підведення електричного струму до електродів, забезпечують їх вертикальне переміщення і надійність в умовах високих температур. Вони виконані з таких матеріалів, як бронза чи латунь і мають конструкцію, що забезпечує мінімум контактного опору. Залежно від типу приводу, затискачі можуть бути пружинно-пневматичними, пружинно-гідравлічними або електромеханічними, що забезпечує різні можливості у функціонуванні.

Механізми переміщення електродів є ключовими елементами для регулювання їх положення, що впливає на ефективність плавлення. Ці механізми можуть бути гідравлічними або електромеханічними й забезпечують точність рухів. Зокрема, гідравлічні механізми мають високу швидкість реакції та можливість безступінчастого регулювання.

Системи нахилу печі, що призначені для легкого та безперешкодного зливу металу та шлаку, підрозділяються на механізми електромеханічного та гідравлічного типу. Вони забезпечують плавне нахилення печі в потрібному напрямку, що значно зменшує ризики та підвищує ефективність роботи.

Таким чином, комплексний дизайн корпусу, разом із усіма його елементами, відіграє вирішальну роль у безперебійному функціонуванні дугової електропечі. Технологічний прогрес у цьому напрямку дозволяє оптимізувати роботу печей, покращуючи енергоефективність та зменшуючи експлуатаційні витрати.

2.2 Електричне устаткування електропечі

Електрична схема дугової печі складається з високовольтної частини від введення до пічного трансформатора і короткої мережі, що включає пічний

трансформатор, токопідвід і електроди; автоматичного захисту, сигналізації і управління масляними вимикачами; автоматичного регулювання потужності; контрольно-вимірювальної апаратури; живлення і управління допоміжними механізмами (двигуни переміщення електродів, нахилу і повороту печі, переміщення звода та ін.).

Електросталеплавильні цехи отримують енергію, як правило, з кільця, що об'єднує в одну потужну систему ряд електростанцій що забезпечують безперебійне постачання енергією плавильні печі. Робоча напруга дугових печей складає 100...800 В при силі струму ≥40000А.

Зменшення втрат живлячої печі досягають поданням до цехового подання струму напругою до 110 кВ.

В цеху біля печей розміщують трансформатори і пульти управління. Всю високовольтну апаратуру вносять в окрему будівлю. Від високовольтного розподільного пристрою струм до трансформатора печі подають по спеціальному високовольтному кабелю. Повітряний роз'єднувач застосовують для відключення електропічної установки у разі аварії або виконання ремонтних робіт. Ножі і нерухомі контакти роз'єднувача виготовляють з міді відповідного перерізу і встановлюють на опорних ізоляторах. Рухливі контакти роз'єднувача приводять в рух спеціальним приводом. Включають його в ланцюг або вимикають тільки при відключеному головному масляному вимикачі.

Головний вимикач (масляний або повітряний) служить для відключення під навантаженням електричного ланцюга, по якому протікає струм високої напруги. Масляний вимикач складається з бака із мінеральною трансформаторною олією і фарфорових прохідних ізоляторів на кришці. Часті включення і виключення масляного вимикача знижують якість олії і погіршують стійкість контакту. Широко застосовують вибухо і пожежобезпечні повітряні вимикачі, в яких дуга тушиться потоком стислого повітря в камері гасіння. Для розмикання ланцюга подають імпульс на котушку що вимикається, яка відкриває клапан, що випускає стисле повітря з резервуару через отвір в ізоляційний циліндр. Повітря давить на поршень і долаючи силу пружини,

підіймає вгору контакт. Що виникає між контактами 1 і 2 дугу витісняє потік стислого повітря через отвір у внутрішні порожнини контактів. Повітряні вимикачі знижують вартість ремонтів, спрощують обслуговування і зменшують простої дугових печей.

Вимірювальні трансформатори струму слугують для підключення до сторони високої напруги пічного трансформатора приладів виміру (амперметр, вольтметр, ватметр, лічильник) і захисту (реле максимального струму і миттєвої дії, реле мінімальної напруги). Вимірювальні трансформатори напруги встановлюють між повітряними роз'єднувачем і вимикачем, а вимірювальні трансформатори струму високої напруги - між вимикачем і дроселем. На рисунку 2.5 зображена піч ДСВ – 50. Електрична схема дугової печі є складним і важливим елементом, що включає не лише високовольтну частину, але й безліч інших компонентів, які забезпечують ефективність та безпечність роботи устаткування. Однією з основних частин схеми є вхідний пристрій, що подає електроенергію до пічного трансформатора, який разом із токопідведеннями та електродами формує коротку мережу, через яку здійснюється безпосереднє живлення печі.

Крім того, електрична система містить елементи автоматичного захисту, сигналізації, а також механізми управління масляними вимикачами. Додатково передбачені системи автоматичного регулювання потужності, контрольно-вимірювальна апаратура та елементи живлення і управління допоміжними механізмами, такими як двигуни для переміщення електродів, нахилу та повороту печі, а також механізми переміщення зводу.

Електросталеплавильні цехи зазвичай отримують електричну енергію з кільцевої системи, яка об'єднує декілька електростанцій для забезпечення безперервного живлення плавильних печей. При цьому робоча напруга дугових печей коливається від 100 до 800 В, а сила струму може сягати значних величин – понад 40 000 А. Для зменшення втрат енергії в живленні печі використовують подачу струму напругою до 110 кВ.

У безпосередній близькості до печей розміщуються трансформатори та управляючі пульти, тоді як вся високовольтна апаратура зазвичай поміщається в окрему будівлю для підвищення безпеки та контролю. Потік електричного струму до трансформатора печі реалізується через спеціально ізольовані високовольтні кабелі. Для забезпечення безпечного відключення обладнання в разі аварій або для проведення ремонтних робіт в схемі використовуються повітряні роз'єднувачі. Вони дозволяють відключати електричні ланцюги, як правило, через спеціальний механізм, що приводить в рух рухливі контакти.

Основний масляний або повітряний вимикач служить для відключення під навантаженням електричного ланцюга з високою напругою. Масляний вимикач складається з бака, заповненого трансформаторною олією, та ізоляторів, що забезпечують безперебійну роботу при висоті напруги. Варто зазначити, що часті цикли включення і вимкнення масляного вимикача можуть негативно впливати на якість олії і знижувати надійність контакту.

сучасних електропечах віддають перевагу вибухо- та пожежобезпечним повітряним вимикачам, які гасять дужку за допомогою потоку стиснутого повітря у спеціально розробленій камері. В цьому випадку, для розмикання електричного кола подається імпульс на котушку вимикача, що відкриває клапан і вивільняє стисле повітря з резервуара. Це повітря, рухаючи поршень, піднімає контакти вгору, а потім, витісняючи дугу, сприймає на себе всю енергію, що виділяється під час розмикання кола.

Наявність таких повітряних вимикачів не лише спрощує обслуговування обладнання, але й значно знижує витрати на ремонти та запобігає простоям дугових печей. Вимірювальні трансформатори струму служать для підключення приладів вимірювання та захисту до високовольтної сторони пічного трансформатора. Вони забезпечують точність котрольно-вимірювальної апаратури, такої як амперметри, вольтметри, ватметри та лічильники.

Вимірювальні трансформатори напруги, з іншого боку, встановлюються між повітряними роз'єднувачами та вимикачами, тоді як трансформатори

струму зазвичай поміщаються між вимикачами та дроселями. Це забезпечує надійний захист та контроль за роботою усієї системи електропостачання печі.

Таким чином, електрична схема дугових печей представляє собою складну, але злагоджену систему, що включає численні елементи, які взаємодіють між собою для забезпечення надійної та ефективної роботи устаткування. На рисунку 2.5 представлена діаграма пічного обладнання типу ДСВ-50, що ілюструє описану схему і механізми.

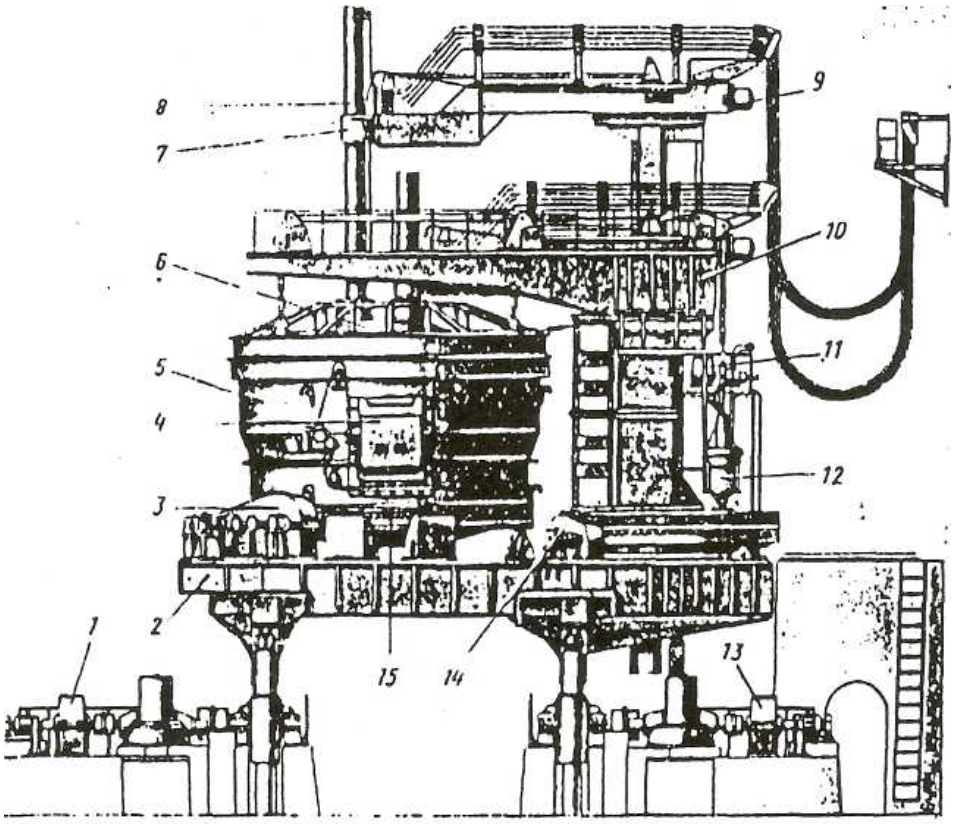


Рисунок 2.5 - Пічне обладнання типу ДСВ-50

2.3 Технічна характеристика дугової печі ДСВ - 50.

Дугова електрична піч, Рисунок.2.5, складається з наступних основних вузлів: корпуса 5, робочого вікна 4, знімного купольного зводу 6, опорного елемента печі (люльки) 2, полупортала 10, електродотримачів 7 з електродами 8, а також ряду механізмів - затиску електродів 9, переміщення

електродотримачів 11, підйому склепіння 12, повороту полупортала 14, повороту корпусу 3, нахилу печі 1 і 13.

Номінальна місткість, т. - 50.

Потужність трансформатора, ПТ - 26.

Максимальні: вторинна напруга трансформатора, В - 417.

Сила струму низької сторони, кА - 34,5.

Діаметр, мм: електроду - 500.

Розпаду електродів - 1600.

Ванни на рівні порогу - 5100. Дугова електрична піч, представлена на рисунку 2.5, складається з кількох ключових компонентів, які забезпечують її функціонування та ефективність. Основні елементи структури печі включають:

1. Корпус (5) – міцна конструкція, що підтримує всі інші компоненти печі та забезпечує її стійкість.

2. Робоче вікно (4) – частина, яка дозволяє реалізувати технологічні процеси під час плавлення металу, забезпечуючи доступ для контролю та управління.

3. Знімний купольний звід (6) – елемент, що створює відбиття електричної дуги, зберігаючи тепло та енергію в печі.

4. Опорний елемент (люлька) (2) – основа, на якій тримається вся конструкція, забезпечуючи стабільність під час роботи.

5. Полупортал (10) – елемент, що підтримує електродотримачі.

6. Електродотримачі (7) з електродами (8) – критично важливі частини, які виконують функцію передачі електричного струму в зону плавлення.

7. Механізми:

- затиску електродів (9) – пристрої, що забезпечують надійне закріплення електродів.

- переміщення електродотримачів (11) – системи, що відповідають за регулювання положення електродів в процесі роботи.

- підйом склепіння (12) – механізм, який дозволяє відкривати або закривати доступ до внутрішньої частини печі.

- поворот полупортала (14) – здійснює обертання елементів для оптимізації процесу плавлення.

- поворот корпусу (3) – механізм, який змінює позицію всієї печі для різних технологічних потреб.

- нахил печі (1 та 13) – можливість регулювання кута нахилу для контролю за процесом зливу готової продукції.

Технічна характеристика дугової печі ДСВ-50:

- Номінальна місткість: 50 тон (т).

- Потужність трансформатора (ПТ): 26 МВт.

- Максимальні параметри:

- Вторинна напруга трансформатора: 417 В.

- Сила струму на низькій стороні: 34,5 кА.

- Діаметр електродів: 500 мм.

- Висота розпаду електродів: 1600 мм.

- Висота ванни на рівні порогу: 5100 мм.

Ці параметри підтверджують високу ефективність та продуктивність дугової печі, що робить її незамінним елементом у виробництві металів. Завдяки своїй конструкції та технологічним можливостям, дугова піч здатна забезпечувати стабільну роботу на протязі тривалого часу, що є особливо важливим у промислових умовах.

Внутрішній кожуха - 6000.

Хід електродів, мм - 3500.

Глибина ванни від рівня порогу, мм - 955.

Робоче вікно, мм :

Ширина - 975.

Висота - 1200.

Мінімальний час нахилу печі на 40 - 120.

Примітка: швидкість переміщення електродів складає 3.6м/хв.

Призначений для виплавки заданих марок сталі. У прольоті знаходиться 6 електросталеплавильних печей типу ДСВ- 50 три з яких обладнані ЕМП. Для

заправки печі магнезитовим і доломітовим порошком застосовується заправна машина відцентрового типу. Для завантаження заправних матеріалів машина за допомогою крану подаються під розвантажувальне облаштування бункера. Графітовані електроди знаходяться в спеціально відведеному місці пічного прольоту. Звідки електроди подаються на стенд для нарощування спеціальними пристроями. Шлак з печі скачується в шлакову чашу, встановлену на візку. Після заповнення, чаші подаються в проліт випуску сталі. Встановлюються на шлаковій і вивозиться з цеху. Проліт обладнаний трьома мостовими завантажувальними кранами, вантажопідйомністю 50 т. В прольоті, є ділянки для ремонту кожуха і зведення печі. Ці характеристики свідчать про високу продуктивність та ефективність дугової печі, що робить її ключовим елементом у металургійному виробництві. Завдяки своїй конструкції та технологічним можливостям, дугова піч здатна забезпечувати стабільну роботу протягом тривалого часу, що є особливо важливим у промислових умовах.

Внутрішня висота кожуха становить 6000 мм, а хід електродів – 3500 мм. Глибина ванни від рівня порогу дорівнює 955 мм. Робоче вікно має такі розміри: ширина – 975 мм, висота – 1200 мм. Мінімальний час нахилу печі становить 120 секунд при 40 градусах. Швидкість переміщення електродів складає 3,6 м/хв. Дугова піч призначена для виплавки певних марок сталі.

У виробничому приміщенні розміщено шість електросталеплавильних печей типу ДСВ-50, три з яких обладнані електромагнітними подачами (ЕМП). Для заповнення печі магнезитовим і доломітовим порошком використовують заправну машину відцентрового типу. Заправні матеріали за допомогою крана подаються до розвантажувального обладнання бункера. Графітовані електроди розміщуються у спеціально відведеній зоні в пічному прольоті, звідки їх транспортують на стенд для нарощування за допомогою спеціальних пристроїв. Шлак, що утворюється під час процесу, скидається у шлакову чашу, встановлену на візку, і після заповнення вивозиться до протилежного випуску сталі.

3 ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ЦЕХУ № 3

3.1 Характеристика споживачів електричної енергії

До споживачів електроенергії на напругу 35 кВ електросталеплавильного цеху №3 відносяться чотири електродугові печі типу ДСВ-50, 6 кВ - двигуни газоочисток. Дані по цих споживачам наведені в таблицях .3.3 та 3.4

Електроспоживачами ЕСПЦ №3 на напругу 0,4 кВ є: насоси (водяний ЕП-1, ЕП-2, ЕП-3, ЕП-8, підкачування води), мотор генераторний, вентилятори (витяжний, нагрівального колодязя, пароінжекторний), крани (пічного прольоту, шихтового прольоту, розливного прольоту), пароінжектор, газові станції (1,2,3-6), допоміжні механізми (ЕП-1, ЕП-9), освітлення (внутрішнє, робоче та аварійне). Електроприймачі 0,4 кВ отримують живлення від внутрішньоцехових підстанцій 6 / 0,4 кВ.

Дані по ПС електросталеплавильного цеху №3 наведені в таблиці 3.1.

На рисунку 3.2 показана діаграма завантаження трансформаторів внутріцехових підстанцій електросталеплавильного цеху №3.

Таблиця 3.1 - Характеристика підстанцій ЕСПЦ №3Споживачами електроенергії з напругою 35 кВ у електросталеплавильному цеху №3 є чотири електродувані печі типу ДСВ-50 та шість двигунів газоочисток на 6 кВ. Відомості про цих споживачів представлено у таблицях 3.3 та 3.4. Щодо електроспоживачів з напругою 0,4 кВ, до них належать: насоси (водяний ЕП-1, ЕП-2, ЕП-3, ЕП-8, що забезпечують підкачування води), генераторний мотор, вентилятори (витяжний, нагрівального колодязя, пароінжекторний), крани (пічного, шихтового та розливного прольотів), пароінжектор, газові станції (1,2,3-6), допоміжні механізми (ЕП-1, ЕП-9) та освітлення (внутрішнє, робоче і аварійне). Споживачі електричної енергії на 0,4 кВ отримують живлення від внутрішніх цехових підстанцій 6/0,4 кВ. Інформація про підстанції електросталеплавильного цеху №3 представлена у таблиці 3.1.

Діаграма завантаження трансформаторів внутрішньоцехових підстанцій цеху №3 показана на рисунку 3.2.

Таблиця 3.1 – Навантаження та параметри трансформаторів цеху

Найменування підстанції		Напруга трансформатора	Номер фідера	Потужність трансформатора, кВА	Коэфіцієнт завантаження, %	Кількість трансформаторів	Середньодобове споживання, кВт·г
КТП 76-1	Т1	6/0,4	99/7	1600	0,5	2	3500
	Т2		99/24				2400
КТП-76-2	Т1	6/0,4	99/13	1600	0,7	2	3200
	Т2		99/16				4500
КТП-76-3	Т1	6/0,4	99/11	1000	0,5	2	3200
	Т2		99/14				3600

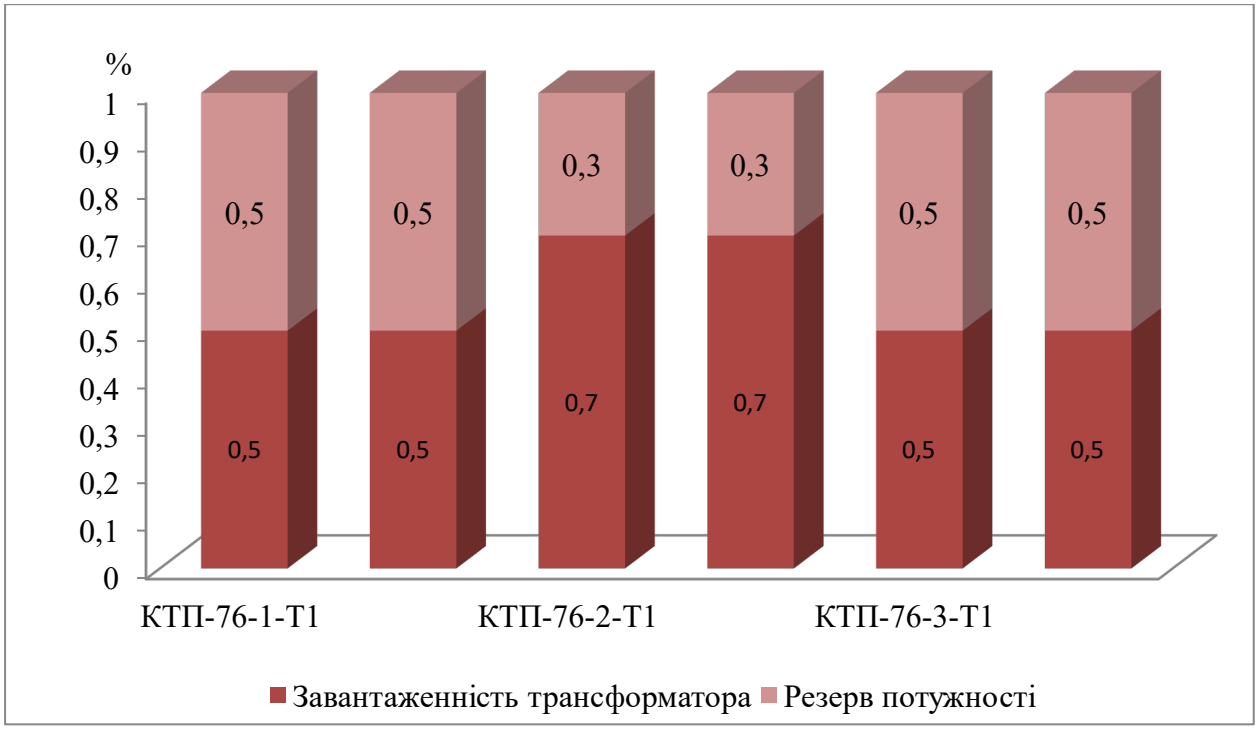


Рисунок 3.2 - Діаграма завантаження трансформаторів внутрішньо цехових підстанцій електросталеплавильного цеху №3

Таблиця 3.3 - Характеристика обладнання ЕСПЦ №3 (6 кВ)

Тип димососу	Кількість, штук	Тип / потужності електродвигуна, кВт,	Коэффіцієнт завантаження	Річні витрати електро-енергі', тис. кВт·г
ВМ-20	1	ВАО-2560/800	0,3	262800
ВМ-20	1	ВАО-2560/800	1	
ВМ-20	1	ДАЗО-4450/800	1	
ВМ-20	1	ВАО-2560/800	0,2	
ВМ-20	1	ВАО-2560/800	1	
ВМ-20	1	ВАО-2560/800	0,2	

Таблиця 3.3 - Характеристика обладнання ЕСПЦ №3 (35 кВ)

Тип печі	Кількість, шт.	Потужність, МВА,	Коеффіцієнт завантаження	Годові витрати електроенергії, МВт·г	Витрати електро-енергії на плавку, МВт·г	Добові витрати електро-енергії, МВт·г
ДСВ-50№8	1	20	-	-	-	-
ДСВ-50№3	1	20	1	262800	40	720
ДСВ-50№2	1	20	1			
ДСВ-50№1	1	20	1			
ДСВ-50№9	1	15	1	-	-	-
УПК-№1	1	15	1			

Провівши аналіз існуючих даних по цеху ЕСПЦ №3 в умовах ПАТ «Дніпроспецсталь», робимо висновки що загалом більша кількість електроенергії витрачається у електродвигунах для димососів та електросталеплавильних печах типу ДСВ – 50.

З цього приводу хочу запропонувати рішення які призведуть до зменшення використання єлектроєнергії:

- найбільш повне використання тепла відхідних газів для попереднього високотемпературного нагріву металобрухту.

-Заміна недовантажених електродвигунів, на димососах П після детального аналізу даних, що стосуються електроспоживання в електросталеплавильному цеху №3 ПрАТ «Дніпроспецсталь», ми можемо зазначити, що найбільша частина електроенергії витрачається на роботу електродвигунів димососів та електросталеплавильних печей типу ДСВ-50. Це свідчить про значний потенціал для оптимізації споживання енергії в цих виробничих процесах.

У зв’язку з цим, я б хотів висловити кілька пропозицій, які можуть допомогти зменшити витрати електроенергії:

1. Ефективне використання тепла відхідних газів: Запровадження системи, що дозволяє відбирати тепло з відхідних газів, відкриває можливість для попереднього високотемпературного нагріву металобрухту. Це не лише підвищить енергоефективність, але й зменшить навантаження на електропечі, що в свою чергу знизить споживання електроенергії.

2. Замінювання електродвигунів димососів: Розглянути можливість заміни електродвигунів на димососах, які працюють з недовантаженням. Використання сучасніших і більш продуктивних двигунів може зменшити споживання енергії та підвищити загальну ефективність роботи системи димовидалення.

Запровадження цих заходів не тільки дозволить знизити витрати на електроенергію, але й позитивно вплине на екологічність виробництва, що може бути важливим фактором у сучасному бізнес-середовищі.

3.2 Підігрів шихти в завантажувальних баддях

Альтернативою, особливо для діючих виробництв, є підігрів шихти в баддях. При цьому можуть розглядатися варіанти нагріву як за рахунок тепла відхідних газів, так і за рахунок використання додаткового палива – переважно природного газу.

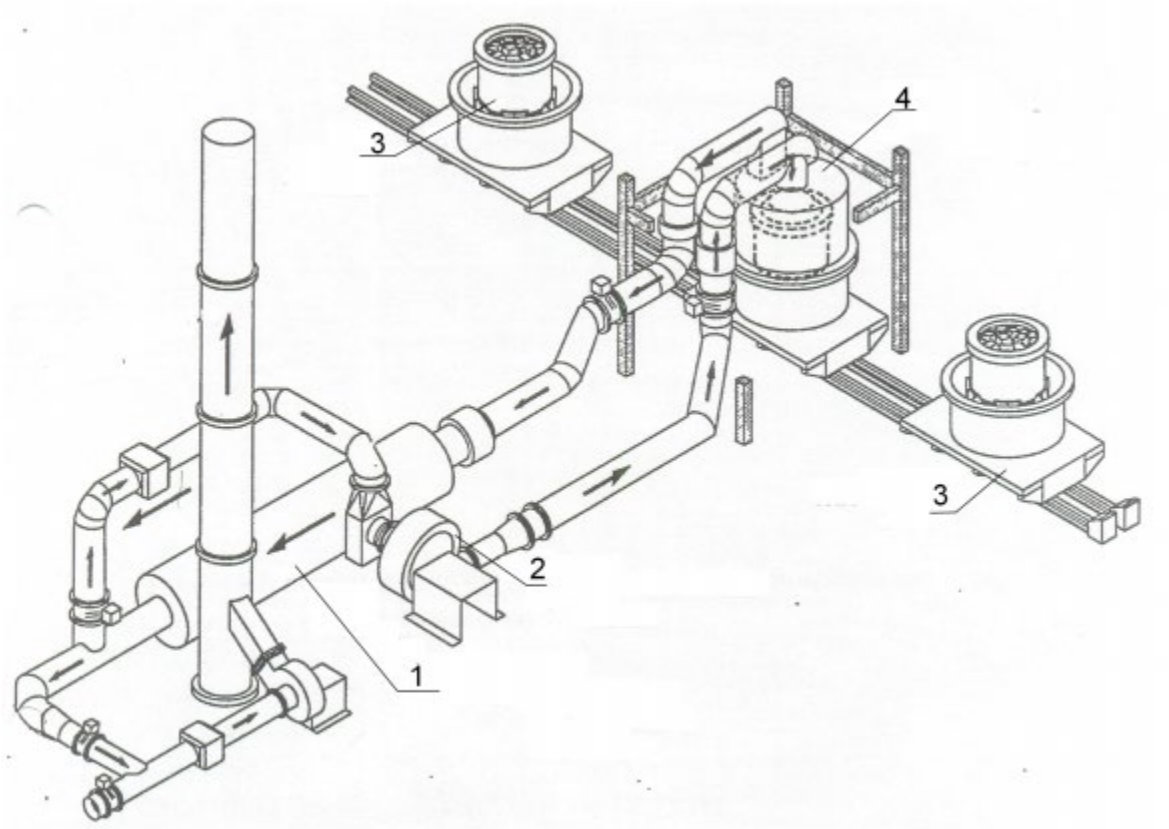
Удавана простота вирішення завдання економії електроенергії та утилізації ВЕР з мінімальними капітальними затратами при підігріві шихти безпосередньо в завалювальних баддях стимулювала активну розробку таких систем у другій половині минулого століття.

Уже в 50-х рр. кілька фірм в Японії і Європі почали використання установок попереднього підігріву шихти в баддях. За 70-80-і рр. тільки в Японії було створено понад 50 таких установок. На рисунок 3.5 представлена одна з установок такого типу фірми Washington Steel Corp.,Housten (США). Альтернативою, яку варто розглянути, особливо для існуючих підприємств, є процес попереднього підігріву шихти в баддях. Цей підхід може використовувати різні методи нагріву, зокрема, за рахунок тепла відхідних газів, а також шляхом додаткового використання пального, переважно природного газу.

Хоча на перший погляд може здаватися, що рішення проблеми зниження витрат на електроенергію та утилізації відходів енергетичних ресурсів (ВЕР) з незначними капітальними витратами є досить простим, насправді, реалізація технології підігріву шихти в завалювальних баддях вимагала значних наукових і інженерних зусиль. Це стимулювало активну розробку та впровадження таких систем, особливо в другій половині XX століття.

Наприклад, вже в 50-х роках минулого століття кілька компаній у Японії та Європі почали впроваджувати установки для попереднього підігріву шихти в баддях. У період 70-80-х років у Японії було створено понад 50 таких систем, що свідчить про успішність та популярність цього підходу.

На рисунку 3.5 представлена одна з установок цього типу, розроблена компанією Washington Steel Corp. у Х'юстоні (США). Ці інновації не лише поліпшили енергоефективність виробництва, але й сприяли зменшенню витрат на ресурси, що в підсумку вплинуло на загальну економічність і конкурентоспроможність підприємств на світовому ринку. Завдяки даним технологіям, металургійні виробництва можуть зменшити свій екологічний слід, знизити витрати на електроенергію та підвищити продуктивність, що є ключовими факторами для сталого розвитку галузі.



1 - рекуператор; 2 - вентилятор; 3 - позиції очікування; 4 - камера підігріву

Рисунок 3.5. Схема установки Washington Steel Corp. для підігріву шихти в завантажувальної бадді

Відходять з ДСВ гази проходять через шар шихти в бадді, звідки направляються в камеру допалювання - рекуператор, після чого розділяються

на два потоки: частина викидається в атмосферу, частина знову прямує в цебер. Сама бадья знаходиться в камері з теплоізольованими стінками (рисунок 3.6).Відходи газів з доменної печі проходять через шар шихти, розташованої у бадді. Ці гази, що відводяться в процесі виробництва, потрапляють у спеціально побудовану камеру допалювання, яка також виконує функцію рекуператора. У цій камері відбувається подальша обробка відпрацьованих газів, завдяки чому з них вилучається додаткове тепло. Після цього гази розділяються на два різні потоки: частина з них скидається в атмосферу, а інша частина повторно направляється в цебер для подальшого використання у процесі.

При цьому бадья, в якій відбувається обробка шихти, розміщується у камері, що має теплоізольовані стінки. Це дозволяє зберігати тепло всередині, запобігаючи його втратам і забезпечуючи високий рівень енергоефективності. Теплоізоляція є важливою складовою процесу, оскільки вона допомагає підтримувати стабільну температуру в бадді, сприяючи кращому підігріву шихти та оптимізації технологічних процесів. На рисунку 3.6 представлена схема розташування бадді та схеми рекуперації відходів газів. Завдяки такій конструкції та технологічним рішенням можливо значно зменшити енергетичні витрати на виробництво та підвищити загальну ефективність усієї системи.

Цікаво, що подібне (і як буде нижче показано, помилкове) конструктивне рішення було використано в цілому ряді подібних установок. Досить навести приклад установки (рисунок 3.7), яку свого часу намагалися застосувати, з тією лише різницею, що нагрів здійснювався за рахунок спалювання природного газу. Цікавим є те, що подібне конструктивне рішення, яке виявиться помилковим, було застосовано в багатьох подібних установках. Яскравим прикладом може слугувати установка, представлена на рис. 3.7. Особливістю цієї установки було те, що в процесі нагріву використовувався не інший вид пального, а природний газ. Це рішення, на перший погляд, виглядало прийнятним та ефективним з точки зору енергозбереження, проте подальший аналіз показав, що така схема може мати серйозні недоліки.

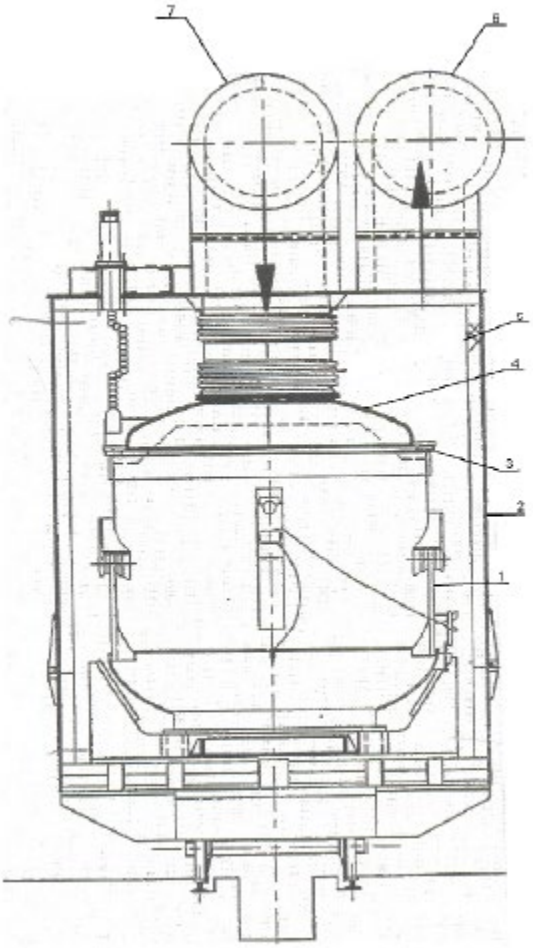


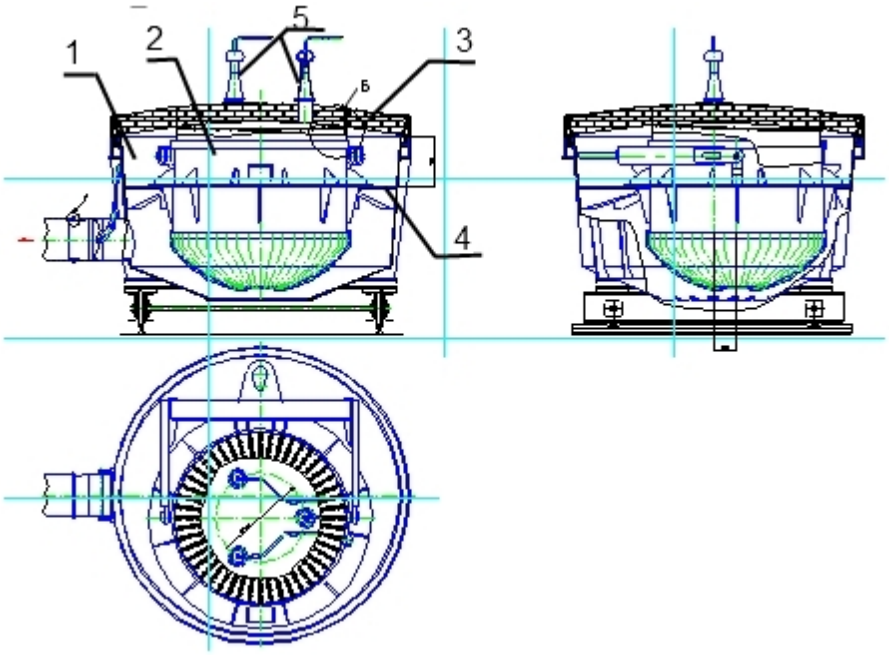
Рис. 3.6. Бадья в теплоізольованому корпусі камери підігріву:

1 - баддя з шихтою; 2 - корпус камери підігріву; 3 - затвор; 4 – звід кришка;

5 - теплоізоляція; 6 - відведення димових газів; 7 - введення димових газів в цебер

Використання природного газу як джерела енергії для нагріву не лише передбачало необхідність дотримання певних технологічних умов, а й вимагало розробки специфічних систем безпеки через можливість виникнення витоків газу. На додачу, недостатня ефективність такого підходу у порівнянні з альтернативними методами нагріву виявлялася у факті значних втрат тепла під час спалювання, що в кінцевому результаті призводило до збільшення загальних виробничих витрат і зниження економічної доцільності використання цієї технології.

Таким чином, досвід використання подібних конструктивних рішень підкреслює важливість ретельного аналізу технологічних рішень перед їх впровадженням, щоб уникнути помилок, які можуть негативно вплинути на ефективність виробництва та безпеку експлуатації обладнання.



1 - корпус; 2 - баддя; 3 - звід; 4 - опорне кільце; 5 - інжекційні пальники

Рисунок 3.7. Початковий варіант установки підігріву шихти на РУП «МТЗ»:

Складна система з двома ступенями нагріву бадей, виконаних з жаростійкої стали, двома вентиляторами, поділом потоків і циркуляцією газів, в деякій ступеня нагадує установки Washington Steel Corp., була використана на установках підігріву шихти для 30-тонних індукційних печей, виконаних за проектом інституту ГІПРОТСХМ (м.Харків).

Після доопрацювання цієї системи фахівцями ГГТУ ім. П. О. Сухого, зокрема, переведення її в режим «під розрядження», ліквідації перетоків (зустрічних потоків газів) і оснащення її апаратами очищення, вона була введена в експлуатацію і працює по теперішній час (рисунок 3.8) . Можна відзначити, що корпус бадді тут не ізольований від навколишнього середовища.Складна система з двома ступенями нагріву бадей, зроблених з

жаростійкої сталі, двома вентиляторами, розподілом потоків та циркуляцією газів, частково нагадує установки Washington Steel Corporation. Вона була використана для підігріву шихти на 30-тонних індукційних печах, розроблених проектним інститутом ГІПРОТСХМ із Харкова. Після вдосконалення цієї системи фахівцями ГГТУ ім. П. О. Сухого, що включало переведення в режим «під розрядження», усунення перетоків (зустрічних потоків газів) і встановлення очищувальних апаратів, вона була введена в експлуатацію і функціонує до сьогодні (див. рисунок 3.8). Варто зазначити, що корпус бадді в даному випадку не ізольований від навколишнього середовища.

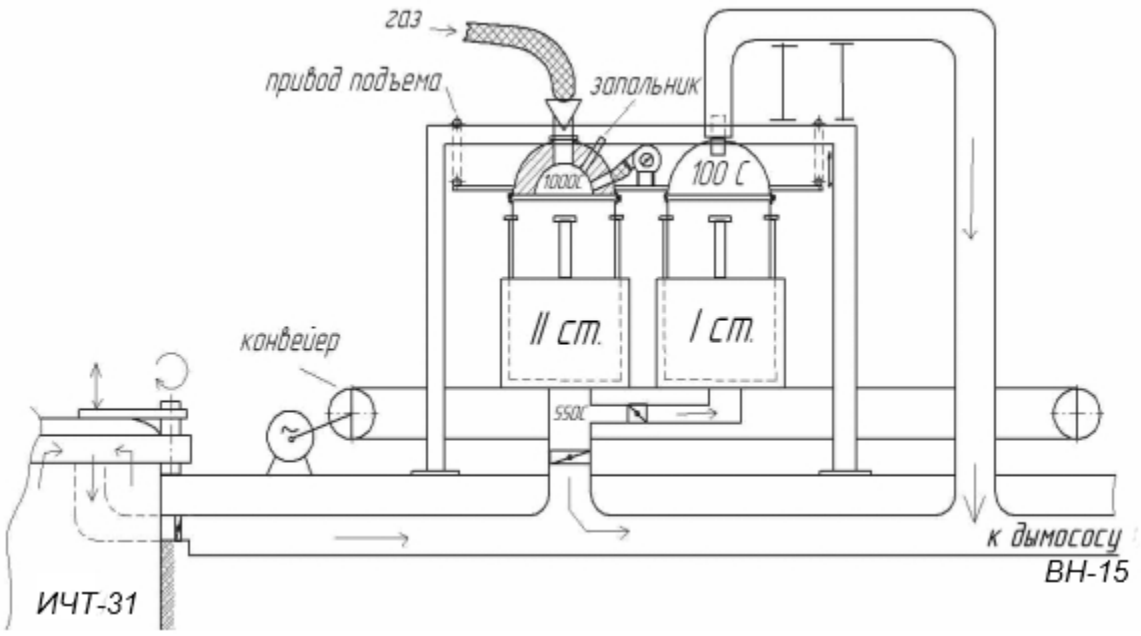


Рисунок 3.8. - Схема двоступеневої системи підігріву шихти в баддях

Однак нагрів в завантажувальних баддях має поряд з привабливою простотою очевидний недолік: неможливо нагріти шихту, не нагріваючи в той же час корпус бадді. Причому температура нагріву самої бадді в представлених вище установках вище, ніж шихти. Опір вздовж корпусу бадді для потоку газів менше, ніж крізь шар шихти в центральній частині шару, відповідно, більше швидкість і конвективний теплообмін.

Нагрівати бадью - грузонесущим обладнання вище 350 ° С небезпечно. Звідси обмеження по температурі нагріву шихти і недостатня ефективність представлених вище схем підігріву.

З іншого боку, при температурах близько 250-350 ° С практично здійснюється лише сушка і часткове очищення (продування) шихти, що є позитивним чинником, що підвищує безпеку плавки, особливо в холодну пору року, так як запобігає викидам з плавильної печі через влучень вологи і льоду з шихтою. Саме таке завдання вирішують подібні установки на ряді заводів (рисунок 3. 9). Однак про помітному економічному ефекті при цьому говорити не доводиться.Проте, нагрів шихти в завантажувальних баддях має свою очевидну проблему, попри простоту концепції: неможливо підігріти шихту без одночасного нагріву самого корпусу бадді. Причому температура корпусу бадді в таких установках зазвичай вища, ніж температура шихти. Це пов'язано з тим, що опір для потоку газів уздовж корпусу бадді менший, ніж у центрі шару шихти, внаслідок чого швидкість потоку і конвективний теплообмін збільшуються. Нагрівати бадью — несучу конструкцію — вище 350 °С небезпечно, тому існують обмеження щодо температури нагріву шихти, що знижує ефективність цих схем підігріву. Однак при температурах близько 250-350 °С відбувається переважно лише сушка та часткове очищення (продування) шихти, що є позитивним чинником для безпеки плавки, особливо в зимовий період, оскільки це запобігає утворенню пару та викидам з плавильної печі через вологу та лід у шихті. Саме ці завдання вирішують подібні установки на ряді заводів. Проте говорити про значний економічний ефект у цьому випадку не доводиться.

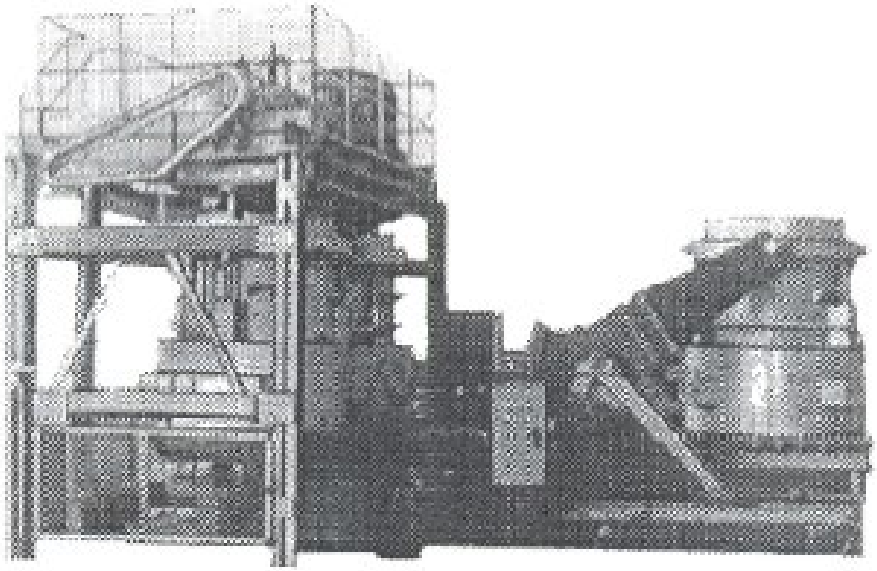


Рисунок 3.9. Установка сушки шихти

4 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕПЛОТИ ВСЕРЕДИНІ ПІЧНОЇ УСТАНОВКИ

4.1 Створення алгоритму побудови моделі

Модель теплопровідності у вигляді алгоритму можливо предтавити як:

1. Алгоритм для явної схеми:

Вхідні дані:

L: Довжина стінки (м);

k: Теплопровідність (Вт/(мК));

rho: Густина (кг/м³);

c: Теплоємність (Дж/(кгК));

T_inf: Температура навколишнього середовища (°C);

h: Коефіцієнт теплопередачі (Вт/(м²К));

Nx: Кількість точок дискретизації по x;

Nt: Кількість точок дискретизації по t;

t_end: Кінцевий час моделювання (с).

Вихідні дані:

T: Матриця температур розміром Nx x Nt, де T(i, n) – температура в точці x(i) в момент часу t(n).

Алгоритм:

Ініціалізація:

Обчислити dx = L / (Nx - 1) (крок по x).

Обчислити dt = t_end / (Nt - 1) (крок по t).

Створити вектори x та t з відповідними значеннями.

Створити матрицю T розміром Nx x Nt, заповнену T_inf.

Встановити початкову умову: T(1, :) = 500 (або інше початкове значення).

1. Цикл за часом (n = 1 до Nt - 1):

Цикл за простором (i = 2 до Nx - 1):

Обчислити T(i, n+1) = T(i,n) + (kdt/(rhocdx^2))(T(i+1,n) - 2T(i,n) + T(i-1,n)).

Гранична умова (конвекція):

Обчислити T(Nx, n+1) = (hT_inf + k/dxT(Nx-1,n))/(h+k/dx).

2. Візуалізація (опціонально):

Побудувати графік surf(x, t, T'), mesh(x, t, T'), imagesc(x, T') або contourf(x, t, T').

2. Алгоритм для неявної схеми:

Вхідні дані: ті ж самі, що й для явної схеми.

Вихідні дані: ті ж самі, що й для явної схеми.

Алгоритм:

1. Ініціалізація:

Обчислити dx = L / (Nx - 1).

Обчислити dt = t_end / (Nt - 1).

Створити вектори x та t.

Створити матрицю T_history для зберігання результатів.

Створити початковий вектор T, заповнений T_inf.

Сформувати матрицю A для системи лінійних рівнянь (тридіагональна матриця).

Сформувати вектор правої частини b.

2. Цикл за часом (n = 1 до Nt - 1):

Розв'язати систему лінійних рівнянь A T = b для знаходження T на наступному кроці за часом. (В MATLAB це можна зробити за допомогою оператора зворотного слешу: T = A\b;)

Зберегти результат: T_history(:, n+1) = T;

Оновити вектор правої частини b для наступного кроку.

3. Візуалізація (опціонально):

Побудувати графік surf(x, t, T_history'), mesh(x, t, T_history'), imagesc(x, T_history') або contourf(x, t, T_history').

Порівняння явної та неявної схем:

Явна схема: Простіша в реалізації, але має обмеження на крок за часом для забезпечення стійкості (dt має бути достатньо малим).

Неявна схема: Складніша в реалізації (потрібно розв'язувати систему лінійних рівнянь на кожному кроці), але є безумовно стійкою, тобто обмежень на dt немає (хоча занадто великий dt призведе до низької точності).

Вибір схеми залежить від конкретної задачі та вимог до точності та швидкості розрахунків. Для простих задач, де не потрібна висока точність і час розрахунку не є критичним, можна використовувати явну схему. Для більш складних задач рекомендується використовувати неявні схеми.

Ці алгоритми описують основні кроки моделювання теплопровідності. Для більш складних моделей потрібно враховувати додаткові фактори, такі як зміна теплофізичних властивостей матеріалів від температури, наявність внутрішніх джерел тепла, складніші граничні умови тощо.

Параметри:

```
L = 0.1;        % Довжина стінки (м)
k = 20;         % Теплопровідність (Вт/(м К))
rho = 8000;     % Густина (кг/м^3)
c = 450;        % Теплоємність (Дж/(кгК))
T_inf = 20;     % Температура навколишнього середовища (°C)
h = 10;         % Коефіцієнт теплопередачі (Вт/(м^2 К))
% Дискретизація простору та часу
x = linspace(0, L, 100);
t = linspace(0, 1000, 100);
dx = x(2) - x(1);
dt = t(2) - t(1);
% Початкова умова
T = T_inf  ones(length(x), length(t)); % Ініціалізація МАТРИЦІ!
T(1, :) = 500; % Температура на лівій границі (всі моменти часу)
% Чисельне розв'язання (явна схема)
for n = 1:length(t)-1
    for i = 2:length(x)-1
        T(i, n+1) = T(i,n) + (kdt/(rhocdx^2))(T(i+1,n) - 2T(i,n) + T(i-1,n));
```

```
    end
    % Гранична умова (конвекція)
    T(end, n+1) = (hT_inf + k/dxT(end-1,n))/(h+k/dx);
end
% Побудова графіків
surf(x,t,T')
xlabel('x (м)')
ylabel('t (c)')
zlabel('T (°C)')
view(-30,30)
```

Отже, представлена тримірна модель розподілу температури в печі (рис. 3.12) описує розподіл температури в площині (наприклад, переріз печі). Для її розв'язання потрібно використовувати метод скінченних різниць або метод скінченних елементів. Ось приклад з використанням методу скінченних різниць:

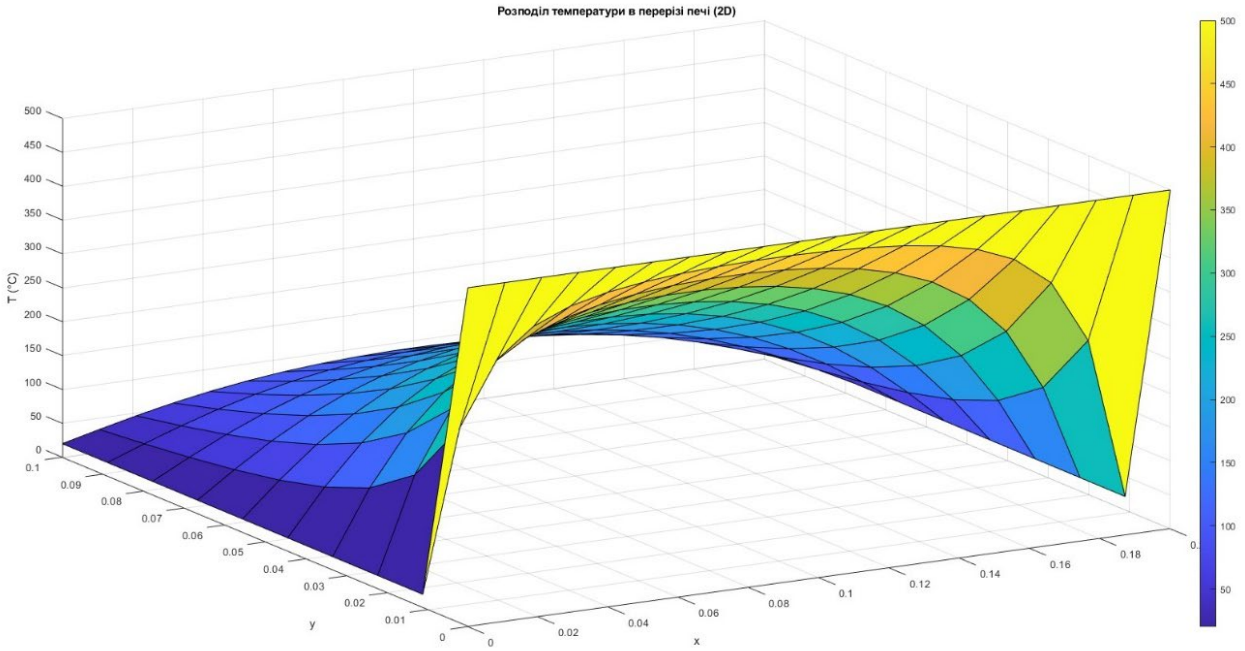


Рисунок 3.12. - Тримірна модель розподілу температури в печі

Економія електроенергії в 35-45 кВт · год / т є недостатнім стимулом для додаткових витрат на експлуатацію та обслуговування таких установок. Спроби поліпшити процес за рахунок застосування бадей з жароміцної сталі, футеровка цебер і т.п. не привели до істотного підвищення ефективності, але викликали значне подорожчання установок і зниження рентабельності.

Використання для підігріву шихти в баддях відходять пічних газів створює додаткові труднощі через нестабільність режимів роботи печі, коливань температури і витрат газів (рисунок 3.10). На вході в цебер параметри газового потоку необхідно стабілізувати по температурі, щоб уникнути перегріву і викривлення корпусу, а при зниженні температури газів, що відходять включати газові пальники для інтенсифікації підігріву шихтиЕкономія електроенергії в обсязі 35-45 кВт·год/т є недостатньою для виправдання додаткових витрат на експлуатацію та обслуговування таких установок. Спроби покращити процес шляхом впровадження бадей з жароміцної сталі, футеровки цебер та інших вдосконалень не призвели до істотного підвищення ефективності, але суттєво підвищили витрати на установки та знизили їх рентабельність. Використання відхідних пічних газів для підігріву шихти в баддях створює додаткові труднощі через нестабільність режимів роботи печі, коливання температури та витрат газів. На вході до цебер необхідно стабілізувати параметри газового потоку за температурою, щоб уникнути перегріву та деформації корпусу, а при зниженні температури відхідних газів потрібно включати газові пальники для посилення підігріву шихти.

Графік, відображає роботу установки. Дві осі Y: Графік має дві вертикальні осі: ліва вісь, позначена як "Q, МВт", відображає потужність або тепловий потік в мегаваттах. Права вісь, позначена як "T, °C", відображає температуру в градусах Цельсія.

Вісь X: Горизонтальна вісь відображає час, з позначками в форматі години: хвилини: секунди, починаючи приблизно з 08:51:48 і закінчуючи

приблизно 09:43:12. Отже, загальний проміжок часу, відображений на графіку, складає приблизно 52 хвилини.



1 - завантаження чергової порції 20 т; 2 - споживана потужність; 3 – температура відхідних газів; 4 - маса шихти в шахті підігрівача

Рисунок 4.12 - Зміни температурного режиму по ходу плавки (координати: споживана потужність - час)

Кілька кривих: На графіку зображено кілька кривих різного кольору:

Червона крива: Має різкі підйоми та спади, досягаючи максимального значення близько 800 °C. Ймовірно, це температура в якійсь точці установки.

Фіолетова крива: Коливається в діапазоні приблизно від 300 °C до 400 °C. Можливо, це температура іншої частини установки або температура регулювання.

Синя крива: Має різкі вертикальні зміни, переходячи між двома рівнями. Скоріш за все, це відображення вмикання/вимикання якогось процесу або обладнання.

Зелена та світло-фіолетова криві: Знаходяться майже на нульовому рівні, з невеликими відхиленнями. Можливо, це відображення якихось допоміжних параметрів або похибок вимірювання.

Аналіз поведінки системи:

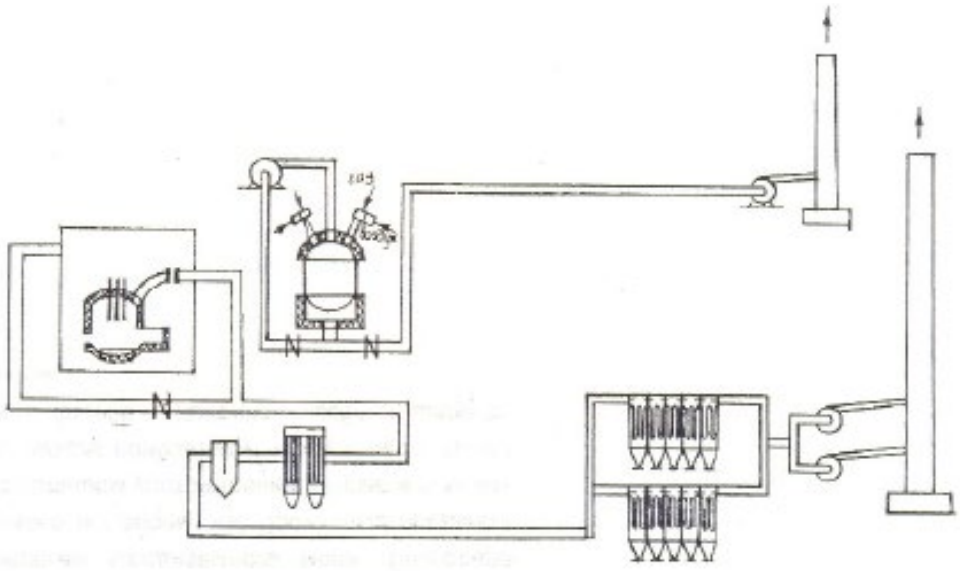
1. Початковий період (приблизно до 09:00:00): Температура (червона крива) починає зростати, досягаючи піку близько 500 °C.

2. Період коливань (приблизно з 09:00:00 до 09:14:00): Спостерігаються значні коливання температури (червона крива), що корелюють з різкими змінами синьої кривої. Це свідчить про циклічну роботу якогось процесу або регулювання температури.

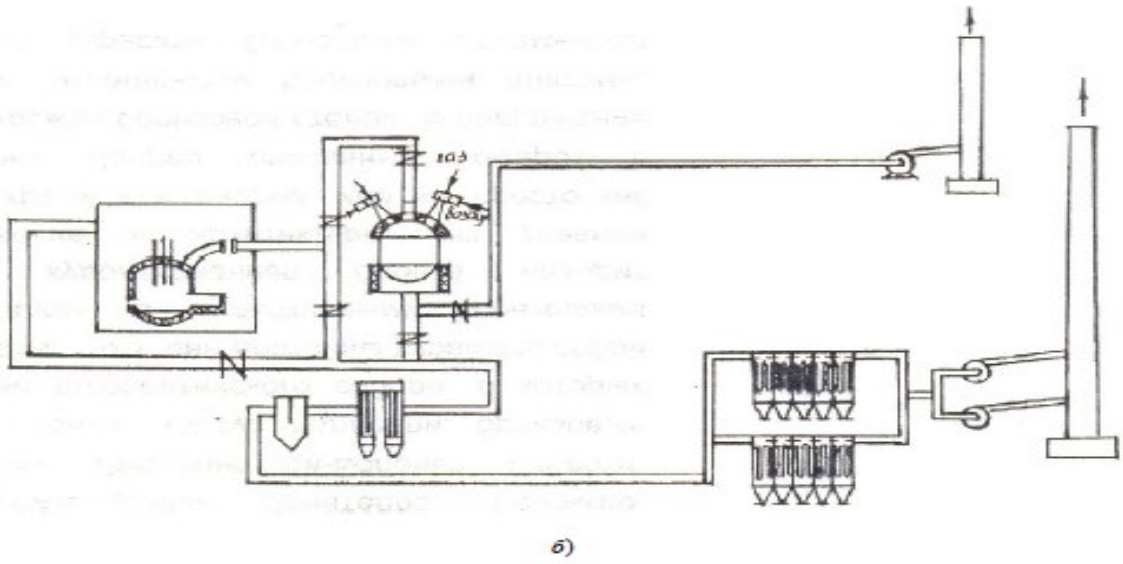
3. Період нагріву (приблизно з 09:14:00 до 09:20:00): Температура (червона крива) різко зростає, досягаючи максимального значення близько 800 °C.

4. Період стабілізації (приблизно з 09:20:00 до 09:30:00): Температура (червона та фіолетова криві) відносно стабільна.

5. Період охолодження (приблизно з 09:30:00 до кінця): Температура (червона крива) поступово знижується.



а)



а - автономна; б - за рахунок тепла відхідних пічних газів

Рисунок 4.11 - Системи підігріву шихти в баддях

Значно ускладнюється система аспірації та очищення газів, що відходять (рисунок 3.11).

Сутність технічного рішення полягає в застосуванні спеціальної «бадьі-термоса ». При цьому виготовити таку бадью можна простою доопрацюванням традиційних завантажувальних бадей (кошиків). Для цього в звичайну завантажувальну баддю (Кошик) з конструкційної сталі концентрично встановлюється вставка. Ця вставка дозволяє розділити функції, виконувані баддею: грузо несучим – виконує корпус, а роль огороджувальної теплової стінки (екрана) грає вставка, не яка має серйозних механічних навантажень. Установки ВПШ на основі «бадді-термоса» успішно впроваджені в Україні, забезпечивши нагрів шихти до 650-750 ° С. При оптимальної конструкції її ефективність відповідає кращим варіантам сучасних комбінованих установок ЕДП-ВПШ.Система аспірації та очищення відхідних газів значно ускладнюється, що можна проілюструвати на рисунку 3.11. Внаслідок цього, метод підігріву шихти в баддях, який використовувався раніше, втратив свою популярність серед металургів у 90-ті роки. Однак на початку 2000-х років фахівці ГГТУ ім. П. О. Сухого у співпраці з УП «Технолит» протягом тривалого періоду досліджень знайшли просте і ефективне рішення, яке

дозволяє здійснити високотемпературний підігрів шихти за допомогою установки з низьким рівнем витрат, яка легко адаптується до існуючого плавильного обладнання.

Центральною ідеєю цього технічного рішення є використання спеціальних "бадей-термосів". Виготовлення таких бадей можливе шляхом простого доопрацювання традиційних завантажувальних бадей (кошиків). Для цього в звичайну баддю з конструкційної сталі concentric встановлюється спеціальна вставка. Це рішення відкриває можливість розділення функцій, які виконуються баддею: основну несучість забезпечує корпус, тоді як вставка слугує як огороджуюча тепловая стінка (екран), яка не підлягає серйозним механічним навантаженням.

Установка ВПШ на основі "бадей-термосів" вже успішно впроваджена в Україні, дозволяючи підвищити температуру шихти до 650-750°С. При оптимальній конструкції ці установки демонструють ефективність, що відповідає кращим варіантам сучасних комбінованих установок ЕДП-ВПШ. Це нововведення не лише покращує енергетичну ефективність процесу, але і дозволяє значно знизити витрати на енергоресурси, що робить його привабливим для промисловості.

4.2 Економічний єфект від модернізації системи нагріву шихти

Введення Попередній високотемпературний підігрів шихти (ВПШ) є най- більш ефективним засобом скорочення питомих витрат електроенергії приелектроплавке. Робота електропечей на гарячій шихті забезпечує підвищення виробник- ності печей, скорочення витрат електродів, футерування, обсягів шкідливих викидів та інші переваги. Цим пояснюється зростаючий інтерес металургів до реалізації цього техно- логічного прийому та створенню установок підігріву шихти.

В даний час визначилися два напрямки ВПШ: модернізація собствен- але плавильних печей, насамперед, електродугових (ЕДП), шляхом доповнення ЕДП пристроєм для нагріву шихти перед її завантаженням в робочий простір, приклад - шахтно-дугові печі, друге - нагрів шихти в завантажувальних баддях (кошиках). Перший напрямок передбачає будівництво нового агрегату замість тради- ційної ЕДП, повну реконструкцію плавильного відділення: системи завантаження шихти, аспірації та очищення викидів, системи КВПіА, технології плавки і саме- заливки і т. П. Другий напрямок є маловитратними і універсальним, придатним не тільки для знову споруджуваних цехів, а й для діючих, для всіх типів електро- печей, що не вимагають змін у технології та організації виробництва.

Стримуючим фактором у застосуванні цього способу є неможливість нагріву шихти (скрапу) в баддях до високої температури (близько 750 ºС і більше). Завантажувальна бадья відноситься до грузонесущим обладнанню, звідси під уни- жаніе аварій через зниження механічних властивостей металу, нагрівання шихти ограни- чивается 350 ºС і менше. Корпус бадді при цьому нагрівається до 500 ºС і більше. Ефект від використання підігріву шихти відповідно знижується, по суті перетворюючись в процесі сушіння. Це очевидне протиріччя вдалося подолати в результаті створення нового способу - ВПШ в завантажувальних «баддях-термосах». Новий спосіб і установки для його реалізації дозволили зняти обмеження по температурі нагріву шихти, зберігши при цьому його переваги за рівнем витрат і універсальності. Уже перші промислові установки забезпечили нагрів дотемператури 650-750 ºС, що вдвічі перевищує світовий рівень подібних установок підігріву шихти.

Конструкція і принцип дії «бадді-термоса» є айбільш ефективним засобом скорочення питомих витрат електроенергії при плавці є підігрів шихти (скрапу) перед завалкою в піч. При цьому очевидно, що чим вище температура і, отже, ентальпія скрапу, тим менше витрати енергії в печі на його нагрівання. Більш того, якщо ККД установки підігріву шихти більше ніж печі, то сумарна кількість витрачених енергоносіїв буде менше. На стадії нагріву в

електродугових печах (ЕДП) ККД - приблизно 30-40%, ин- дукціонних промислової частоти - 30-35, середньої частоти ~ 50%. В установках підігріву, в яких здійснюється продування шару шихти високотемпературними газами, ККД дорівнює 75% і більше.

Ефект від застосування гарячої шихти - це не тільки скорочення витрати енерго- ресурсів, але і збільшення продуктивності плавильних агрегатів, скорочення рас- ходу електродів і футеровки, поліпшення економічних характеристик плавки і т. П. У розвитку техніки попереднього підігріву шихти намітилися два направ- лення : модернізація самих печей шляхом доповнення їх пристроями підігріву шихти, наприклад, створення шахтно-дугових печей, і нагрівання в завантажувальних баддях (кошиках). Останній спосіб значно простіше, дешевше і придатний для дейст- вующих печей будь-якого типу. Однак цей спосіб, який почав використовуватися ще в 60-х рр. минулого століття досі не отримав широкого розповсюдження через неможливість отримати високі, т. е. більш 500-700 ºС, температури нагріву шихти (скрапу). Обмеження температури нагріву викликано тим, що при нагріванні шихти неиз- бежно нагрівається, причому до більш високої температури, і сам корпус бадді, і за- порно механізми, ланцюги, цапфи та ін. При цьому неминуче знижуються до небезпечних меж механічні (міцності) характеристики матеріалів (конструкцион- ная сталь), що неприпустимо, оскільки завантажувальна бадья (кошик) відноситься до вантажо- несе обладнанню. Тому, незважаючи на конструктивне різноманітність, всі установки такого роду обмежують верхню межу температур на рівні ~ 350 ºС.

Спроби застосування жароміцної сталі, футерування і тому подібного не ре- шают принципово завдання, а лише ускладнюють і здорожують пристрої підігріву. Замість високотемпературного нагріву шихти і тим самим скорочення витрат електроенергії, можна говорити лише про попередню підготовку. Сущі шихти, що має, звичайно, положитель- ний ефект - забезпечує безпеку роботи печей в холодну пору року. Рішення завдання високотемпературного нагріву

шихти в завантажувальних баддях (кошиках) було отримано на початку 2000-х рр.

Після досить тривалих пошукових і дослідних робіт був знайдений простий спосіб, що дозволяє здійснити високотемпературний підігрів шихти в маловитратною установці, легко адаптується до діючого плавильному обладнанню. Даний спосіб практично знімає обмеження по температурі нагріву, кро- ме природно технологічних (наприклад, не можна гріти до температури спікання скрапу). Отримані на виробництві результати приблизно вдвічі перевищують променеві світові показники. Сутність технічного рішення полягає в застосуванні спеціальної «бадьі- термоса» . При цьому отримати таку «баддю-термос» можна доопрацюванням традицій- онних завантажувальних бадей (кошиків). Для цього в звичайну бадью з конструкційної сталі концентрично встановлюється вставка: обичайка з такого ж «чорного» металу товщиною 6-10 мм з зазором між нею і корпусом бадді - 50-100 мм. Ця вставка дозволяє розділити функції, виконувані баддею: грузонесущим - виконати няет корпус, а роль огороджувальної теплової стінки (екрана) грає вставка, що не випро- Тива серйозних механічних навантажень (рис. 3.12). Попередній високотемпературний підігрів шихти (ВПШ) є найбільш ефективним способом зменшення витрат електроенергії під час електроплавки. Використання гарячої шихти в електричних печах сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню витрат на електроди і футерування, а також зниженню обсягів шкідливих викидів та приносить інші переваги. Це пояснює зростаючий інтерес металургів до впровадження цієї технології і створенню установок підігріву шихти. Наразі можна виділити два основні напрямки ВПШ: модернізація існуючих плавильних печей, зокрема електродгових (ЕДП), шляхом додавання пристроїв для нагріву шихти перед її завантаженням в робочий простір (як, наприклад, у шахтно-дугових печах) та підігрів шихти в завантажувальних баддях (кошиках).

Перший напрямок передбачає будівництво нових агрегатів замість традиційних ЕДП, що включає повну реконструкцію плавильного відділення:

систем завантаження шихти, аспірації і очищення викидів, системи КВПіА, технологій плавки та заливки тощо. Другий напрямок є менш затратним та універсальним, підходить не тільки для нових цехів, а й для діючих, і не потребує змін у технології чи організації виробництва. Основною проблемою цього методу є неможливість нагріти шихту до високих температур (близько 750 ºС і більше) в баддях, які є частиною навантажувального обладнання. Через зниження механічних властивостей матеріалу, температура нагріву шихти обмежена до 350 ºС і нижче, в той час як корпус бадді може нагріватися до 500 ºС і більше. Ця проблема значно зменшує ефективність підігріву шихти, фактично перетворюючи процес в сушіння.

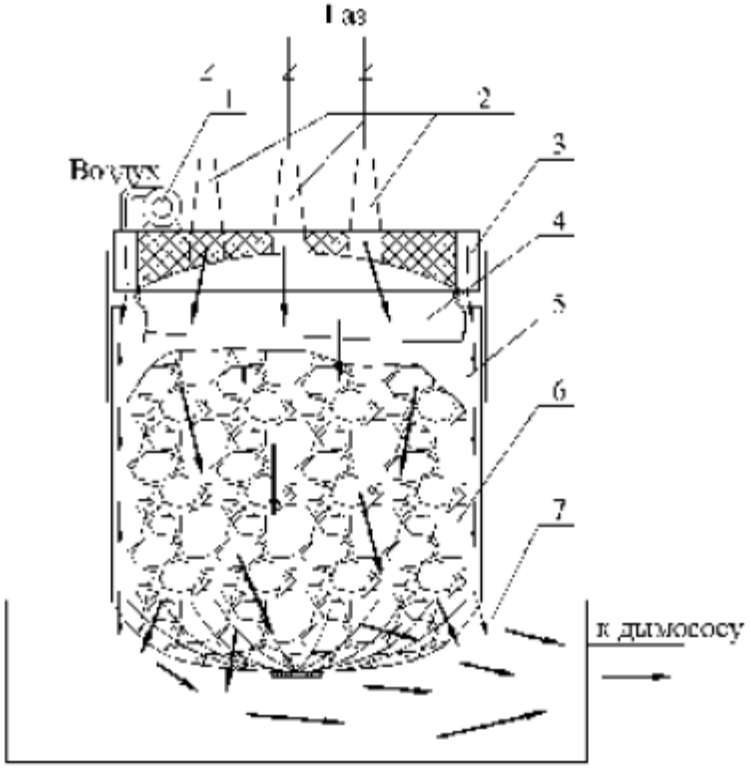
Однак ця суперечність була вирішена завдяки розробці нового методу – ВПШ у завантажувальних "баддях-термосах", створеного співробітниками ГГТУ ім. П. О. Сухого та УП «Технолит». Інноваційний спосіб та установки, що його реалізують, дозволили усунути обмеження температури нагріву шихти, зберігаючи при цьому переваги щодо витрат та універсальності. Перші промислові установки досягли температури нагріву 650-750 ºС, що вдвічі перевищує світові показники подібних установок.

Суть технічного рішення полягає у використанні спеціальних "бадей-термосів". Для їх виготовлення можна доопрацювати традиційні завантажувальні баді. У стандартну баддю з конструкційної сталі встановлюється концентрична вставка – обичайка з тієї ж сталі завтовшки 6-10 мм зі зазором між нею та корпусом бадді 50-100 мм. Ця вставка розділяє функції бадді: основна несуча роль належить корпусу, у той час як вставка виконує функцію теплового екрану, не підлягаючи серйозним механічним навантаженням.

Перший напрямок передбачає будівництво нових агрегатів замість традиційних ЕДП, що включає повну реконструкцію плавильного відділення: систем завантаження шихти, аспірації і очищення викидів, системи КВПіА, технологій плавки та заливки тощо. Другий напрямок є менш затратним та універсальним, підходить не тільки для нових цехів, а й для діючих, і не

потребує змін у технології чи організації виробництва. Основною проблемою цього методу є неможливість нагріти шихту до високих температур (близько 750 ºС і більше) в баддях, які є частиною навантажувального обладнання. Через зниження механічних властивостей матеріалу, температура нагріву шихти обмежена до 350 ºС і нижче, в той час як корпус бадді може нагріватися до 500 ºС і більше. Ця проблема значно зменшує ефективність підігріву шихти, фактично перетворюючи процес в сушіння.

Однак ця суперечність була вирішена завдяки розробці нового методу – ВПШ у завантажувальних "баддях-термосах", створеного співробітниками ГГТУ ім. П. О. Сухого та УП «Технолит». Інноваційний спосіб та установки, що його реалізують, дозволили усунути обмеження температури нагріву шихти, зберігаючи при цьому переваги щодо витрат та універсальності. Перші промислові установки досягли температури нагріву 650-750 ºС, що вдвічі перевищує світові показники подібних установок.



1 - продувний вентилятор; 2 - пальники; 3 - колектор обдування; 4 - вогнестійка завіса; 5 - вставка; 6 - нагреваемая шихта; 7 - корпус

Рис. 3.12. Схема роботи «бадді-термоса»:

Суть технічного рішення полягає у використанні спеціальних "бадей-термосів". Для їх виготовлення можна доопрацювати традиційні завантажувальні баді. У стандартну баддю з конструкційної сталі встановлюється концентрична вставка – обичайка з тієї ж сталі завтовшки 6-10 мм зі зазором між нею та корпусом бадді 50-100 мм. Ця вставка розділяє функції бадді: основна несуча роль належить корпусу, у той час як вставка виконує функцію теплового екрану, не підлягаючи серйозним механічним навантаженням.

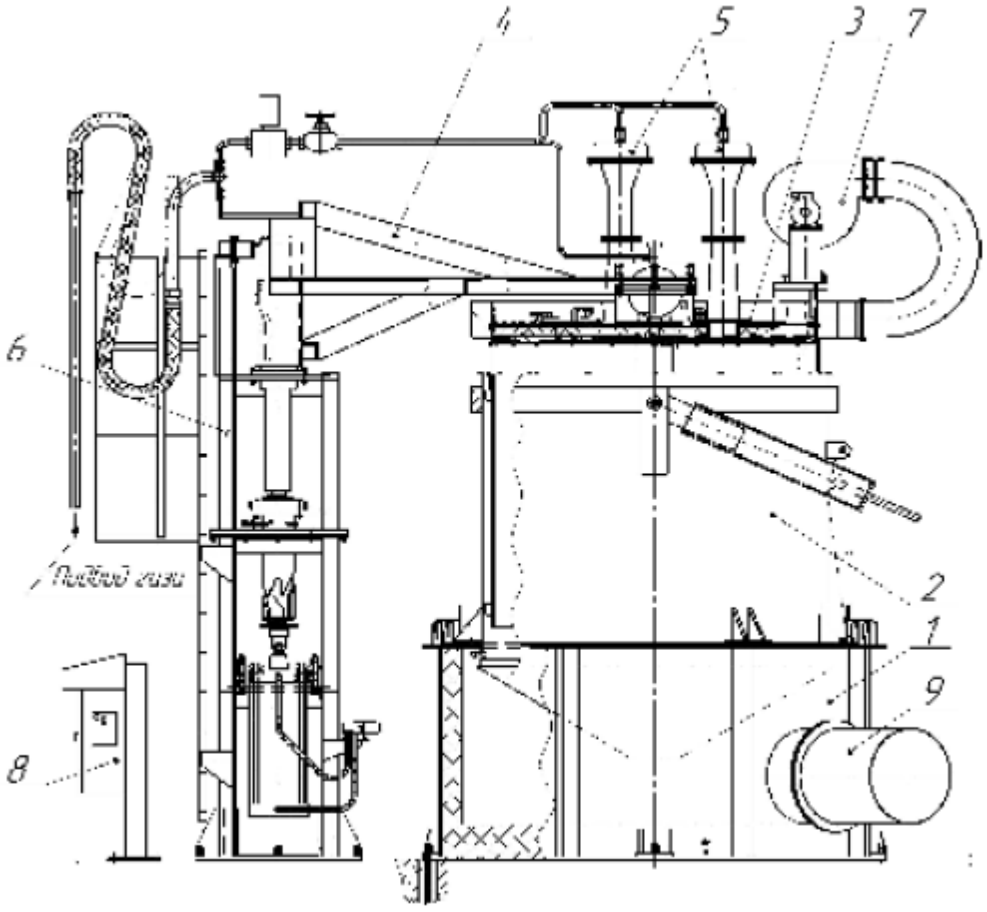
Вставка повністю усуває передачу тепла конвекцією від високотемпературних газів до грузонесущим корпусу цебра і в 4 рази знижує передачу тепла випромінюванням. Помітна передача тепла корпусу за рахунок випромінювання від вставки відбувається після нагрівання останньої до 750-1000 ºС, т. Е. В кінці процесу нагріву шихти. Для того щоб усунути при цьому небезпека перегріву несе корпусу, в кільцевий зазор подається холодне повітря з колектора, встановленого по контуру зводу.

Знизити ефект теплоизлучения можна також шляхом нанесення відбиваючого покриття на внутрішню стінку корпусу бадді.

Установка (рисунок 3. 13) являє собою конструкцію, що складається з опорної стійки (колони), в якій монтується привід (гідро- або пневматичний), що піднімає і поворачивающий звід в сторону на 60-90º, футерованной кришки (склепіння) і основи. Установка оснащується системою КВП і системи аспірації очищення. Футероване підставу служить для розміщення цебра з шихтою.

На кришці встановлюються пальника (від однієї до трьох), запальники, продувочний вентилятор і колектор, що подає повітря в зазор між корпусом Вставка повністю виключає передачу тепла конвекцією від високотемпературних газів до несучого корпусу бадді та знижує тепловіддачу випромінюванням вчетверо. Зазначена передача тепла до корпусу, що відбувається через випромінювання від вставки, стає помітною лише після його нагрівання до 750-1000 ºС, тобто в кінцевій стадії нагріву шихти. Щоб уникнути перегріву несучого корпусу, в кільцевий зазор подається охолоджене

повітря з колектора, розташованого по периметру зводу. Крім того, знизити ефект теплового випромінювання можна, використовуючи відбиваюче покриття на внутрішній стінці корпусу бадді. Установка (див. рисунок 3.13) містить опорну стійку (колону), в якій закріплений привід (гідравлічний або пневматичний), що піднімає та поворотний звід на 60-90º, футеровану кришку (склепіння) та основу. В вона також має систему контролю, вимірювання та автоматизації (КВП) та систему аспірації для очищення. Футероване підставу призначене для розміщення бадді зі шихтою. На кришці встановлені пальники (від одного до трьох), запальники, вентилятор для продувки та колектор, що подає повітря в зазор між корпусом.



1 - система спалювання газу; 2 - звід; 3 - завантажувальна бадья (кошик); 4 - підстава; 5 - траверса; 6 - футерованні стінки; 7 - система газовідводу

Рисунок 3.13. Схема установки ВПШ з «цебром-термосом»:

Ще одним необхідним елементом є гнучка вогнестійка завіса висотою 250-350 мм, закріплена по зовнішньому краю кришки (по межі «кришка-колектор»), яка в робочому положенні ізолює простір усередині вставки від зовнішньої атмосфери. Завіса може замінюватися телескопічною металевою обечайкой.

Важливою умовою є правильний вибір співвідношення діаметрів цебра і кришки: футерованная частина кришки повинна бути дорівнює діаметру вставки, ширина колектора приблизно дорівнює ширині кільцевого зазору. Сопла для подачі повітря повинні бути розташовані по колу, що проходить по середині цього кільця.

Гарячі гази зверху вниз проходять через шар шихти і відбираються в систему аспірації. Перед викидом в атмосферу гази очищаються в батареї циклонів або скруббере.

Система КВП контролює розрядження під кришкою і в зворотному трубопроводі, температуру на вході і виході з шару шихти, тиск і витрату газу, час нагрівання, стан приводів і інше, здійснює управління (регулювання) процесом нагрівання і забезпечує безпеку роботи установки.

Зазвичай використовується управління роботою установки по заданій температурі

відхідних газів, яка однозначно пов'язана з температурою нагріву шихти. При стабільному технологічному режимі плавки, постійному складі шихти управління здійснюють за часом нагріву (~ 12-15 хв).

Технологія нагріву шихти в даній установці досить проста. «Бадья-термос» завантажується звичайної шихтою і встановлюється на підставу установки.

Кришка повертається і опускається в робоче положення над цебром. Завіса при цьому повинна стосуватися вставки. Включається система аспірації та в разі необхідності - подача повітря в кільцевої зазор. Потім включаються за допомогою запальників пальника. Система управління встановлює заданий режим по витраті газів і температурі. Після досягнення необхідної температури

нагріву шихти горілки відключаються, кришка відводиться убік, димосос відключається і цебер з гарячою шихтою краном подається на завалку в піч. Якщо піч не готова до завантаження, цебер з шихтою передається на пост очікування, де щоб уникнути охолодження накривається кришкою. Повітряний зазор між обичайки і корпусом є хорошим теплоізолятором, що зменшує швидкість охолодження.

У промисловій установці, що використовує «бадді-термоси», досягнутий термічний ККД - в середньому, за цикл нагріву - 85%. У початковий період ККД дорівнює 90-95% і в міру прогріву шару шихти знижується до 65-70% за рахунок зменшення температурного напору.

Ця обставина проявляється в поступовому зростанні температури відхідних газів - від 50 до 300-350 ºС, у міру нагрівання шихти - відповідно до tср ≈ 650-750 ºС (рисунок 3.14) .__Ще одним важливим елементом є гнучка вогнестійка завіса висотою 250-350 мм, що закріплена по зовнішньому краю кришки (на межі «кришка-колектор»). У робочому положенні ця завіса ізолює внутрішній простір вставки від навколишнього середовища. Замість завіси може використовуватися телескопічна металева обечайка. Важливо правильно визначити співвідношення між діаметрами цебра та кришки: футерована частина кришки повинна бути зіставлена з діаметром вставки, а ширина колектора має приблизно відповідати ширині кільцевого зазору. Сопла для подачі повітря розташовуються по колу, що проходить по середині цього кільця. Гарячі гази проходять зверху вниз через шар шихти і підводяться до системи аспірації. Перед викидом в атмосферу гази очищуються за допомогою циклонних фільтрів або скрубера. Система контролю, вимірювання та автоматизації (КВП) слідкує за розрядженням під кришкою і у зворотному трубопроводі, контролює температуру на вході та виході з шару шихти, тиск і витрату газу, час нагрівання, стан приводів тощо, забезпечуючи управління процесом нагріву та безпеку роботи установки. Зазвичай управління ведеться на основі заданої температури відхідних газів, що безпосередньо пов'язано з температурою нагріву шихти. При стабільному технологічному режимі плавки

та постійному складі шихти управління здійснюється за часом нагріву (приблизно 12-15 хвилин).

Процес нагрівання шихти у цій установці є досить простим. «Бадья-термос» заповнюється звичною шихтою і встановлюється на підставу установки. Кришка повертається та опускається у робоче положення над цебром. Завіса має прилягати до вставки. Активується система аспірації, а за потреби - подача повітря в кільцевий зазор. Потім вмикаються пальники за допомогою запальників. Система управління налаштовує режим відповідно до витрати газів і температури. Після досягнення необхідної температури нагріву шихти пальники вимикаються, кришка зсувається вбік, димосос відключається, і цебер з гарячою шихтою подається в піч через кран. Якщо піч не готова до завантаження, цебер з шихтою переноситься на пост очікування і накривається кришкою, щоб уникнути охолодження. Повітряний зазор між обичайкою та корпусом є ефективним теплоізолятором, що зменшує швидкість охолодження.

У промисловій установці, що використовує «бадді-термоси», досягається термічний ККД на рівні середньому 85% за цикл нагріву. На початковому етапі цей показник становить 90-95%, але в процесі прогріву шару шихти знижується до 65-70% через зменшення температурного напору. Це проявляється в поступовому зростанні температури відхідних газів - від 50 до 300-350 ºС, у процесі нагрівання шихти, середня температура якої коливається між 650 і 750 ºС.

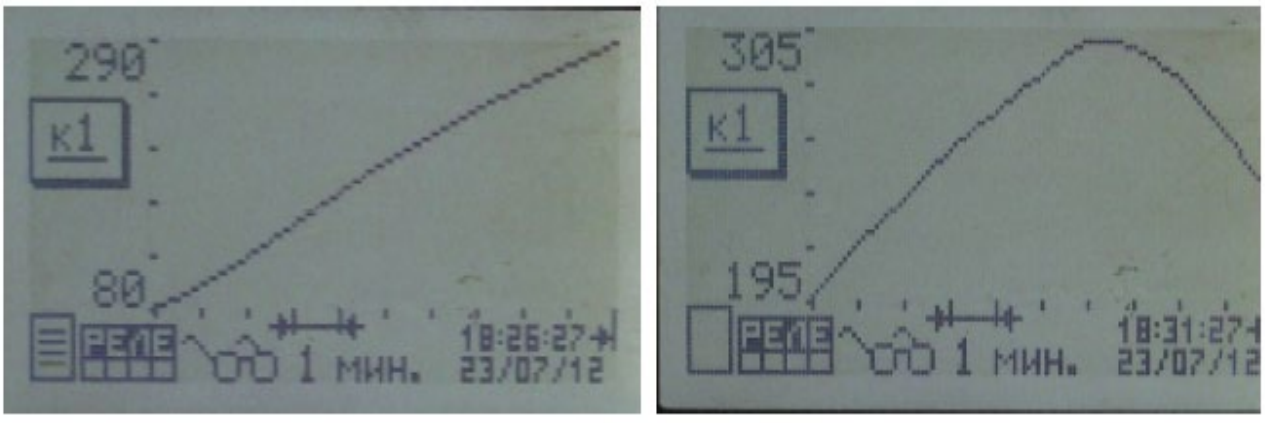


Рисунок 3.14. Моніторинг нагріву шихти на встановлення підігріву в завалювальних Бадді (к1 - температура відхідних газів на виході з шару шихти)

4.3 Методика розрахунку теплообміну в шарі шихти

До теперішнього часу представляє певні труднощі розрахунок процесу нагрівання шихти в шарі (теплообміну в нестаціонарних умовах), зокрема, визначення тривалості нагрівання.

За практиці його визначають дослідним шляхом на вже виготовленої установці, змінюючи режим роботи: кількість подаваного палива, величину розрядження, висоту шару і т.п.

Дослідження режимів нагрівання шихти в шарі в баддях і шахтах дозволяють зробити висновок про застосовність для розрахунку процесів теплопередачі рівняння Фур'є для нестаціонарної теплопровідності з граничними умовами I роду. При цьому в рівнянні замість коефіцієнта теплопровідності шару (як в канонічному) використовується наведений коефіцієнт конвекції, до умноженний на еквівалентний діаметр елементів шару - шматка шихти або каналу для відповідно

зовнішньої або внутрішньої завдання:

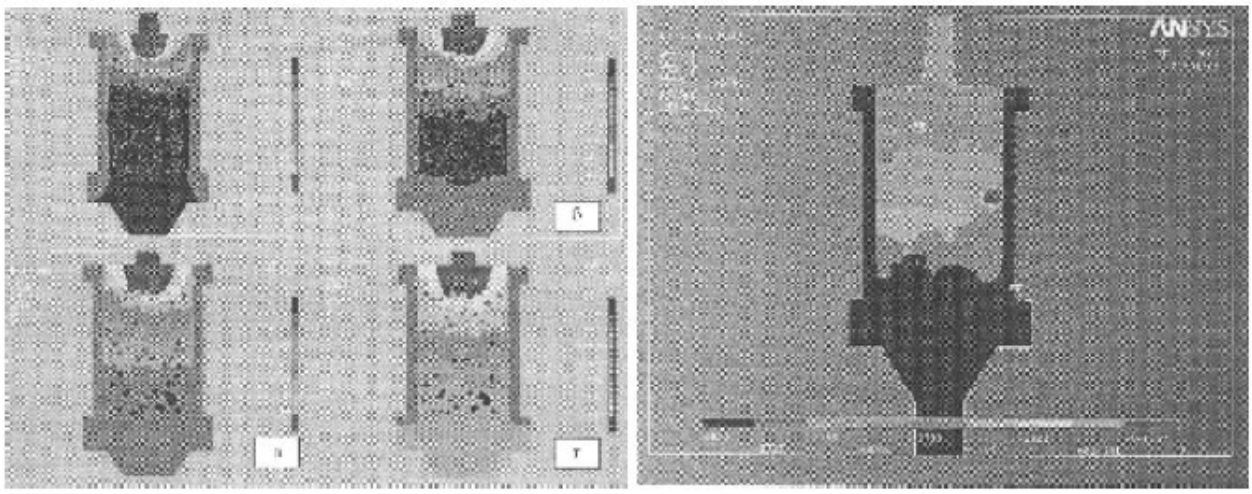
Для установок з баддями невеликої ємності (до 10 т) прийнятним є використання одновимірної схеми розрахунку, для бадей діаметром понад 3 м коректніше розрахунок вести в циліндричних координатах, вважаючи розподіл температур в горизонтальних перетинах пропорційним радіусу.

Так як является функцією швидкості потоку, доцільно при проектних роботах вести розрахунки параметрів руху газів в шарі на основі рішень рівнянь Нав'є-Стокса і Фур'є-Кірхгофа, задаючи градієнти температур по всоте шару. Для цієї мети можна використовувати ППП ANSIS .

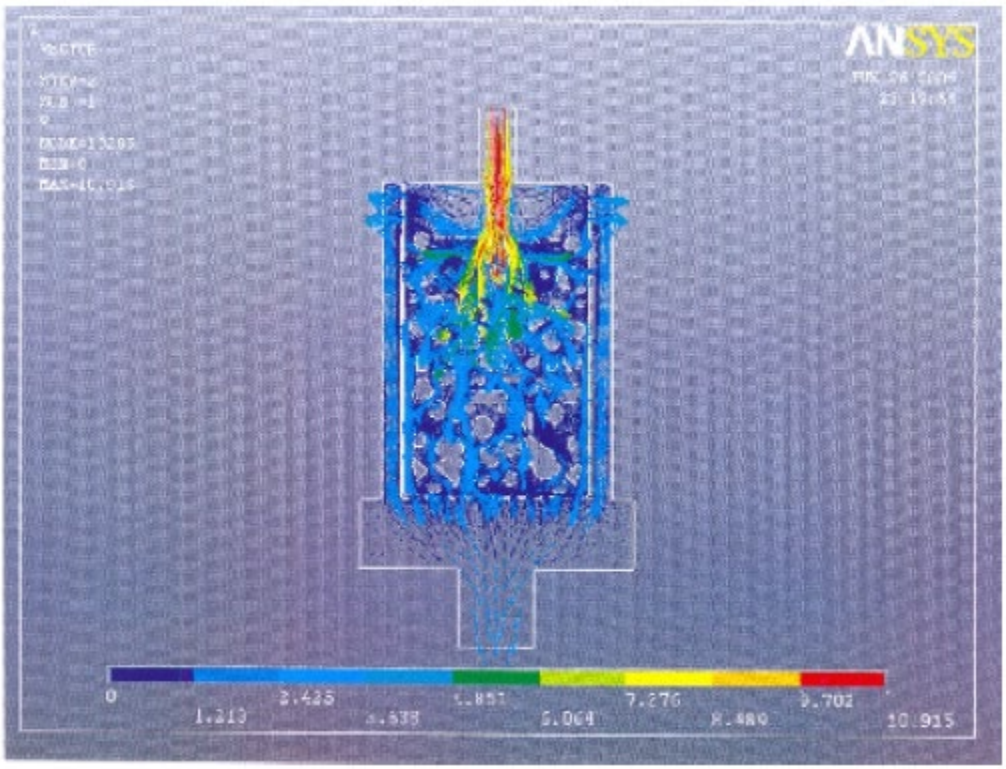
Приклади візуалізації отриманих рішень представлені на рисунок 3.15.На сьогоднішній день розрахунок процесу нагрівання шихти в шарі, включаючи теплообмін в нестаціонарних умовах, залишається складним завданням, зокрема у визначенні тривалості цього нагрівання. Як правило, таку тривалість визначають експериментально на вже працюючих установках, змінюючи режим

операцій: кількість споживаного пального, ступінь розрядження, висоту шару тощо. Дослідження режимів нагрігання шихти в баддях і шахтах підтверджують, що для розрахунків теплопередачі можна використовувати рівняння Фур'є для нестаціонарної теплопровідності з граничними умовами першого роду. У цьому випадку в рівнянні замість коефіцієнта теплопровідності шару, як у класичній формі, застосовується приведений коефіцієнт конвекції, помножений на еквівалентний діаметр елементів шару — шматка шихти або каналу, в залежності від задачі.

Для установок з баддями невеликого обсягу (до 10 тонн) рекомендовано використовувати одновимірну схему розрахунку. Водночас, для бадей діаметром понад 3 метри розрахунки будуть більш точними в циліндричних координатах, оскільки температура в горизонтальних перетинах залежить від радіусу. З огляду на те, що це пов'язано зі швидкістю потоку, доцільно під час проектування виконувати розрахунки параметрів газового потоку в шарі, використовуючи рішення рівнянь Нав'є-Стокса та Фур'є-Кірхгофа і встановлюючи температурні градієнти по всій товщі шару. Для таких задач можна застосовувати програмні продукти ANSYS. Приклади візуалізації отриманих результатів наведені на рисунку 3.15.



а) *б)*



в)

Рисунок 3.15 - Комп'ютерне моделювання процесу нагріву шихти

Рисунок 3.15 ілюструє комп'ютерне моделювання процесу нагріву шихти в завантажувальних «баддях-термосах»: а - показує розподіл температур у шарі за швидкості V0 = 10 м/с та температурі газу t = 1200 °С; б - демонструє розподіл тисків у бадді при додатковій подачі повітря зі швидкістю 3 м/с у зазор; в - відображає сумарні значення миттєвих швидкостей газового потоку в заданому шарі шихти за V0 = 10 м/с.

Розрахунки теплопередачі в кільцевому зазорі «бадді-термоса» не складають труднощів і можуть бути здійснені шляхом оцінки загальної передачі тепла від турбулентного потоку повітря, що проходить від стіни вставки до корпусу бадді, а також за рахунок випромінювання від тієї ж вставки з урахуванням принципу суперпозиції. У випадку відсутності руху проходить теплообмін через повітряний зазор та випромінювання, причому останній фактор є практично незначним при температурі вставки, що не перевищує 500 ºС.

Досвід показує, що при використанні бадей об'ємом 5-6 т та інтенсивності нагріву 10-15 хв зі зупинкою між використанням однієї й тієї ж бадді на 30-45 хв (при роботі з трьома баддями) подача охолоджуючого повітря в кільцевий зазор не є необхідною.

У викидах установок підігріву шихти, що працюють на природному газі, виявлено низькі концентрації шкідливих речовин. Зокрема, в них відсутні елементи, що утворюються в зоні електричної дуги, такі як возгони, що дозволяє використовувати для очищення малоефективні апарати, наприклад, циклони або порожні скрубери. Однак при обробці сильно забрудненого тонколистового скрапу, стружки або брикетів кількість шкідливих речовин, особливо органічних (ЛОС), зростає, що вимагає їх допалювання на виході з бадді.

Час реакції горіння викидів розраховують за кінетичним рівнянням для кожного компонента, включаючи ЛОС, і визначаються максимально можливі значення. При температурах горіння, що перевищують 750 ºС, цей час становить частки секунди. Конструкція установок ВПШ у «баддях-термосах» складається з футерованої камери, обсяг якої порівнянний з об'ємом бадді, що забезпечує необхідний час перебування газів у зоні горіння.

За результатами промислових досліджень встановлено наступні співвідношення витрат енергоносіїв, що дають змогу оцінити ефективність розроблених установок ВПШ у «баддях-термосах»: при витратах природного газу на рівні 11-13 м³, економія електроенергії становить 150-180 кВт·год на 1 т шихти. Менші витрати газу відповідають умовам нагріву шихти з низькою інтенсивністю (швидкість нагріву 1 м шару за 10 хв) та товщиною шматків 30-50 мм, тоді як більші витрати спостерігаються під час швидкого нагрівання (близько 2 м шару за 10 хв) з тонколистовим скрапом.

Висока ефективність установок ВПШ у «баддях-термосах» пояснюється двома чинниками: по-перше, вища акумулююча теплоємність шару шихти (так зване «водяне число» за методикою Б. В. Китаєва) в порівнянні з теплоємністю

теплоносія - продуктами горіння газу; по-друге, нижчі температури корпусу бадді.

Втрати тепла, що відбуваються в даних установках, під час нагріву шихти до 750 ºС є незначними. За час роботи температура корпусу підвищується від 0 до 300 ºС (максимум). Втрати тепла за рахунок природної конвекції від вертикальної стінки корпусу при середній температурі 140-200 ºС за 15 хв роботи становлять приблизно 2-3 МДж на 1 т шихти, що еквівалентно витраті газу приблизно 0,12 м³ на 1 т шихти.

Кількість тепла, що передається повітрю, яке надходить через кільцевий зазор, залежить від інтенсивності продувки та температури вставки. Тепло передається в основному конвекційно, оскільки випромінювання від вставки не має суттєвого впливу на повітря. Температура газів усередині бадді відрізняється від температури повітря в кільцевому зазорі в верхній і нижній частинах бадді. У цьому випадку відношення температур t1 до t2 ≈ 3, що перевищує критичне значення 0,6, тому середню температуру можна розрахувати як середньоарифметичну.

Тут тепло передається переважно за рахунок конвекції від газів до стінок бадді, а з них – до повітря. Швидкість руху димових газів усередині бадді становить приблизно 10-15 м/с при нормальних умовах і пористості нижче 0,4. Коефіцієнт теплопередачі в таких умовах складає 18-20 Вт/м²·К. Як наслідок, втрати тепла під час максимального продування можуть сягати 30 МДж/т або приблизно 0,86 м³ природного газу на 1 т шихти. Ці втрати можуть бути зменшені через використання для нагріву шихти кількох змінних бадд, що дозволяють забезпечити паузу між циклами нагрівання для охолодження корпусу. В практиці це кількість становить 2-3 бадді на одну установку ВПШ.

Отже, втрати тепла в установках ВПШ з «баддями-термосами» в основному залежать від температури відпрацьованих газів і можуть бути легко контрольовані та регульовані.

4.4 Розрахунок енергетичного ефекту

Після апробації установок підігріву шихти з «баддями-термосами» в сталеливарних цехах аналогічна установка була впроваджена на ПАТ «Завод сталевого дробу» (м.Алчевськ, Україна) (рис. 5).

На закінчення представимо кілька цифр, що характеризують економічну ефективність установок ВПШ в «баддях-термосах».

Вартість установок визначається потужністю (продуктивністю) і комплектацією. Крім механічного та нестандартного обладнання до складу установки входять газообладнання, системи аспірації та очищення і система КВПіА.

Вартість доопрацювання традиційних бадей (кошиків) незначна. Стійкість обичайок з конструкційної сталі - 3-4 місяці, з жаростійкої - рік і більше.

Для обслуговування установки додатковий персонал не вимагається .__

Ентальпія шихти (сталевого скрапу) при нагріванні

Після тестування установок підігріву шихти з «баддями-термосами», подібну установку було запроваджено на ПАТ «Завод сталевого дробу» в Алчевську, Україна (див. рис. 5).

У завершенні представимо декілька даних, які відображають економічну ефективність установок ВПШ з «баддями-термосами». Вартість цих установок варіюється в залежності від їх потужності та комплектації. Окрім механічного та нестандартного обладнання, установка включає газове обладнання, аспіраційні системи, системи очищення та контрольні системи. Витрати на модернізацію традиційних бадей (кошиків) є незначними. Службовий термін обичайок у конструкційній сталі становить 3-4 місяці, а з жаростійкої сталі – понад рік. Для обслуговування установки не потрібно залучення додаткового персоналу.

Ентальпія шихти (сталевого скрапу) при нагріванні до певної температури до 700 ºС становить: $Q_ш$ =C·M ·t = 370,3 МДж або 102,9 кВт · год на 1 т. Це еквівалентно витраті $W_г$ =10,6 м 3 газу. Тепло, що втрачається з газами, з середньою за період нагріву температурою 200 ºС: $Q_{отх.1}$ = C10$W_Г$ t $_{отх}$ = 29,2 МДж.

Сумарні витрати: $Q_{сум}$ = $Q_ш$ + $Q_{отх.1}$ = 399,5 МДж, що еквівалентно $W_Г$ =11,4 м^3 газу. Перерахунок втрат тепла дає величину: $Q_{отх}$ =1,38·10$W_Г$ ·200 = 3,14 МДж. Сумарне ні витрати: $Q_{сум}$ = 401,7 МДж, що еквівалентно 11,5 м^3 газу. Враховуючи, що втрати тепла через стінку і звід становлять не більше 5-10% (в середньому - 7,5%), витрата складе 12,4 м^3 проти теоретичного 10,6 м^3 / т. Звідси ККД установки: ŋ= 85,5%. У електродугової печі з ККД в період нагріву шихти ŋ= 40: для передачі шихті $Q_ш$ = 102,9, кВт · год теплової енергії витрачається 257,2 ш E=$Q_ш$ /ŋ кВт · год електроенергії.Таким чином, згідно з розрахунком, з урахуванням ККД агрегатів при нагріванні шихти до 700 ºС і витратах - 12,4 м^3 / т економія складе близько 250 кВт год (без урахування втрат при перевантаженнях і простоях).

При більш суворому розрахунку економічний ефект істотно зростає, оскільки слід враховувати скорочення питомої витрати електродів приблизно на 20%, зниження витрат на футеровку, зменшення обсягу викидів, насамперед, пилу, приблизно на 25-30% і відповідне зниження витрат на очищення. Необхідно враховувати можливість збільшення в шихті частки низькоякісного скрапу на 10% і більше, без зниження якості рідкого металу. Цей фактор, на думку ряду фахівців, може відігравати вирішальну роль. При детальнішому аналізі економічного ефекту його величина значно зростає, оскільки потрібно враховувати зменшення витрат на електроди приблизно на 20%, зниження витрат на футеровку, а також зменшення викидів, особливо пилу, на 25-30% і відповідне зменшення витрат на очищення. Варто також взяти до уваги можливість збільшення частки низькоякісного скрапу в шихті на 10% і більше без погіршення якості рідкого металу. Цей фактор, за словами деяких експертів, здатен мати вирішальний вплив.

При детальнішому аналізі економічного ефекту його величина значно зростає, оскільки потрібно враховувати зменшення витрат на електроди приблизно на 20%, зниження витрат на футеровку, а також зменшення викидів, особливо пилу, на 25-30% і відповідне зменшення витрат на очищення. Варто також взяти до уваги можливість збільшення частки низькоякісного скрапу в шихті на 10% і більше без погіршення якості рідкого металу. Цей фактор, за словами деяких експертів, здатен мати вирішальний вплив.

Практика показала, що окупність установок ВПШ на базі «цебер-термосів» становить 3-6 місяців залежно від обсягу виробництва і кон'юнктури цінна енергоносії. Провести модернізацію виробництва рідкого металу шляхом впровадження автономних установок такого типу можна без зупинки основного обладнання.

Крім того, впровадження установки ВПШ забезпечує підвищення безпеки плавки, стійкості роботи дуги, зниження рівня шуму, усунення неорганізованих викидів шкідливих речовин в робочу зону. Фінансову складову перерахованих факторів важко оцінити кількісно, проте їх важливість і позитивне значення не викликають сумнівів. У процесі детального розгляду економічного ефекту його величина суттєво зростає, оскільки потрібно враховувати зниження витрат на електроди приблизно на 20%, зменшення витрат на футеровку, а також зниження викидів, зокрема пилу, на 25-30%, що, в свою чергу, призводить до зменшення витрат на очищення. Також варто врахувати можливість збільшення частки низькоякісного скрапу у шихті на 10% і більше, не погіршуючи якість рідкого металу. Згідно з думкою деяких експертів, цей фактор може стати ключовим. Практичні результати свідчать, що окупність установок в електроплавильних печах на базі "цебер-термосів" складає від 3 до 6 місяців, залежно від обсягу виробництва та ситуації на ринку енергоносіїв. Модернізація виробництва рідкого металу шляхом впровадження автономних установок такого типу можлива без зупинки основного обладнання. Крім того, використання установок ВПШ підвищує безпеку плавки, стабільність роботи дуги, знижує рівень шуму та усуває неорганізовані викиди шкідливих речовин

у робочу зону. Хоча фінансову частину цих факторів важко кількісно оцінити, їх значення і позитивний вплив безсумнівні.

4.5 Додаткові заходи підвищення енергоефективності підприємства

Сумарні втрати активної потужності двигуна визначаються за формулою:

$$\Delta P_{сум} = [Q_{хх} \cdot (1 - K_н^2) + K_н^2 \cdot Q_н] \cdot K_{i.n} + \Delta P_{хх} + K_н^2 \cdot \Delta P_{в.н.}, \quad (3.16)$$

де $Q_{хх} = \sqrt{3} \cdot U_н \cdot I_{n.x.}$ реактивна потужність, яка використовується двигуном з мережі при номінальному навантаженні, квар;

$U_н$ - номінальна напругі, В;

$I_{n.x.}$ - струм електродвигуна, А;

$K_н = \frac{P_{ср}}{P_н}$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна;

$P_{ср}, P_н$ - середнє навантаження і номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$Q_н = \frac{P_н}{\eta_н} \cdot \operatorname{tg} \varphi_н$ - реактивна потужність електродвигуна при номінальному навантаженні, квар;

$\eta_н$ - ККД електродвигуна при номінальному навантаженні;

$\operatorname{tg}\varphi_н$ - виробнича від номінального коефіцієнта потужності електродвигуна;

$K_{i.n.}$коефіцієнт втрат, $K_{i.n.} = 0{,}1$кВт/квар;

$\Delta P_{хх} = P_н \cdot (1 - \eta_н) \cdot \gamma / [\eta_н \cdot (1 + \gamma)]$ - втрати активної потужності при неробочому ході електродвигуна, кВт;

$\Delta P_{в.н.} = P_н \cdot (1 - \eta_н) / [\eta_н \cdot (1 + \gamma)]$ - приріст втрат активної потужності в електродвигуні при 100% навантажені, кВт

$\gamma = \Delta P_{xx}/[(100 - \eta_н) - \Delta P_{xx}]$ - розрахунковий коефіцієнт, який залежить від конструкції електродвигуна.

Характеристики однотипних старих двигунів різних установок, встановлених в механічному, магнітопровідному та інших цехах (всього 6 шт.):

$P_н = 800$кВт; $U_н = 380$В;$\eta_н = 0{,}89$; $\cos\varphi = 0{,}9$; $I_{xx} = 16{,}8$А;$\Delta P_{xx} = 32$кВт, тоді:

$Q_{xx} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 16{,}8 \cdot 10^{-3} = 11{,}05$квар;

$$K_н = \frac{P_{ср}}{P_н} = \frac{15}{30} = 0{,}5; \quad (3.17)$$

$$\gamma = \frac{\Delta P_{xx}}{[(100\text{-}\eta_н)\cdot\Delta P_{xx}]} = \frac{1{,}2}{[(100\text{-}89)\text{-}1{,}2]} = 0{,}12; \quad (3.18)$$

$$\Delta P_{в.н.} = P_н \cdot (1 - \eta_н)/[\eta_н \cdot (1 + \gamma)] = 30 \cdot \frac{1-0{,}89}{0{,}89\cdot(1+0{,}12)} = 3{,}3 \text{ кВт} \quad (3.19)$$

Характеристики електродвигуна А2-71-6:

$P_н = 17$кВт;$U_н = 380$В;$\eta_н = 0{,}88$;$\cos\varphi = 0{,}9$;$I_{xx} = 13{,}5A$;$\Delta P_{xx} = 0{,}9$кВт,

$Q_{xx2} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 13{,}5 \cdot 10^{-3} = 8{,}9$квар;

$$K_{н2} = \frac{P_{ср}}{P_{н2}} \quad (3.20)$$

$$\gamma_2 = \Delta P_{xx2}/[(100 - \eta_{н2}) \cdot \Delta P_{xx2}] \quad (3.21)$$

$$\Delta P_{в.н.2} = P_{н2} \cdot (1 - \eta_{н2})/[\eta_{н2} \cdot (1 + \gamma_2)] \quad (3.22)$$

Сумарні втрати активної потужності малозавантаженого двигуна:

$$\Delta P_{сум} = [11{,}05 \cdot (1 - 0{,}5^2) + 0{,}5^2 \cdot 15] \cdot 0{,}1 + 1{,}2 + 0{,}5^2 \cdot 3{,}3 = 5{,}16 \text{ кВт}$$

Сумарні втрати активної потужності нового двигуна:

$$\Delta P_{сум2} = [8{,}9 \cdot (1 - 0{,}88^2) + 0{,}88^2 \cdot 5] \cdot 0{,}1 + 0{,}08 + 0{,}88^2 \cdot 2{,}14 = 1{,}98 \text{кВт.}$$

Ефективність заміни малозавантаженого електродвигуна визначається одержаним зниженням втрат активної потужності в кожному двигуні:

$$\Delta P = \Delta P_{сум} - \Delta P_{сум2} \qquad (3.23)$$

Тобто, заміна малозавантажених електродвигунів на нові, дозволить додатково економити підприємству близько 343 тис. кВт год/рік

4.6 Техніко-економічне обґрунтування впровадження додаткових енергозберігаючих заходів

- розрахунок економічного ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів

- заміна асинхронних двигунів двигунами меншої потужності

Ефективність заміни малозавантаженого електродвигуна визначається одержаним зниженням втрат активної потужності в двигуні $\Delta P = 3{,}18$кВт:

Економія грошових коштів при реалізації даного заходу становить:

$$E = 129 \cdot \Delta P \cdot t_{роб} \cdot в \tag{3.24}$$

$$E = 73 \cdot 3{,}18 \cdot 5200 \cdot 1{,}04 = 357689 \text{грн/рік}$$

Капітальні затрати на реалізацію даного заходу становлять 486 тис. грн – 73 двигуни за ціною 6657 грн. кожен.

Простий термін окупності становитиме, років:

$$T = \frac{K}{E} \tag{3.25}$$

$$T = \frac{486}{357{,}689} = 1{,}36$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

5.1 Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища феросплавного цеху

Виробниче середовище електросталеплавильного цеху характеризується наявністю шуму. Джерелами його є дугова електропіч, робота електромостових кранів, процеси розвантаження і завантаження завалочної корзини система газоочищення. Рівень звукового тиску залежить від стадії виплавки, дисперсності використовуваної шихти, газокисневого дуття, швидкості навантажувально-розвантажувальних робіт, кількості працюючих кранів.

До найбільш «шумонебезпечних» професій слід віднести професії сталеварів, їх підручних, розливальників, шихтувальників, машиністів електромостових кранів.

Виробничі операції в цеху при роботі дугових електропечей, а також окремих машин і механізмів (електромостових кранів, стрічково-кидкових мульдозавалочних машин) супроводжуються загальною вібрацією. Максимальні величини віброшвидкості спостерігаються на майданчику біля сталевипускного жолоба і на пульті майстра по випуску сталі, при закладенні і обробленні сталевипускного отвору, підготовці жолоба до зливання металу, його формуванні після випуску плавки.

Концентрація виробничого пилу в повітрі робочих зон зростає при заправці печі, підсипанні порогу, додаванні шлакоутворюючих компонентів і легуючих добавок, при кисневому дутті, в момент розливання сталі у виливницю. Найбільшим пиловиділенням характеризується процес розплавлення, особливо при іржавому, брудному і малогабаритному скрапі. При окисленні збільшення пиловиділення відбувається у момент активного кипіння металу і дії кисневих струменів. При відносно невеликому пилоутворенні в період рафінування воно різко зростає при випалюванні вуглецю, при добавлянні плавки.

Максимальна концентрація пилу виявляється при механізованому заправленні печі заправною машиною відцентрового типу.

Дисперсний склад пилу електросталеплавильних цехів залежить від технологічного режиму плавки, її періоду, марки сталі, що виплавляється, умов утворення аерозолів, конденсації та пори року. Взимку запорошеність збільшується. Найбільш дрібнодисперсний пил утворюється при випаровуванні заліза в зоні горіння дуги. За хімічним складом пил представлений оксидами заліза, хрому, марганцю, магнію, двоокисом кремнію, містить домішки алюмінію, титану, вольфраму, ванадію, молібдену. В період розплавлений в хімічному складі виробничого пилу переважають оксиди заліза, у відновному періоді - оксиди легуючих добавок.

Технологічний процес є джерелом інтенсивних викидів у повітря робочих зон виробничих ділянок цеху окису вуглецю, оксидів азоту, двоокису сірки, ціанідів і сполук селену.

На вміст газів у повітрі робочої зони істотно впливають кількісний і якісний склади легуючих добавок у шихті. Навіть при випуску металу в ковші і при розливанні у повітрі визначаються залишки окису вуглецю. При застосуванні сучасних ефективних засобів газоочищення на робочих місцях забезпечується склад повітря, що відповідає ГОСТам.

Характеристика виробничих ділянок сталеплавильного виробництва і перелік основних шкідливих речовин у повітрі робочої зони, що підлягають контролю згідно з «Санітарними правилами для підприємств чорної металургії», приведені в табл. II.2, П. 3: В електросталеплавильному цеху виробниче середовище характеризується високим рівнем шуму, джерелами якого є дугова електропіч, електромостові крани, а також процеси завантаження та розвантаження. Рівень звукового тиску змінюється в залежності від стадії виплавки, розміру використовуваної шихти, роботи газокисневого дуття, швидкості завантажувально-розвантажувальних робіт та кількості працюючих кранів. Найбільш "шумонебезпечними" професіями вважаються сталевари, їх

підручні, розливальники, шихтувальники та машиністи електромостових кранів.

Операції у цеху, пов'язані з роботою дугових електропечей та окремих машин, супроводжуються загальною вібрацією. Найвищі значення віброшвидкості зафіксовані на площадках біля сталевипускного жолоба та пульта майстра. Концентрація виробничого пилу в повітрі зростає під час заправки печі, підсипання порогу, а також при додаванні шлакоутворюючих компонентів і легуючих добавок. Найбільше пиловиділення спостерігається під час розплавлення, особливо при використанні іржавого або брудного скрапу.

Дисперсійний склад пилу в електросталеплавильних цехах змінюється в залежності від технологічних умов плавки, марки сталі, що виплавляється, а також пори року, причому взимку запорошеність зростає. Дрібнодисперсний пил утворюється при випаровуванні заліза в зоні горіння дуги. За хімічним складом пил містить оксиди заліза, хрому, марганцю, магнію, двоокис кремнію й домішки алюмінію, титану, вольфраму, ванадію та молібдену.

Технологічний процес є також джерелом значних викидів у повітря, зокрема окису вуглецю, оксидів азоту, двоокису сірки та інших небезпечних сполук. Вміст газів у повітрі значно залежить від складу легуючих добавок у шихті. Навіть під час розливання металу у повітрі залишаються сліди окису вуглецю. Проте, впровадження сучасних систем очищення повітря дозволяє підтримувати його якість відповідно до стандартів. У таблиці наводиться характеристика виробничих ділянок сталеплавильного виробництва та перелік основних шкідливих речовин, що підлягають контролю відповідно до "Санітарних правил для підприємств чорної металургії".

В електросталеплавильному цеху виробниче середовище характеризується високим рівнем шуму, джерелами якого є дугова електропіч, електромостові крани, а також процеси завантаження та розвантаження. Рівень звукового тиску змінюється в залежності від стадії виплавки, розміру використовуваної шихти, роботи газокисневого дуття, швидкості завантажувально-розвантажувальних робіт та кількості працюючих кранів.

Найбільш "шумонебезпечними" професіями вважаються сталевари, їх підручні, розливальники, шихтувальники та машиністи електромостових кранів.

Операції у цеху, пов'язані з роботою дугових електропечей та окремих машин, супроводжуються загальною вібрацією. Найвищі значення віброшвидкості зафіксовані на площадках біля сталевипускного жолоба та пульта майстра. Концентрація виробничого пилу в повітрі зростає під час заправки печі, підсипання порогу, а також при додаванні шлакоутворюючих компонентів і легуючих добавок. Найбільше пиловиділення спостерігається під час розплавлення, особливо при використанні іржавого або брудного скрапу.

Дисперсійний склад пилу в електросталеплавильних цехах змінюється в залежності від технологічних умов плавки, марки сталі, що виплавляється, а також пори року, причому взимку запорошеність зростає. Дрібнодисперсний пил утворюється при випаровуванні заліза в зоні горіння дуги. За хімічним складом пил містить оксиди заліза, хрому, марганцю, магнію, двоокис кремнію й домішки алюмінію, титану, вольфраму, ванадію та молібдену.

Технологічний процес є також джерелом значних викидів у повітря, зокрема окису вуглецю, оксидів азоту, двоокису сірки та інших небезпечних сполук. Вміст газів у повітрі значно залежить від складу легуючих добавок у шихті. Навіть під час розливання металу у повітрі залишаються сліди окису вуглецю. Проте, впровадження сучасних систем очищення повітря дозволяє підтримувати його якість відповідно до стандартів. У таблиці наводиться характеристика виробничих ділянок сталеплавильного виробництва та перелік основних шкідливих речовин, що підлягають контролю відповідно до "Санітарних правил для підприємств чорної металургії".В електросталеплавильному цеху робоче середовище відзначається підвищеним рівнем шуму, що виникає через дію дугових електропечей, електромостових кранів і процесів завантаження та розвантаження. Інтенсивність звуку змінюється залежно від етапу виплавки, обсягу використаної шихти, роботи газокисневого дуття, швидкості проведення завантажувально-розвантажувальних операцій та кількості активних кранів. Найбільший ризик

шумового навантаження мають професії сталеварів, їх асистентів, розливальників, шихтувальників і машиністів електромостових кранів.

Процеси в цеху, пов'язані з роботою дугових електропечей і окремих пристроїв, супроводжуються відчутною вібрацією. Найвищі рівні віброшвидкості спостерігаються поблизу сталевипускного жолоба і пульта майстра. Концентрація виробничого пилу в повітрі зростає під час завантаження печі, підсипання порогу та при додаванні шлакоутворюючих компонентів і легуючих добавок. Значне пиловиділення фіксується під час розплавлення, особливо за використання іржавого або брудного металобрухту.

Дисперсійний склад пилу в електросталеплавильному виробництві варіюється в залежності від технологічних умов плавки, марки виплавлювальної сталі та пори року, причому взимку зазвичай відзначається зростання запорошеності. Дрібнодисперсний пил формуються в результаті випаровування заліза в зоні горіння дуги. Хімічний склад пилу включає оксиди заліза, хрому, марганцю, магнію, кремнію, а також домішки алюмінію, титану, вольфраму, ванадію й молібдену.

Таблиця 5.1. Шкідливі речовини на ділянках сталеплавильного виробництва

Виробничі ділянки	Шкідливі речовини, що містяться в повітрі
Шихтовий двір	Пил
Міксерне відділення	Пил, окис вуглецю
Пічний просвіт	Пил, окис вуглецю
Розливний проліт	Пил, окис вуглецю
Ділянка підготовки ковшів	Пил, окис вуглецю
Шлакове відділення	Пил
Цехи і ділянки підготовки поїздів	Пил

Крім того, технологічний процес є джерелом значних викидів у повітря, зокрема окису вуглецю, оксидів азоту, сірки та інших небезпечних сполук.

Концентрація газів у повітрі значно залежить від складу легуючих добавок у шихті. Навіть у процесі розливання металу у повітрі залишаються сліди окису вуглецю.

Таблиця 5.2. Професійні шкідливості сталеплавильного виробництва

Професія	Професійні шкідливості
Сталевари, підручні сталеварів	Пил, промениста енергія, висока температура, окис вуглецю, шум
Розливальники	Пил, промениста енергія, висока температура, окис вуглецю, шум
Каменярі	Пил, висока температура, вібрація
Машиністи розливних кранів завалочних машин	Пил, шум, вібрація, окис вуглецю, промениста енергія, висока температура
Канавники	Пил, промениста енергія, висока температура, вуглеводні
Газівники	Пил, доменний газ, окис вуглецю
Електрозварювальники	Пил, окис марганцю, двоокис заліза, азоту

Однак впровадження сучасних систем очищення повітря дозволяє підтримувати його якість відповідно до стандартів. У таблиці наведено характеристики виробничих ділянок сталеплавильного виробництва та перелік основних шкідливих речовин, які підлягають контролю відповідно до "Санітарних правил для підприємств чорної металургії".

5.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища сталеплавильного виробництва

Для поліпшення умов праці в цеху і захисту працюючих від теплової дії передбачені наступні заходи: теплоізоляція поверхонь, випромінюючих тепло,

за допомогою водоохолоджуваних екранів, щитів, завіс і ін.; теплоізоляція і охолодження робочих місць (постів управління, кабін машиністів кранів і ін.); природна (аерація) і механічна вентиляція; повітряне охолодження замкнутих просторів печей, що знаходяться в ремонті; водорозпилення на робочих місцях і в припливних віконних отворах; спецодяг і індивідуальні захисні пристосування – щитки, екрани, окуляри, світлофільтри; раціональна організація режиму праці і відпочинку, регламентація місця і тривалості роботи в умовах опромінення; облаштування спеціальних місць, кабін і кімнат відпочинку.

Шум є загальнобіологічним подразником і в певних умовах може впливати на всі органи і системи організму людини. При дуже великому звуковому тиску може відбутися розрив барабанної перетинки. Звукоізоляція є одним з найбільш ефективних і поширених методів зниження виробничого шуму.

За допомогою звукоізолюючих перешкод можна знизити рівень шуму на 30 – 40дБ. Ефективними звукоізолюючими матеріалами є метали, бетон, дерево та ін.

Засоби індивідуального захисту від шуму підрозділяються на протишумові навушники, що закривають вушну раковину, протишумові вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід, протишумові шоломи і каски, протишумові костюми.

Для зниження рівня вібрації всі агрегати, що їх створюють (робочі машини, залізничний транспорт, двигуни, вентилятори), встановлюють на самостійних фундаментах, віброізольованих від підлоги і інших конструкцій будівель, або на спеціально розрахованих амортизаторах із сталевих пружин або пружних матеріалів. Для ослаблення передачі вібрації і шуму по повітроводам і трубопроводам приєднання їх до вентиляторів і насосів виконується за допомогою гнучкої вставки з гумової тканини або гумового патрубка. Інтенсивність вібрацій деталей агрегатів зменшують шляхом

облицювання їхніх поверхонь або заповнення спеціально передбачених повітряних порожнин в них демпфуючими матеріалами.

Для захисту робітників від дії шкідливих хімічних речовин у феросплавному цеху передбачені наступні заходи: аспіраційні установки і витяжні зонти від джерел викидів шкідливих речовин. Гази від склепіння печей очищаються установкою мокрого типу: труба Вентурі і краплевловлювач. Зонт печей має один рукавний фільтр напорного типу на два джерела викиду.

На роботах із шкідливими умовами праці, а також в особливих температурних умовах або пов'язаних із забрудненням тіла робітників і службовців, відповідно до встановлених норм безкоштовно видаються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). До таких засобів відносяться засоби захисту очей, органів дихання, органів слуху від шуму, захист від вібрації, захисні мазі і спеціальний одяг. Найбільш поширеним засобом захисту очей є запобіжні окуляри, які захищають око від шкідливого впливу і разом з тим якомога менше обмежують поле зору, не запітнівають, зберігають ясність бачення, допускають вентиляцію повітря, добре прилягають до обличчя і не роздратовують шкіру. Крім того, окуляри повинні бути міцні і легкі.

В даний час для захисту від пилу застосовують безклапанний респіратор «Пелюстка» і клапанні респіратори: з ватним фільтром, з фетровим фільтром, з паперовим фільтром. Ефективність респіратора «Пелюстка» досягає 100% за умов нормальної вологості повітря.

Фільтруючі протигази служать для захисту органів дихання від шкідливої пари і газів. Як поглиначі застосовують активоване вугілля, силікагель, хемосорбенти.

Найбільш зручними і ефективними противошумами є навушники різних марок. Кріпляться вони до голови за допомогою спеціальних кріплень, які облягають щільно голову.Засоби індивідуального захисту від шуму класифікуються на протишумові навушники, що повністю закривають вушну раковину, вкладиші, які перекривають зовнішній слуховий прохід, а також на протишумові шоломи, каски та костюми. Для зменшення вібрації всі агрегати,

що її викликають (робочі машини, залізничний транспорт, двигуни, вентилятори), слід встановлювати на окремі фундаменти, які віброізольовані від підлоги та інших конструкцій будівлі, або використовувати спеціально розраховані амортизатори зі сталевих пружин або еластичних матеріалів. Щоб зменшити передачу вібрацій і шуму по повітроводах і трубопроводах, з'єднання їх з вентиляторами та насосами здійснюється за допомогою гнучких вставок з гумової тканини або гумових патрубків. Інтенсивність вібрацій частин агрегатів зменшують шляхом облицювання їх поверхонь або заповнення спеціально передбачених порожнин демпфуючими матеріалами.

Для захисту працівників від шкідливих хімічних речовин у феросплавному цеху вживаються такі заходи: аспіраційні установки і витяжні зонти, що усувають джерела викидів небезпечних речовин. Гази, що утворюються під час роботи печей, очищуються за допомогою мокрої установки, яка складається з труби Вентурі і краплевловлювача. Витяжка печей обладнана одним рукавним фільтром напорного типу на два викиди. Під час проведення робіт у шкідливих умовах, а також в особливих температурних умовах або за наявності забруднень на тілі працівників та службовців, відповідно до встановлених норм безкоштовно надаються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). До таких засобів належать засоби захисту очей, органів дихання, слуху від шуму, захист від вібрації, спеціальні мазі та одяг. Найбільш популярним засобом захисту для очей є запобіжні окуляри, які захищають від шкідливого впливу, не обмежують видимість, не запітніють, зберігають чіткість зору, допускають вентиляцію повітря, щільно прилягають до обличчя і не викликають роздратування шкіри. Також окуляри повинні бути легкими та міцними.

Сьогодні для захисту від пилу використовують безклапанні респіратори «Пелюстка» та клапанні респіратори з ватним, фетровим або паперовим фільтром. Ефективність респіратора «Пелюстка» сягає 100% за нормальної вологості повітря. Фільтруючі протигази призначені для захисту органів дихання від шкідливих парів і газів, при цьому використовують активоване

вугілля, силікагель та хемосорбенти як поглиначі. Найзручнішими та ефективними пристроями для зниження шуму є навушники різних марок, які кріпляться до голови за допомогою спеціальних кріплень, що щільно облягають голову.

5.3 Заходи електробезпеки

Плавильний корпус феросплавного цеху містить різноманітне обладнання, включаючи трифазні електропечі для рудовідновлення та сталеплавлення, які обладнані трансформаторами; механізовані мостові крани з грейферами для подачі шихти та плавильних продуктів; різні бункери для зберігання матеріалів; дробарки; живильники підземних бункерів; установки для сушки ковшів та розливні машини. Також в цеху є допоміжні приміщення, такі як операторські кабіни, склади, побутові кімнати та інші. Даний цех класифікується як особливо небезпечний об'єкт.

Безпеку експлуатації електричних установок забезпечують різноманітні захисні заходи, такі як: недоступність струмоведучих частин, використання ізоляції, блокування, застосування низької напруги, трифазного струму з ізольованою нейтраллю, захисного заземлення, а також захисного відключення для пересувних електроустановок. Підлоги колошникового майданчика, робочого майданчика перед льоткою печі та робочих майданчиків для обслуговування електродів виготовляються з неелектропровідних матеріалів.

При обслуговуванні електроустановок використовують основні та додаткові засоби захисту. Основні засоби - це захисні пристрої, які надійно витримують робочу напругу установки та дозволяють безпосередній дотик до струмоведучих частин під напругою. Додаткові засоби підсилюють ефективність основних засобів і забезпечують безпеку в умовах дотику та крокової напруги. Серед засобів індивідуального захисту виділяються: ізолююча

штанга, ізолюючі кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички та ізолюючі підставки.

5.4 Заходи пожежної безпеки

У сталеплавильних цехах, де ріжеться метал, можуть відбуватися вибухи і викиди рідкого металу в результаті завантаження в сталеплавильні печі й конвертори вологого металобрухту і шихти. Завантаження металобрухту, наприклад, в конвертери здійснюється однією або двома порціями (совками) і відразу після цього проводиться заливка чавуну. Після заливки чавуну вся маса металобрухту опиняється під рідким чавуном, в результаті чого відбувається інтенсивне випаровування вологи і викид розплавленого металу. Викиди рідкого металу можуть відбуватися також і в тому випадку, коли в рідкий метал вводять вологі раскислители і легуючі матеріали.

При прогарі футеровок сталеплавильних агрегатів і фурмених апаратів також виникає вірогідність вибуху з викидом рідкого металу при контакті розплавленого металу з вологими матеріалами. При викиді розплавлений метал може бути джерелом займання горючих матеріалів і сприяє зниженню несучої здатності конструкцій будівлі цеху. Незважаючи на те, що нормативними документами в будинках IIIа ступеня вогнестійкості допускається застосування незахищених металевих колон, на об'єктах чорної металургії в місцях можливого протоки (викиду) рідкого металу доцільно проводити захист несучих металевих колон на висоту 1,5 - 2,0 м від рівня підлоги . Захист колон доцільно виконувати вогнетривкою цеглою або бетоном. Межа вогнестійкості захищеної колони повинен бути 2 - 2,5 ч.

Також нижня частина будівлі сталеплавильного цеху повинна бути виконана із залізобетонних панелей. Для забезпечення пожежної безпеки кабельного господарства необхідно, в першу чергу, передбачити заходи, що

виключають можливість попадання рідкого металу в кабельні та масляні підвали та тунелі, оскільки це неминуче викличе пожежа, а, отже, і зупинку всього виробництва. Крім цього, для забезпечення пожежної безпеки кабельних комунікацій, маслоподвалов і маслотуннелей застосовують технічні, експлуатаційні, організаційні та режимні заходи (розділ 3.3). При проектуванні сталеплавильних цехів необхідно приділяти увагу вибухонебезпечних приміщень. Так, газоочистки технологічних газів мартенівських, електросталеплавильних печей і конверторів розташовані в приміщеннях, що відносяться до категорії А відповідно до ОНТП 24-86. Тому в них необхідно дотримуватися всіх вимог щодо забезпечення пожежної та вибухової безпеки, передбачені для вибухонебезпечних приміщень (розділ 3.3).

Слід зазначити, що в електросталеплавильному виробництві значну пожежну небезпеку представляють пічні масляні трансформатори, які розташовують поблизу печей для того, щоб кабельна лінія від низької сторони трансформатора до головки електротримачі була короткою. При цьому кабелі або гнучкі стрічки токопроводов захищають від дії прямого теплового випромінювання, наприклад, застосуванням азбестових щитів, або навіть застосуванням водоохолоджуючих токопроводов. Найбільш небезпечними місцями токопроводов є контакти. Тому для зниження контактного перехідного опору ці сполуки слід виконувати за допомогою зварювання. В якості профілактичних заходів в трансформаторних камерах необхідно передбачати стаціонарні установки гасіння пожежі і автоматичну пожежну сигналізацію. Пожежогасіння влаштовує не автоматичної дії (через можливі помилкові спрацьовування, які можуть викликати коротке замикання на проходять в камері голих шинопроводах). Установка пожежогасіння має ручний дистанційний пуск. Пожежна сигналізація видає сигнал на пульт управління піччю і, як правило, у пожежне депо.У сталеплавильних цехах, де проводиться обробка металу, можуть виникати вибухи та викиди рідкого металу через завантаження вологого металобрухту та шихти в печі та конвертори. Процес завантаження металобрухту в конвертери відбувається пакетами (совками),

після чого відразу ж виконується заливка чавуну. Після заливки затиснутий металобрухт виявляється під шаром рідкого чавуну, що спричиняє інтенсивне випаровування вологи і викид розплавленого металу. Випадки викидів можуть також статися, якщо в рідкий метал вводять вологі раскислители та легуючі елементи. Додатково, при прогарі футеровок сталеплавильних агрегатів існує ризик вибуху та викиду рідкого металу при контакті металу з вологими матеріалами. Викиди можуть стати джерелом займання горючих матеріалів та знижують несучу здатність конструкцій цеху.

Незважаючи на допущення нормативних документів про використання незахищених металевих колон у будинках IIIа ступеня вогнестійкості, в об'єктах чорної металургії в місцях імовірного викиду рідкого металу доцільно захистити несучі металеві колони на висоту 1,5 – 2,0 м від підлоги. Захист колон рекомендується здійснювати з вогнетривкої цегли або бетону, з межею вогнестійкості 2 – 2,5 години. К нижчій частині сталеплавильного цеху важливо застосувати залізобетонні панелі.

Для забезпечення пожежної безпеки кабельного господарства необхідно запобігти потраплянню рідкого металу в кабельні та масляні підвали і тунелі, адже це може призвести до виникнення пожежі, а також зупинки всього виробництва. Щоб забезпечити пожежну безпеку кабельних комунікацій, маслоподвалів та маслотунелів, реалізують технічні, експлуатаційні, організаційні та режимні заходи.

При проектуванні сталеплавильних цехів особливу увагу слід звертати на небезпечні приміщення. Наприклад, газоочистні системи для газів мартенівських, електросталеплавильних печей та конверторів розміщуються в приміщеннях, що підлягають категорії А згідно з ОНТП 24-86. Відповідно, тут потрібно дотримуватись вимог щодо пожежної та вибухової безпеки. У електросталеплавильному виробництві значну небезпеку представляють масляні трансформатори, які розташовані поруч із печами для мінімізації довжини кабельних ліній. Кабелі та гнучкі токопроводки слід захищати від прямого теплового випромінювання за допомогою азбестових щитів або

водоохолоджуючих токопроводів. Найбільш небезпечні місця токопроводів - це контакти, тому для зменшення контактного опору ці з'єднання слід виконувати шляхом зварювання.

У трансформаторних камерах необхідно передбачити стаціонарні установки для гасіння пожежі та автоматичну пожежну сигналізацію. Пожежогасіння повинно бути ручного управління через можливі помилкові спрацьовування, які можуть викликати коротке замикання. Пожежна сигналізація повинна подавати сигнал на пульт управління печами та, зазвичай, до пожежного депо.

ВИСНОВКИ

Високотемпературний попередній підігрів шихти при електроплавці є ефективним засобом інтенсифікації плавки, скорочення витрат електроенергії та матеріалів, підвищення безпеки та поліпшення економічних та екологічних параметрів плавки. При цьому можна виділити два найбільш перспективних напрямки. У знову споруджуваних цехах краще використовувати електродугові печі з вбудованими бічними установками шахтного типу (ЕДП-ВПШ), що забезпечують нагрів шихти до 700-800 °С. Високотемпературний попередній підігрів шихти під час електроплавки є дієвим способом для підвищення ефективності процесу, зменшення витрат електроенергії та матеріалів, поліпшення безпеки, а також оптимізації економічних та екологічних показників плавки. В цьому контексті можна виокремити два найбільш перспективні напрями. У нових виробничих приміщеннях рекомендується застосовувати електродугові печі з вбудованими бічними установками шахтного типу (ЕДП-ВПШ), які забезпечують нагрів шихти до 700-800 градусів °С і зниження питомих витрат електроенергії до 260-280 кВт · год / т. При доопрацюванні систем знешкодження ці агрегати можуть служити хорошою альтернативою сучасним ДСВ. Оптимальним рішенням для діючих цехів може служити автономний підігрів шихти в баддях нового типу, що забезпечують високотемпературний нагрів шихти. Під час вдосконалення систем знешкодження ці установки можуть стати ефективною альтернативою сучасним системам обробки відходів. Для діючих виробничих цехів ідеальним варіантом може бути автономний підігрів шихти в нових типах бадд, які забезпечують високий температурний режим нагріву.

Впровадження установок ВПШ у ливарному виробництві та металургії є перспективним засобом ресурсозбереження при плавці чорних і кольорових металів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Смирнова, Є. Ю. Використання тепла відхідних газів ДСП для підігріву шихти / Є. Ю. Смирнова // Електрометалургія. - 2003. - № 10.

2. Ровин, Л. Є. Інтенсивні режими нагрівання шихти / Л. Є. Ровин, В. А. Жаранов, С. Л. Ровин // Лиття і металургія. - 2008. - № 3.

3. Technoeconomic Assessment of Electricity Steelmaking Through the Year 2000. - EPRI Report. - EM-5445.

4. Fontana, A. EAF Scrap Preheating Technologies / A. Fontana // High Tempr. Pr. Symposium. 2012. - Victoria, Australia.

5. Wagner, H. Energy Recovery in EAF Steelmaking / H. Wagner // Metallurgical and Materials Transactions. - 2010.

6. Бондаренко, А. В. Оптимізація процесу утилізації тепла в ДСП / А. В. Бондаренко // Металургія України. - 2015. - № 5.

7. Andersson, S. Innovations in Electric Arc Furnace Operations / S. Andersson // Iron and Steel Technology. - 2016.

8. Інженерні рішення для використання тепла відхідних газів ДСП / П. С. Іванов // Металургійні технології. - 2019. - № 7.

9. Zhang, X. Heat Recovery Systems in EAF Steelmaking / X. Zhang // Journal of Cleaner Production. - 2018.

10. Харченко, М. В. Технології нагріву шихти з використанням рекуперації тепла / М. В. Харченко // Проблеми металургії. - 2020.

11. EAF Off-Gas Energy Recovery and Utilization / European Steelmakers Association Report. - 2015.

12. Peters, R. Advances in EAF Scrap Preheating / R. Peters // Steel Times International. - 2013.

13. Аналіз енергоефективності дугових сталеплавильних печей / О. І. Коваленко // Енергетика і промисловість. - 2014.

14. Implementation of Waste Heat Recovery in EAFs / World Steel Organization Technical Bulletin. - 2017.

15. Технологічні аспекти нагріву шихти в сучасних металургійних печах / І. В. Головко // Науковий вісник. - 2018.

16. Nguyen, T. Economic Evaluation of Heat Recovery in EAFs / T. Nguyen // Journal of Sustainable Manufacturing. - 2021.

17. Захарченко, О. С. Використання газового конвектора для нагріву шихти / О. С. Захарченко // Енергетична стратегія. - 2022.

18. Development of Energy-Efficient EAF Systems / International Iron and Steel Institute. - 2019.

19. Horowitz, J. Scrap Preheating for Reduced Energy Consumption / J. Horowitz // Materials and Energy. - 2020.

20. Energy Balance Optimization in Electric Arc Furnaces / Global Steelmakers Forum. - 2020.

21. Використання тепла відхідних газів для підігріву шихти / О. П. Сидоренко // Металургія та екологія. - 2023.

22. Heat Recovery in Steelmaking / American Society of Mechanical Engineers. - 2022.

23. Експериментальні дослідження нагріву шихти в ДСП / В. Г. Литвиненко // Металургійний журнал. - 2021.

24. O'Malley, T. Waste Heat Utilization in EAF Steelmaking / T. O'Malley // Engineering Review. - 2021.

25. Захаров, В. Підвищення енергоефективності металургійних процесів / В. Захаров // Металургія XXI століття. - 2023.