

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної бакалаврської роботи

До захисту
15.06.2023р

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____

на тему Проект системи очищення газів при плавлі ільменітових концентратів

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1839-д

Звіздун А.А.

(ПІБ)


(підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Кожсякін Г.Б.

(прізвище та ініціали)


(підпис)

Запоріжжя - 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень
перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Технології захисту навколишнього середовища
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Белоконь

“ 29 ” 12 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Звіздуну Андрію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект системи очищення газів при плавці ільменітових концентратів

керівник роботи (проекту) доц., к.т.н. Кожемякін Геннадій Борисович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “29” 12 2022 року № 1893-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 14.06.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) Витрата технологічних газів - 7 тис нм³/год. Початковий вміст пилу - 35,0 г/нм³, Температура газів- 800°С.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологія плавки ільменітових концентратів. Джерела утворення технологічних викидів. Теплові ресурси ділянки виплавки титанових шлаків. Обґрунтування способу очистки технологічних газів. Розрахунок споруджень систем очистки технологічних газів. Охорона праці.


5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення, презентаційний матеріал: План та розріз мартенівського цеху.

Мартенівська піч. Технологічна схема очистки газу. План та розріз газоочистки.

Основні апарати схеми очистки газів. Охорона праці.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата |
|----------------------|---|---|
| | | завдання прийняв |
| <i>Розділ 1</i> | <i>Кожсякін Г.Б., доцент</i> |  |
| <i>Розділ 2</i> | <i>Кожсякін Г.Б., доцент</i> | |
| <i>Розділ 3</i> | <i>Кожсякін Г.Б., доцент</i> | |
| <i>Нормоконтроль</i> | <i>Белоконь Ю.О. зав.каф.</i> | |

7. Дата видачі завдання 02.01.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | <i>Загальна частина</i> | <i>02.2023-03.2023</i> | |
| 2 | <i>Спеціальна частина</i> | <i>03.2023-04.2023</i> | |
| 3 | <i>Охорона праці</i> | <i>05.2023</i> | |
| 4 | <i>Креслення</i> | <i>05.2023</i> | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент _____ А.А.Звіздун
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Г.Б. Кожсякін
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект: 67 стор., 12 рис., 27 джерел, 6 креслень

ВИКИДИ, РУДНОТЕРМІЧНА ПІЧ, ІЛЬМЕНІТОВИЙ КОНЦЕНТРАТ, КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, ГАЗООЧИЩЕННЯ, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР.

Об'єкт дослідження – ділянка плавки ільменітових концентратів з отриманням діоксиду титану для подальшого виробництва титанової губки.

Мета кваліфікаційного проекту:

Кваліфікаційний проект з технологій захисту навколишнього середовища спрямований на підтвердження теоретичних та практичних знань, набутих при навчанні за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

В кваліфікаційному проекті виконаний розрахунок системи сухого очищення газів від руднотермічних печей при плавці ільменітових концентратів.

Кваліфікаційний проект складається з трьох розділів.

Розділ 1. Теоретична частина, яка включає в себе опис джерел утворення газових викидів, а саме: характеристику пилегазових викидів, опис способів очищення.

Розділ 2. Розрахункова частина. В даному розділі наданий опис та характеристика основної схеми очищення газових викидів та принцип роботи. Проводиться розрахунок апаратів по очищенню газів, утилізації тепла, а також аеродинамічний розрахунок газового тракту з вибором тягодуттєвого обладнання.

Розділ 3. Охорона праці та техногенна безпека. Виявлені основні небезпечні та шкідливі фактори виробничого середовища та запропоновані заходи щодо їх усунення.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 6 |
| 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА..... | 8 |
| 1.1 Опис технологічної схеми виробництва титанового шлаку | 8 |
| 1.2 Фізико-хімічні основи процесу виробництва титанового шлаку. | 13 |
| 1.3 Огляд основних джерел забруднення..... | 16 |
| 1.4 Характеристика викидів плавки титанового шлаку | 19 |
| 1.5 Огляд існуючих способів очистки газів виплавки титанового шлаку | 21 |
| 1.6 Обґрунтування і вибір технологічної схеми..... | 29 |
| 1.7 Утилізація тепла відхідних газів від руднотермічних печей | 29 |
| 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА..... | 31 |
| 2.1 Аеродинамічний розрахунок газового тракту..... | 31 |
| 2.2 Розрахунок рукавного фільтру..... | 40 |
| 2.3 Вибір тяглодутьтового обладнання..... | 50 |
| 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА..... | 52 |
| 3. 1 Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища..... | 52 |
| 3.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища..... | 54 |
| 3.3 Гігієна праці і виробнича санітарія..... | 55 |
| 3.3.1 Мікроклімат..... | 55 |
| 3.3.2 Вентиляція | 56 |
| 3.3.3 Освітлення виробничих приміщень..... | 60 |
| 3.3.4 Виробничий шум | 60 |
| 3.4 Електробезпека. Виробничі випромінювання..... | 61 |
| 3.5 Заходи пожежної безпеки | 62 |
| ВИСНОВКИ | 64 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ | 65 |

ВСТУП

Вже багато часу спостерігається значне посилення антропогенного впливу на стан навколишнього природного середовища. Як свідчить міжнародний досвід еколого-економічна криза є однією з найпомітніших і найскладніших проблем XXI століття. Соціально-економічний розвиток суспільства з одночасним збереженням безпечних для здоров'я людини природно-екологічних умов є основним викликом суспільству. Поводження з відходами, яке істотно впливає на контроль за захворюваннями, є ще одним пріоритетним напрямом роботи в області захисту довкілля. У Україні в галузях промисловості утворюються багато видів відходів, у тому числі токсичні і небезпечні.

При виробництві титану та титанового шлаку більшість домішок, що містяться в початковій сировині такі як кальцій, кремній, залізо, магній і т.д., переходять в хлориди і оксихлориди і, залежно від фізико-хімічних властивостей, концентруються в окремих напівпродуктах і відходах виробництва. Це призводить до додаткових витрат і до забруднення довкілля.

При отриманні губчастого титану з концентратів ільменіту і металевого магнію з природного ільменіту утворюються відпрацьовані шлами, розплави, що являються промисловими відходами II - IV класу небезпеки.

На стадії відновної руднотермічної плавки і наступного хлорування концентратів ільменіту у виробництві губчастого титану відбувається утворення відпрацьованих розплавів і перегонів титанових хлораторів. У їх складах знаходяться з'єднання важких і рідкісних металів (Cr, Mn, Al, Be, Ba, Tl, V, Zr, і ін.).

У виробництві металевого магнію на остаточній стадії обезводнення розплаву карналіта утворюються шлами хлораторів, що містять у своєму складі з'єднання лужних і лужноземельних металів.

Ці промислові відходи представляють небезпеку для довкілля, забруднюючи ґрунти і природні води при викидах їх в атмосферу, при скиданні промислових стічних вод водні об'єкти, при розміщенні твердих відходів в шламосховищах.

При існуючій технології отримання губчастого титану щорічно утворюються десятки тисяч тон розплавів і перегонів титанових хлораторів, при гідророзмиві яких в каналізацію скидається сотні тисяч м³ кислих стічних вод, що містять з'єднання високотоксичних металів. Після нейтралізації такі стічні води поступають у водоймища, забруднюючи поверхневі води важкорозчинними оксигідратами токсичних металів.

Шлами хлораторів магнієвого виробництва на сьогодні є малоутилізованими відходами. З моменту експлуатації цих виробництв в шламосховищах накопичено мільйони тонн таких відходів. Шламосховища є явними і потенційними джерелами екологічної небезпеки. В результаті міграції хімічних речовин, що містяться в металургійних шламах, з території їх розміщення відбувається забруднення ґрунту, ґрунтових і поверхневих вод, а також виділення промислового пилу в атмосферу при їх висиханні. Один з серйозних недоліків сучасної промислової технології титану - її багатостадійність і технологічна складність.

Найкращим способом забезпечення стійкого розвитку є успішна інтеграція екологічної і інноваційної політики. Таке стратегічне планування широко використовується урядом низки передових країн, що є важливим вкладом в політику екологічних інновацій. Ці стратегії часто включають строгі критерії ефективності діяльності, доповнені стимулом наукових досліджень і інновацій в технології захисту довкілля в різних галузях промисловості.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми виробництва титанового шлаку

Титановий шлак отримують при відновлювальній руднотермічній плавці ільменітового концентрату, яка проводиться періодичним способом в напівзакритому режимі роботи руднотермічної печі (РТП). Для виплавки титанового шлаку використовуються трифазні електродугові руднотермічні печі потужністю 5000 кВт із закритим водоохолоджуваним склепінням і негерметизованими бічними вікнами.

Напівзакритий режим роботи РТП характеризується мінімальним підсосом повітря в підсклепінний простір печі і мінімальними втратами тепла та відхідними технологічними газами. Підсмоктування повітря відбувається тільки через зазори між електродами і кесонами та при відкритому робочому вікні РТП під час операції доведення шлаку.

Технологічна схема виробництва титанового шлаку включає наступні основні процеси:

- Приготування шихти для плавки;
- Підготовку РТП до плавки;
- Завантаження шихти в РТП;
- Відновну плавку в РТП;
- Доведення шлаку в РТП;
- Прогрівання і відстій шлаку в РТП;
- Випуск продуктів плавки з РТП;
- Витяг продуктів плавки з виливниць і шлаковиків;
- Відвантаження шлаку споживачеві.

Виплавка титанового шлаку здійснюється як періодичним, так і безперервним процесом [2]. Періодичний процес, який характеризується повним проплавленням пе-

вної порції шихти, дозволяє отримувати малозалізисті титанові шлаки. Більшу частину шихти (близько 2/3) завантажують в піч відразу після закінчення випуску шлаку і обробки колошника, іншу частину завантажують в першу годину роботи печі. У ряді випадків практикують завантаження всієї шихти одночасно. Періодичний процес виплавки титанового шлаку включає наступні операції:

- 1) підготовку виливниць під продукти плавки;
- 2) обробку колошника;
- 3) перепуск і нарощування електродів;
- 4) завантаження шихти;
- 5) відновну плавку концентрату;
- 6) випуск шлаку і чавуну.

Випуск шлаку і чавуну проводять в футерованій шамотною цеглою прямокутній виливниці, яку з метою запобігання руйнування цегли заправляють дрібним шлаком. Виливницю, встановлену безпосередньо під летку, заправляють піском. Заправку днищ виливниць виконують сухим матеріалом, товщина шару якого не менше 300 мм, а стінки - товщиною 100-150 мм. Матеріал заправки повинен бути щільно утрамбований і просушений. Підготовлені виливниці встановлюють під летку каскадом так, щоб розплав міг перетікати з однієї виливниці в іншу. Кількість виливниць визначається обсягом випущених з печі шлаку і чавуну. При роздільному випуску продуктів чавун випускають у футеровані шамотною цеглою ківші, а шлак - в виливниці.

Обробка колошника полягає в очищенні виплесків шлаку, що заважають завантаженню з бортів, ванни. Цю операцію проводять за допомогою машини і вручну при відключенні печі. Утворення великих виплесків шлаку є ознакою ненормального ходу плавки.

Перепуск і нарощування електродів виконують в проміжках між плавками. Самоспікаючий електрод являє собою металевий кожух, зварений із сталевих секцій і заповнений електродною масою, яка під дією температури спікається в районі стру-

мопідвідних щік і нижче в моноліт, де добре проводить електричний струм. Самоспікаючий електрод встановлений в несучому циліндрі, який служить для підвішування і переміщення електрода, а також електродного затиску, який електрично ізольований від несучого циліндра. Електрод підвішений на двох сталевих стрічках, приварених до кожуху через кожні 250 мм двостороннім швом довжиною 100 мм в шаховому порядку. Кожна стрічка, огинаючи дві чавунні колодки, проходить через фрикційний затиск, керований штурвалом. Запас стрічки для перепуску електрода намотаний на залізний валик, що лежить на двох кронштейнах. Перепуск електродів виконують на відключеній печі після кожної плавки, для чого переставляють обмежувальні колодки вище фрикційного затиску на величину перепуску, тобто на 100 - 150 мм. Відпускають обидва затиски обертанням штурвалів, при цьому, якщо електродотримач має пружинний затиск, то електрод під дією власної маси плавно опускається до упору в затискні колодки. Після цього гальма колодки затискаються.

Відновлювальна плавка концентратів при періодичному процесі умовно може бути розділена на чотири періоди. При плавці порошкової шихти є наступна послідовність періодів: розплавлення шихти, відновлення, доведення шлаку і його прогрів.

1. Розплавлення шихти. Після завантаження, щоб уникнути перевантажень трансформатора і виведення з ладу обладнання, кінці електродів піднімають на висоту не менше 200 мм над шихтою. Потім вмикають піч на заданій ступені трансформатора. Потужність підвищують поступово протягом 10-15 хв. Регулювання струму в електродах в цей період виконують за допомогою ручного управління. Після досягнення максимально допустимої потужності і проплавлення шихти у електродах регулювання струму переводять на автоматичне управління. Іноді завантаження шихти виконують при увімкненій печі, що дозволяє скоротити тривалість простою печі. При плавці порошкової шихти електроди швидко піднімаються на її поверхню, а процес розплавлення протікає зверху вниз. У період розплавлення відновлення концентрату протікає в незначній мірі.

2. Період відновлення. У розплавленій шихті протікає відновлення оксидів заліза і титану з розплаву. Швидкість цього процесу дуже низька і визначається конвекційним рухом розплаву. Відновлення оксидів заліза в даному випадку сильно ускладнюється внаслідок утворення складних твердих розчинів на основі оксидів титану. Процес супроводжується безперервним кипінням розплаву. Колошник відкритий і піч працює з відкритими дугами, при цьому відбувається значне вигорання відновника, основна частина якого плаває по поверхні розплаву. У міру відновлення оксидів заліза температура розплаву підвищується з 1400 до 1700-1800 °С (в залежності від кількості домішок і нижчих окислів титану). Зміст закису заліза до кінця цього періоду зазвичай становить 8-12%, а витрата електроенергії за перший і другий періоди 2/3 від загальної витрати, потрібної для переробки всього завантаження.

3. Довідновлення розплаву. До початку цього періоду весь вуглець відновника витратився і піч виходить на дуговий режим роботи, але в розплаві є ще невідновлені оксиди заліза. Довідновлення ведуть шляхом підвантаження в розплав відновника, основна частина якого плаває на поверхні і згорає. Відновлення залишків оксидів заліза протікає дуже повільно, що обумовлено наявністю більш міцних з'єднань і низької концентрації закису заліза в розплаві. Перед початком довідновлення відбирають пробу шлаку металевою штангою (брухтова проба) шляхом короткочасного занурення її в розплав для визначення вмісту закису заліза. Період доведення вважається завершеним, якщо шлак містить не більше 5% закису заліза. Готовність шлаку також визначають за його кольором.

4. Прогрів шлаку. Після закінчення доведення шлаку його прогрівають з метою підвищення температури розплаву для більш швидкого випуску, а також з метою більш повного розділення продуктів відновлення. Прогрів і відстій шлаку здійснюють протягом 10-15 хв.

Після закінчення випуску шлаку (і чавуну) виливниці (або ківш) вивозять в ливарний проліт, а льотки закладають вогнетривкими пробками з глини і антрациту. У

разі поганого стану льоточного отвору його підбивають сумішшю антрациту з титановим шлаком з боку ванни печі. Потім проводять обробку колошника, завантажують нову порцію шихти і процес повторюють.

Технологічна блок-схема виробництва титанового шлаку представлена на рисунку 1.1



Рисунок 1.1 - Блок-схема виробництва титанового шлаку.

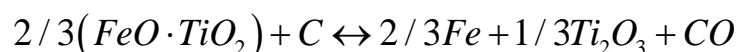
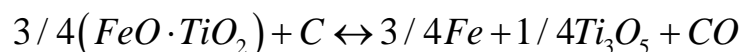
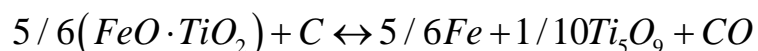
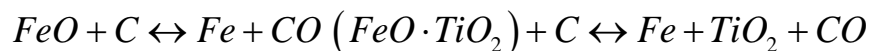
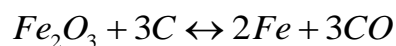
1.2 Фізико-хімічні основи процесу виробництва титанового шлаку

Титановий шлак виробляють електроплавкою ільменітового концентрату спільно з вуглецевим відновником (шихти) у ванні руднотермічної печі. У ході плавки протікають складні фізико-хімічні процеси відновлення оксидів, розплавлення і поділ утворювальних продуктів реакції титанового шлаку і попутної продукції карботермічним збагаченням (що складається зі сплаву на основі заліза і брухту чорних вторинних металів)[3].

Електроплавку ільменітового концентрату можна розглядати як операцію карботермічного збагачення концентрату титаном завдяки відділенню від нього заліза: вихідний концентрат містить 40 ÷ 60% діоксиду титану (TiO_2), а титановий шлак - 80 ÷ 90% діоксиду титану. У ході плавки більша частина оксидів заліза відновлюється вуглецем до металу, а оксиди титану та оксиди супутніх елементів формують шлак. Al_2O_3 , MgO , CaO , MnO відновлюються в умовах руднотермічної плавки незначно і майже повністю переходять в шлак. SiO_2 , Cr_2O_3 , сполуки сірки, фосфору, ванадію відновлюються частково і розподіляються між шлаком, попутним металом і відхідними газами.

Процеси відновлення оксидів заліза і титану при електроплавці протікають одночасно: оксидів заліза - до металу, діоксиду титану - до оксидів титану нижчої валентності.

Хімізм протікаючих взаємодій описується рівняннями[4]:



На практиці при достатній повноті протікання реакцій продуктами відновлення є головним чином Ti_2O_3 , TiO_2 і Fe .

Головним завданням при відновній плавці ільменітового концентрату, визначальним основні техніко-економічні показники, є найбільш раціональне здійснення реакцій відновлення оксидів заліза. Взаємодія оксидів заліза з вуглецем починається при температурі близько $900\text{ }^\circ\text{C}$. У міру підвищення температури швидкість взаємодії зростає, забезпечуючи відновлення оксидів заліза до металу більш ніж на 80% при температурі $1300\text{ }^\circ\text{C}$.

Процес карботермічного відновлення ільменітових концентратів вимагає ретельного визначення оптимального змісту відновника в шихті. Оптимальний вміст відновника (вуглецю) в шихті підбирається з таким розрахунком, щоб при мінімальній витраті електроенергії забезпечити отримання рідкоплинних шлаків з необхідним вмістом FeO . Надлишок вуглецю в шихті викликає великі ускладнення в зв'язку з раннім утворенням нижчих оксидів титану, відповідно, різким збільшенням тугоплавкості шлаку і утрудненням випуску шлаку з печі. У цьому випадку також висока ймовірність «скипання» розплаву з перепадом процесу в неконтрольований. Нестача вуглецю призводить до малого ступеня відновлення оксидів заліза і збільшенню тривалості плавки.

Для економічного ведення плавки на практиці вуглець в шихту подається з певною нестачею, близько $70 \div 80\%$ від загальної кількості, потрібного для відновлення оксидів заліза до необхідного змісту. Інша частина вуглецю подається в ванну РТП після розплавлення шихти для коригування складу шлаку за вмістом FeO .

У початковий період плавки, після прогрівання шихти до $900\text{ }^\circ\text{C}$, відновлення оксидів заліза здійснюється в твердій фазі вуглецем, що міститься в шихті. У середині плавки і далі, коли у ванні печі накопичилася достатня кількість розплаву, і завершився процес початкового шлакоутворення, проводиться операція довідновлення шлаку, так зване «доведення», тобто відновлення оксидів заліза в рідкій фазі розплаву. «Доведення» шлаку проводиться подачею відновника на поверхню розплавленого шлаку.

У цей період відновлення протікає за рахунок реакцій на поверхні розділу фаз. Оксиди заліза відновлюються як твердим вуглецем, так і газоподібними продуктами реакцій - воднем (H_2) і оксидом вуглецю (CO), що утворюються в результаті розкладання летких компонентів антрациту і регенерації CO_2 .

Кількість відновника в шихті розраховується за вмістом оксидів заліза в концентраті, за умови відновлення FeO до Fe , а TiO_2 до Ti_2O_3 , і коригується залежно від коливань складу вихідних матеріалів, первинних шлаків і шлаків на випуску, а також від кількості шлаку, що залишився в печі від попередньої плавки, стану ванни рудно-термічної печі (РТП) та інших факторів[5].

Руднотермічна плавка характеризується наступними особливостями[6]:

1. Температура плавлення титанового шлаку ($1600 \div 1800$ °C) значно перевищує температуру плавлення концентрату, тому для забезпечення процесу відновлення й утримання високотемпературного розплаву в рідкому стані потрібна значна теплова енергія.

2. У міру накопичення в розплаві нижчих оксидів титану підвищуються температура плавлення, в'язкість і електропровідність розплаву; піч поступово переходить на роботу в дуговому режимі.

3. Розплавлені титанові шлаки характеризуються високою хімічною агресивністю, обумовлену підвищеною концентрацією оксидів титану.

Для захисту футеровки печі від руйнування на стінках ванни нарощують гарнісажу з перевідновленого (особливо тугоплавкого) шлаку і далі підтримують оптимальний його шар.

4. При обвалах шихти з верхніх ділянок колошника печі відбувається кипіння шлаку. Шихта, потрапивши в високотемпературний розплав шлаку, швидко прогрівається і відновлюється; при цьому у великому обсязі виділяються реакційні гази, що викликає кипіння шлаку. При кипінні шлак збільшується в об'ємі і піднімається до колошника печі, а іноді і заливає його. Кипіння шлаку спостерігається також у період довідновлення шлаку при подачі у ванну печі антрациту.

1.3 Огляд основних джерел забруднення

До основного обладнання, встановленому на переділі виробництва титанового шлаку відносяться: руднотермічна піч, система очищення і допалювання відхідних газів, розливна машина конвеєрна, дробарка двовалкова, насос камерний, дозатор, трансформатор[7].

Піч електротермічна - для відновлення концентрату з метою збагачення його оксидами титану в напівзакритому чи закритому режимах. Збагачення концентрату відбувається шляхом виборчого відновлення основної домішки - оксидів заліза з утворенням титанового шлаку і металевої фази - металу. Температура процесу - 1800 ± 100 °С.

Руднотермічні печі мають такі відмінні риси:

1. Питомий електричний опір шихти в нагрітому стані порівняно великий (холодна шихта, як правило, неелектропровідна).
2. На відміну від ДСП(дугові сталеплавильні печі), в яких по суті проводиться лише один процес - виплавка електросталі (всі варіанти цього процесу можуть бути здійснені в одному типі печі), в руднотермічних печах проводиться безліч різних технологічних процесів, що надають істотний вплив на електричні і геометричні параметри і конструктивні особливості печей.
3. Енергоємність процесів, які проводяться в руднотермічних печах дуже велика і досягає 2000-10 000 кВт·год / т продукту (проти 600-1000 кВт·год/ т при виплавці сталі).

Установка РТП складається з наступних основних вузлів: кожух; футеровка ванни печі; звід; струмоввід; шинопровід; гідропідйомник; кільце затискне верхнє; кільце затискне нижнє; система живлення, гідропритискач контактних щік; установка апарату для пропалювання льотки; система гідроприводу; установка напрямних роликів; система водоохолодження; система водоохолодження зводу; монтаж механічної установки кінцевих вимикачів.

Ванна печі являє собою ємність, футеровану зсередини вогнетривкою цеглою. Кожух ванни - секціонована сталева конструкція циліндричної форми виконана з листового прокату $\sigma = 25$ мм з компенсаторами теплового розширення футерування[8]. У кожусі передбачені: три робочих вікна для обслуговування ванни печі, патрубки для введення термопар, контролюючих температуру футерування. Для охолодження днища і підвищення надійності роботи, кожух встановлений на двотаврові балки між якими нагнітається повітря. Для компенсації теплового розширення і запобігання деформації і розривів нижні секції кожуха з'єднані між собою спеціальними пластинчастими компенсаторами.

Кожух служить для утримання футерування ванни і сприйняття навантажень на футеровку від розплаву і температурних деформацій в процесі проплавлення шихти.

Футеровка ванни печі утворює теплоізоляційний простір, в якому відбуваються процеси: нагрівання, плавлення та відновлення титановмісних матеріалів.

У верхній частині ванни, виступаючої над відмітці +12,00 м обладнані робочі вікна розмірами 790x1200 мм - 1 шт. і 950x1400 - 2 шт., призначені для спостереження за ходом плавки і проведення довідновлення розплаву при роботі печі в напівзакритому режимі.

На висоті 9,600 м під кутом 35° до поздовжньої осі ванни викладений льотковий канал, що представляє собою отвір в бічній футеровці ванни перетином 130x130 мм довжиною 920 мм, призначений для випуску з печі продуктів плавки. До кожуха ванни в місці виходу льоткового каналу прикріплений болтами лоток льотки - зварювальна конструкція, футерована периклазовою цеглою.

Водоохолоджуване склепіння складається зі склепінного кільця, трубчастого каркаса і трубчастих водоохолоджуваних панелей.

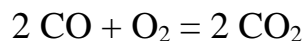
У зводі передбачені: отвір для відводу газів, чотири патрубки для подачі шихти, три оглядових люка, чотири вибухові клапана, патрубки для термопар і датчиків для заміру підсклепінного тиску, встановлені пристрої для ущільнення зазорів між елект-

родами і склепінням. Вибухові клапани призначені для запобігання зводу від руйнування при «сплесках» під склепінням печі, що супроводжуються значним підвищенням тиску під склепінням.

Система водоохолодження зводу складається з напірного колектору, роль якого виконує кільце каркаса склепіння, розташованого півкільцем навколо кожуха ванни, напірних трубопроводів, що підводять воду до секцій склепіння, ущільнень електродів. Для охолодження використовується оборотна вода. Від цехового водоводу до напірного колектору вода подається через засувки з ручним керуванням і засувку з електроприводом, призначену для швидкого відключення подачі води при аварійних ситуаціях в грязьовики (робочий і резервний), призначені для очищення води від тріски і великих зважених часток (розміром більше 5 мм).

Відхідні технологічні гази руднотермічних печей утворюються при виробництві титанового шлаку в ході відновлюваної плавки титанових концентратів у присутності вуглецевмісного відновника. При плавці відбувається виборче відновлення оксидів заліза вуглецем до металу з виділенням, в основному, оксиду вуглецю. Утворений оксид вуглецю надходить під склепіння печі. Титан залишається в окисленій формі і переходить в шлак.

При нормальному ході плавки в напівзакритому режимі з розрідженням в підсклепінному просторі від мінус 1 Па (0,1 мм. вод. ст.) до мінус 2 Па (0,2 мм. вод. ст.) [9] оксид вуглецю, що міститься в технологічних газах, згоряє під склепінням печі за рахунок підсмоктуючого повітря через нещільності склепіння печі по реакції:



Підтримання заданого розрідження здійснюється системою автоматичного контролю, що складається з первинного приладу ДКО датчика, відбір якого встановлений на склепінні печі, вторинного приладу КСД-3, виконавчого механізму МЕВ-100/63-0,25 [7].

Однак по ходу плавки через нерівномірне прогрівання і відновлення шихти, обвалення гарнісажу з колошника печі - шлак "кипить", що супроводжується рясиним

газо- та пиловиділенням, при якому обсяг технологічних газів зростає в 2-3 рази. Під склепінням печі створюється тиск, припиняється підсмоктування повітря через нещільності і вміст оксиду вуглецю збільшується до вибухонебезпечних концентрацій (понад 12,5%)

При перевищенні тиску під склепінням печі більш ніж 20 Па, в печах відкриваються "вихлопні" свічки для скидання в атмосферу надлишкового обсягу газів, тобто здійснюється залповий викид тривалістю не більше 1 хвилини.

Надходження технологічних газів з РТП з вибухонебезпечною концентрацією оксиду вуглецю в систему відведення та очищення газів може призвести до вибухів і руйнування газовідвідного тракту. Гази мають високу температуру 1300 °С. У зв'язку, з чим початок газовідвідного тракту виконано в термозахисному варіанті.

1.4 Характеристика викидів плавки титанового шлаку

Дисперсний склад пилу при роботі печі на порошковій шихті характеризується такими даними [10]:

| | | | | | | |
|--------------------|-----|-------|-------|--------|---------|------|
| Розмір часток, мкм | <20 | 20—40 | 40—80 | 80—100 | 100—120 | >120 |
| Вміст, % | 8 | 12 | 10 | 20 | 25 | 25 |

Хімічний склад пилу, що виноситься з руднотермічних печей, мало відрізняється від вихідного складу завантажувальної шихти. Пил володіє високою абразивністю, що наближається до абразивності карбїду бору; це повинно враховуватися при виборі апарату газоочистки.

Характеристика відхідних газів за основними компонентами приведена в табл. 1.1. Вона свідчить про те, що, крім фізичного тепла (400 - 1300 °С), відхідні гази містять значну кількість хімічного тепла: 40-80% горючих компонентів, причому основна частина (57-60%) представлена оксидом вуглецю.

Таким чином, розробка раціонального способу знешкодження викидів, що утворюються при плавці залізо титанових концентратів, особливо при роботі печей в закритому режимі, пов'язана з вирішенням трьох самостійних технічних завдань:

- 1) знешкодження відпрацьованого газу від оксиду вуглецю;
- 2) утилізація тепла відпрацьованого газу;
- 3) очищення газу від пилу.

Таблиця 1.1 - Характеристика відхідних газів РТП

| Найменування компонента технологічного процесу і його параметри | одиниця виміру | Норма |
|---|--------------------|---------------|
| <u>Гази технологічні</u> | | |
| <u>Утворюються в РТП при виплавці титанового шлаку</u> | | |
| <i>Основний режим роботи печі</i> | | |
| - обсяг | нм ³ /ч | 4000-5000 |
| -Температура | °С | 400-1300 |
| - густина | кг/м ³ | 1,30 |
| - хімічний склад на виході з печі до камери допалювання: | | |
| об'ємна частка (середнє значення) | % | |
| CO ₂ | % | 10,0-13,0 |
| O ₂ | % | 7,0-8,0 |
| CO | % | 0,1-2,0 |
| NO _x | % | 0,0055-0,0045 |
| N ₂ | % | залишок |
| <u>-Пил РТП, що міститься в газах на виході з печі</u> | | |
| масова частка (середнє значення) | % | |
| TiO ₂ | % | 61,74 |
| FeO | % | 21,67 |
| SiO ₂ | % | 4,16 |
| Al ₂ O ₃ | % | 4,34 |
| CaO | % | 1,72 |
| MgO | % | 0,27 |
| MnO | % | 0,42 |
| V ₂ O ₅ | % | 0,72 |
| Cr ₂ O ₃ | % | 0,62 |
| P ₂ O ₅ | % | 0,13 |
| S | % | 0,01 |
| C | % | 4,2 |
| <i>При китінні шлаку</i> | | |
| -Обсяг | нм ³ /ч | 700-1000 |
| -Температура | °С | >1300 |
| -Густина | кг/м ³ | 1,30 |

| Найменування компонента технологічного процесу і його параметри | одиниця виміру | Норма |
|---|----------------|---------------|
| - Хімічний склад на виході з печі до камери допалювання: | | |
| - Об'ємна частка (середнє значення) | % | |
| CO ₂ | % | 5,0-7,0 |
| O ₂ | % | 0,10-0,14 |
| CO | % | 57,0-60,0 |
| NO _x | % | 0,0030-0,0035 |
| N ₂ | % | залишок |

1.5 Огляд існуючих способів очистки газів виплавки титанового шлаку

На руднотермічних печах для виплавки титанового шлаку були випробувані кілька схем газоочистки із застосуванням різних апаратів. Так, на закритих печах потужністю 5 мВа Запорізького титано-магнієвого комбінату (ЗТМК) була випробувана робота циклонів при різному розрідженні під склепінням, що визначало кількість відсмоктуються з печі газів. Ефективність роботи циклонів на очищенні газів, що утворюються при плавлі концентратів в напівзакритому режимі, характеризується даними, приведеними в таблиці 1.2 [11]

Таблиця 1.2 - Ефективність роботи циклонів при різних обсягах газів

| Параметр | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------------------|-------|------|------|
| Обсяг газів, м ³ /год | 10800 | 7300 | 6870 |
| Концентрація пилу, г/м ³ | | | |
| - перед циклоном | 20,0 | 21,8 | 26,5 |
| - після циклону | 8,1 | 7,5 | 8,5 |
| Втрати пилу, кг/год | 100,0 | 68,5 | 65,0 |
| Ступінь очищення,% | 45,0 | 54,1 | 59,0 |

З цих даних видно, що концентрація пилу в газах після першого ступеня значно вище гранично допустимого вмісту, що вказує на необхідність розробки другого ступеня очищення.

На відкритих печах потужністю 14 мВа Березниківського титано-магнієвого комбінату (БТМК) був випробуваний двоступеневий спосіб очищення газів в циклоні

і тканинному фільтрі. При швидкості газу на вході в циклон близько 17 м/с, що відповідало навантаженні на тканину фільтру по газу $72 \text{ м}^3/(\text{мг} \cdot \text{год})$, і при початковій концентрації пилу в газі близько $1,3 \text{ г/м}^3$ досліджена установка дала цілком задовільні результати. Сумарна ступінь очищення газів від пилу була на рівні 98,5%, при цьому залишкова концентрація пилу в газах становила $0,3-0,5 \text{ г/м}^3$ після циклону і $0,02-0,03 \text{ г/м}^3$ після тканинного фільтра[12].

Були випробувані також металотканинні фільтри з рукавами діаметром 0,25 м на руднотермічних печах ЗТМК; при цьому була встановлена підвищена витрата стисненого повітря на регенерацію поверхні фільтра. Висока ступінь очищення газу від пилу (99,5-99,9%) досягалась при питомій газовій навантаженні на фільтруючу поверхню $72 \text{ м}^2/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Принаймні робота гідравлічного опору апарату збільшилася з 600 до 2600 Па. Оптимальним слід вважати режим регенерації фільтруючої поверхні при тривалості імпульсів 0,2 за секунду і їх кількості, рівній 3.

Проте у ряді дослідів була отримана недостатня ступінь регенерації фільтруючої поверхні металотканинного фільтра, що обумовлювалася високим злипанням частинок пилу і вологістю холодних газів. Конденсація води на поверхні металеві тканини приводила до підвищення адгезійних і аутогезійних властивостей пилу, забивання ним пір тканини і частої заміни її. Тому обов'язковими умовами очищення газів від пилу в тканинних фільтрах є необхідність прогріву останніх перед початком роботи і фільтрація газу при температурах вище точки, рівної $67 \text{ }^\circ\text{C}$, на $20-30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Крім сухих методів, випробовувався мокрий метод очищення газів, що утворюються при виплавці титанового шлаку: використовувались найбільш ефективні мокрі апарати. Так, ступінь уловлювання пилу в скрубєрі Вентурі становила 89,7-99,9%, причому вона дещо зростала в міру збільшення твердої фази в зрошувальній рідині, що пов'язано з підвищенням в'язкості рідини. В цілому вміст зважених частинок в освітленому розчині становив близько 421 г/м^3 , що не перевищувало допустиму концентрацію твердих частинок пилу, при якій може успішно працювати скрубєр Вентурі.

Були випробувані також і інші мокрі апарати: пінний апарат, гідравлічний пиловловлювач типу "ротоклон".

Вони забезпечували досить високий ступінь очищення газу від пилу (92-95%) при залишковому вмісті пилу в відхідних газах на рівні 0,1-0,2 г/м³. Однак при експлуатації мокрих апаратів потрібне створення шламового господарства, що, наприклад, в умовах природної зони з суворим кліматом є вкрай небажаним. Специфічні властивості осідаючого пилу (його висока абразивність і здатність до злипання) також не сприяли впровадженню мокрих способів очищення газу.

Надходження технологічних газів з РТП з вибухонебезпечною концентрацією оксиду вуглецю в систему відведення та очищення газів може призвести до вибухів і руйнування газовідвідного тракту. Гази мають високу температуру 1300 °С. У зв'язку, з чим початок газовідвідного тракту виконано в термозахисному варіанті.

Відхідні гази руднотермічних печей виплавки титанового шлаку являють собою суміш газів (N₂, CO₂, O₂, CO) з диспергованими частинками твердих речовин, що беруть участь в процесі (С, оксиди металів). Виходячи з їх складу, необхідна очистка - від оксиду вуглецю, пилу з охолодженням апаратів та утилізацією тепла.

Процес очищення технологічних газів, що надходять з РТП на двоступеневу систему газоочистки ЗТМК, складається з наступних операцій:

- допалювання СО в камері;
- очищення в циклонах (перша ступінь очищення газів);
- перемішування, транспортування газів по загальному для трьох РТП газозоходу колектору та охолодження газів атмосферним повітрям;
- Очищення в рукавних фільтрах (друга ступінь очищення газів);
- Поділ пароводяної суміші в установці випарного охолодження (УВО).

По ходу очищення відхідні гази потрапляють в газовідвідний тракт, що складається з камери допалювання, двох послідовно встановлених циклонів типу ЦН-15 і СЦН-40 на РТП-1 і РТП-3, а на РТП-2 - типу ЦН -15 (перша ступінь очищення) і рукавних фільтрів типу ФРІР - 800 (друга ступінь очищення), димососів ДН-15 і Д-

12,5у, системи газоходів з регулюючими дросельними заслінками для регулювання розрідження під склепінням печі і температури перед рукавними фільтрами, відтинаючих клапанів, свічок безпеки, установки утилізації тепла.

Щоб уникнути утворення вибухонебезпечної суміші в відведених технологічних газах РТП і для забезпечення вибухобезпеки процесу, технологічні гази з-під склепіння РТП направляються в камеру допалювання. Камера допалювання є на кожній з трьох РТП і призначена для допалювання оксиду вуглецю, що міститься у відповідних технологічних газах РТП.

Спалювання оксиду вуглецю проводиться за рахунок кисню в повітрі, що примусово подається в кожен камеру допалювання. З метою забезпечення надійності допалювання оксиду вуглецю, в кожній камері допалювання встановлені тангенціально по два двопровідних пальника, що працюють на природному газі, який надходить із загальної лінії комбінату. У комплект камери допалювання входять вентилятор, що подає в неї повітря, виносна панель для подачі газу до пальників і запальник. У нижній частині камери передбачені оглядовий люк, два патрубків для підведення повітря від колектора і два отвори для установки пальників. Пальник являє собою пристрій для спалювання газу з примусовою подачею повітря. У горілчаних камерах передбачені канали для запалювання газоповітряної суміші. При розпаленні факел запальника підносять до запального отвору пальника. Газ надходить на пальники по двох лініях з панелі подачі газу. На кожній лінії перед пальниками встановлені відбірні пристрої тиску і відсічні електромагнітні клапани.

Пальники, встановлені в камерах допалювання на кожній РТП, працюють стабільно незалежно від періоду плавки і забезпечують вибухобезпечність процесу плавки.

- тиск природного газу в загальній лінії 5500 Па в момент розпалу, а при стабілізації факела (3450-3600) Па (345-360 мм. вод. ст.),

- В лінії подачі газу на пальники (2400 - 3200) Па (240-320 мм. Вод. Ст.);

- Тиск повітря в лінії подачі його на пальники (1400-1800) Па (140-180 мм. Вод. Ст.);

Сумарна кількість повітря, що подається в камеру допалювання і на пальники має становити (2200 - 3000) м³ / год.

Апаратурно-технологічною схемою передбачена система безпеки експлуатації камери допалювання з пальниками, яка працює наступним чином:

- при тиску повітря в лінії подачі його на пальники менше 1400 Па відкриваються свічки, і закривається відсічний клапан на вертикальному газоході після циклонів.

- при тиску природного газу в лінії подачі його на пальники менше 2400 Па закривається відсічний клапан на лінії подачі природного газу, відкриваються свічки, і закривається відсічний клапан на вертикальному газоході після циклонів.

- при тиску природного газу в загальній лінії кожної РТПП понад 5500 Па (550 мм. вод. ст.) спрацьовує відсічний клапан по газу, і відкриваються свічки.

У початковій ділянці повітропроводу перед вентилятором, що подає повітря в камеру допалювання, встановлений шибер для регулювання витрати повітря в залежності від кількості працюючих печей. Від загального повітропроводу, що подає повітря від вентилятора на допалювання, передбачені відводи на кожну піч. На кожному відводі встановлений витратомір, регулюючий кількість повітря, що подається в колектор подачі повітря в камеру допалювання і на пальники.

Після виключення СО газу подаються на першу ступінь очистки в циклони. Циклони складаються з корпусу і розкручування, зовнішня поверхня яких покрита теплоізоляцією. Корпус складається з циліндричної частини, що має спіральний вхідний патрубок, конічної частини, що закінчується бункерами. На фланці вихідного патрубка встановлений розкручувач для випрямлення потоку газу на виході з циклону. Циклон обладнаний системою випарного охолодження, що складається з групи напівт-

руб, що покривають зовнішню поверхню корпусу циклону і кришку, сполучених кільцевим колектором діаметром 130 мм. Всі водоохолоджувані елементи виконані у вигляді напівтрубних конструкцій з гладкою внутрішньою стінкою.

Отриманий в циклонах пил збирається в бункерах циклонів. На бункерах циклонів, на спеціальних кронштейнах встановлені по два ізотопних датчика, що фіксують «верхній» і «нижній» рівні пилу. При досягненні в бункері верхнього рівня більше 800 мм (для виключення накопичення пилу в циклоні) з допомогою виконавчого механізму відкриваються бункерні затвори, включається шнеки і пил вивантажується з бункерів циклонів. При досягненні рівня 300 мм від гвинтового конвеєра шнеки вмикаються, і вивантаження пилу припиняється.

Після першого ступеня очищення в циклонах технологічні гази від кожної РТП по сухому вертикальному газоходу, наявному окремо для кожної з трьох РТП, направляються в загальний для трьох РТП газохід-колектор, в якому відбувається перемішування газів. Після перемішування і охолодження в загальному газоході колекторі утворену суміш технологічних газів подають для очищення у другу ступінь очищення газів, що складається з чотирьох паралельно розташованих рукавних фільтрів. При роботі однієї РТП для тонкого очищення технологічних газів допускається використовувати в роботі від одного до чотирьох рукавних фільтрів, при одночасній роботі двох або трьох РТП – від двох до чотирьох рукавних фільтрів. Виведення з технологічної лінії рукавних фільтрів здійснюється шибром на газоходах брудних і чистих газів.

Конструктивно рукавний фільтр складається з корпусу рукавного фільтра, пірамідальної бункерної частини, системи регенерації з локальної автоматикою, фільтро-елементів, механізму керування. Корпус фільтра сталевий, зварної конструкції, укріплений ребрами жорсткості і має пристрої для кріплення вузлів регенерації. В середині корпусу фільтра розташована рукавна плита, що розділяє корпус на камери «чистої» та «брудної» газу. Розташування камер «чистого газу» - дворядне, секційне. Кожна

секція має два вимикаючих шибера, рукавну плиту з 36-ма отворами під фільтроелементи. На торцевих стінках корпуса фільтра є патрубок входу і виходу газу, монтажний люк. Бункерна частина фільтра являє собою зварену конструкцію з загальним опорним поясом з вуглецевої сталі. До опорного поясу приварені два трапецеїдальних бункера, оснащених шлюзовим живильником з електроприводом. Фільтроелементи, що складаються з каркаса і фільтрувального рукава. Каркас призначений для запобігання схлопування фільтрувальних рукавів, які піддаються впливу газового потоку ззовні усередину. Конструктивно каркаси виконані роз'ємними з дроту діаметром 4 мм Каркас складається з каркасів верхнього, середнього і нижнього. Збираються верхній, середній і нижній каркаси в єдине ціле за допомогою спеціального замкового з'єднання. Верхня частина каркаса оснащена металевим кільцем зі сферичною поверхнею, служать для ущільнення фільтрувального рукава в рукавної дошці. Середня частина з обох сторін має замкові з'єднання, нижня частина каркаса закінчується напрессованим металевим днищем. Рукав фільтрувальний призначений для знепилювання відхідних газів шляхом фільтрації; виконується довжиною 6240 мм з зовнішнім діаметром 133 мм В горловину фільтрувального рукава вшито металеве кільце, з іншого боку – денце. Застосовуваний фільтрувальний матеріал розрахований на максимальну тривалу температуру очищуваного газу до 140°C, більш високі температури є неприпустимими, оскільки призводять до його руйнування.

Частинки пилу, що містяться в технологічних газах, осаджуються на поверхні фільтрувальних рукавів, а очищений газ потрапляє всередину їх і через дифузор надходить в камеру чистого газу, звідки через патрубки шиберів у збирає колектор і виводиться з фільтра. Фільтрувальні рукави піддаються впливу газового потоку ззовні усередину. Осаджений на фільтрувальних рукавах пил видаляється за допомогою системи регенерації, яка забезпечує відновлення фільтруючої здатності рукавів за допомогою імпульсної продувки їх стисненим повітрям. Періодичність регенерації залежить від вхідної запиленості і швидкості фільтрації.

Включення системи регенерації відбувається при досягненні опору фільтра 1500 Па (150 мм. вод. ст.) від приладу КСД-3, який дає сигнал на контролер мікропроцесорного управління регенерацією фільтрувальних елементів. Мікропроцесор видає сигнал на почергове вмикання клапанів КЛП-70-01, подають стиснене повітря на роздавальні колектори для регенерації фільтрувальних елементів. Наступне включення системи регенерації відбувається при досягненні опору фільтра 1500 Па (150 мм. вод. ст.). Для включення позапланової регенерації необхідно на мікропроцесорі натиснути кнопку «позапланова регенерація». В момент подачі імпульсу рукава короткочасно відключаються від процесу фільтрації, осілий на їх поверхні пил відокремлюється і потрапляє в бункер фільтра, звідки шлюзовим живильником виводиться і системою пневмотранспорту подається в загальний збірний бункер. Вивантаження пилу з загального збірного бункера здійснюється автоматично і передбачає включення системи пиловидалення через кожні 3 години 5 хв. Очищені в рукавних фільтрах газу викидаються в атмосферу через димову трубу

Параметри технологічних газів даної газоочисної лінії приведені нижче в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Характеристика технологічних газів газоочистки ЗТМК.

| Найменування компонента технологічного процесу і його параметри | Одиниця вимірювання | Норма |
|---|----------------------|-------------|
| -на пальнику 1 | Па | 2400 - 3200 |
| -на пальнику 2 | Па | 2400 - 3200 |
| Відхідні технологічні газу після камери допалювання | | |
| -Температура | °С | 350-800 |
| Відхідні технологічні газу на вході в циклони | | |
| - обсяг | нм ³ /год | 6000-8000 |
| -Температура | °С | 350-750 |
| -запиленість | г/м ³ | 10-35.0 |
| Відхідні технологічні газу після циклонів | | |
| - обсяг | нм ³ /год | 7000-8500 |
| -Температура | °С | 260-390 |
| - Запиленість | г/м ³ | 5,3-7,5 |

1.6 Обґрунтування і вибір технологічної схеми

Можна зробити висновок, що з усіх вищерозглянутих способів очистки відхідних газів руднотермічних печей, в яких виплавляють титановий шлак, найбільш переважними є сухі способи очищення газів. Основні труднощі при розробці раціонального способу очищення газів виникають на стадії підготовки газу до очищення, особливо при роботі печей в оптимальному закритому режимі. Висока температура відхідних газів і підвищена концентрація горючих компонентів зумовлюють необхідність використання теплотворної спосібності.

Для ефективного використання тепла відхідних газів, оптимальнішого зниження їхньої температури запропоновано встановити за піччю котел-утилізатор типу УС – 2,6. Він дає змогу знизити температуру газу до 165 °С, це, в свою чергу, дозволяє зменшити кількість підсосів повітря для розбавлення технологічного газу в газоході-колекторі перед другою ступінню очистки – рукавному фільтрі типу ФРІР. Пар, що утворився в котлі-утилізаторі подається на ділянку хлорування титанового шлаку для технологічних потреб.

1.7 Утилізація тепла відхідних газів від руднотермічних печей

Для утилізації тепла відхідних технологічних газів від руднотермічних печей підібраний за технологічними параметрами та установлений котел-утилізатор типу УС-2,6/39. Котел-утилізатор типу УС-2,6/39 призначений для вироблення перегрітої водяної пари за рахунок використання фізичного тепла відхідних газів. Котел-утилізатор — прямоточний, складається з економайзера, випарної поверхні нагріву і пароперегрівача, зібраних у вертикальному газоході, що має циліндричний корпус. Рух газів у газоході здійснюється зверху вниз. Гази омивають послідовно пароперегрівач,

випарну поверхню і економайзер. Поверхні нагріву з'єднані послідовно і являють собою пакети, виконані з двох паралельних спіральних витків труб. Економайзер складається з двох пакетів.

Корпус котла-утилізатора складається з трьох секцій. Кожна секція має свій каркас і обшивку, полегшене обмурування і опори під відповідну поверхню нагріву. Живлення котла проводиться конденсатом з невеликою добавкою хімічно очищеної деаерованої води через економайзер. Пароводяна суміш після випарного пакету надходить в двоступінчастий горизонтально-плівковий сепаратор. Осушена пара з сепаратора направляється в пароперегрівач, розташований у вхідній частини газоходу. Відсепарована вода з обох ступенів сепаратора через систему гідрозатворів надходить у збірний резервуар. До нижньої частини резервуару приєднані трубопроводи безперервної продувки і дренажу. Рівень води в резервуарі регулюється автоматичним регулятором або вручну.

В обсяг поставки котла-утилізатора типу УС-2,6/29 входять:

1. Пакети труб економайзера.
2. Пакети труб випарної поверхні.
3. Пакети труб пароперегрівача.
4. Трубопроводи у межах котла.
5. Паросепараційний пристрій.
6. Збірний резервуар, гідрозатвори і регулятор рівня.
7. Секції корпусу котла з обшивкою.
8. Гарнітура котла.
9. Автоматичний регулятор живлення.

Технічна характеристика даного котла-утилізатора наведена нижче[14].

Технічна характеристика котла-утилізатора УС-2,6/29:

| | |
|----------------------------------|------|
| Паропродуктивність, т/год | 2,6 |
| робочий тиск пари мПа | 4,0 |
| температура перегрітої пари, °С | 450 |
| поверхні нагріву економайзера, м | 2304 |

| | |
|---|-------|
| поверхні нагріву випарної частини, м ² | 109 |
| поверхні нагріву пароперегрівача, м ² | 20,8 |
| гідравлічний опір котла, Па | 300 |
| кількість пропускних газів, тис. нм ³ /год | 9,6 |
| Температура газів на вході, °С | 800 |
| Температура газів на виході °С | 165 |
| Висота, мм | 5750 |
| Діаметр корпусу, мм | 3000 |
| Вага металевих частин, кг | 23000 |

Перегрітий пар відправляється на випарну колону для отримання сухого вапна з розчину, що використовувався для хлорування титанового шлаку.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Аеродинамічний розрахунок газового тракту

На рис. 2.1 представлена схема розташування газоочисних апаратів і газопроводів. Весь газохід розділений 7 ділянок:

- Ділянка 1 - РТП 1– КУ;
- ділянка 2 - від КУ за РТП 1 – до КУ за РТП 2;
- ділянка 3 - від КУ за РТП 2 – КУ за РТП 3;
- ділянка 4 - від КУ за РТП 3 – до рукавного фільтру;
- ділянка 5 - рукавний фільтр – димосос;
- ділянка 6 - димосос – димова труба;
- ділянка 7 – димова труба.

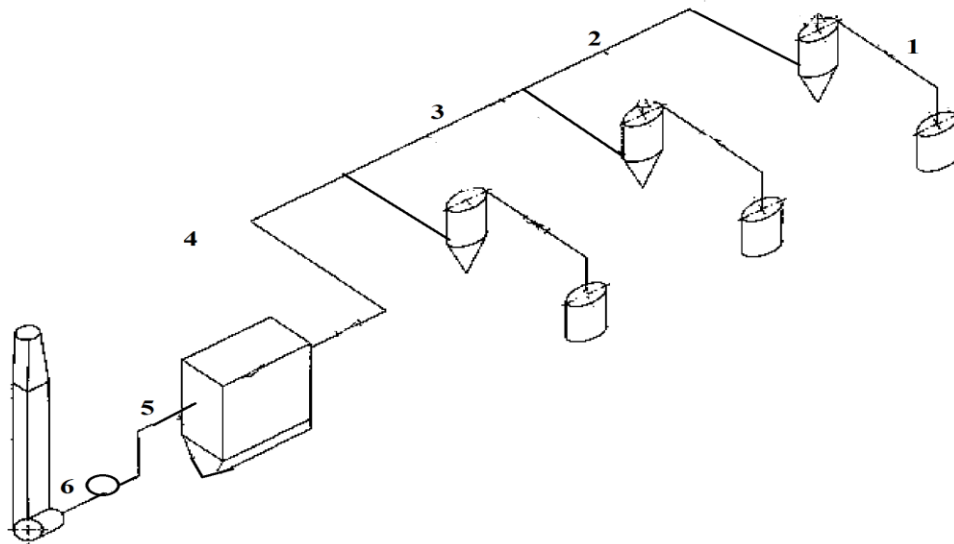


Рисунок 2.1 – Схема розташування газоочисних апаратів та газопроводів

Ділянка №1

Довжина $l_{1-2} = 16,5 \text{ м}$; Витрата газу $Q_0 = 1,94 \text{ м}^3 / \text{с}$; Температура газу $t_r = 800^\circ \text{C}$

$P = 200 \text{ Па}$; Щільність частинок пилу: $\rho_n = 3650 \text{ кг/м}^3$

Хімічний склад газу % об: $\text{CO}_2 - 12,00$; $\text{N}_2 - 86,87$; $\text{CO} - 1,00$; $\text{SO}_2 = 0,1$; $\text{NO}_x = 0,03$

Визначимо щільність суміші газів, користуючись таблицею 2.1

Таблиця 2.1 – Властивості газів

| Властивості газів | |
|-------------------|----------------------------|
| Газ | Густина, кг/м ³ |
| Діоксид вуглецю | 1,973 |
| Оксид вуглецю | 1,250 |
| Азот | 1,251 |
| Діоксид сірки | 2,927 |
| Діоксид азоту | 2,055 |

Щільність суміші газів, кг/м³:

$$\rho = 0,01 \sum_1^n \rho_i r_i. \quad (2.1)$$

де, ρ - щільність відповідного компонента газової суміші, кг/м³;

r_i - частка компонентів суміші, %

$$\rho_0 = 0,01(0,03 \cdot 2,927 + 86,87 \cdot 1,251 + 1 \cdot 1,250 + 0,03 \cdot 2,055 + 12 \cdot 1,973) = 1,34 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (2.2)$$

Щільність газу при робочих умовах визначається за формулою:

$$\rho_{p.y.} = \rho_0 \frac{273 \cdot (B \pm Pr)}{(273 + t_r) B_{ст}} \quad (2.3)$$

$$\rho_{p.y.} = 1,34 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 0,2)}{(273 + 800) \cdot 101,3} = 0,34 \text{ кг} / \text{м}^3$$

де 273⁰С – температура при н.у.

Витрата газу за робочих умов визначається за формулою:

$$Q_{p.y.} = Q_0 \frac{\rho_0}{\rho_{p.y.}} \quad (2.4)$$

$$Q_{p.y.} = 1,94 \cdot \frac{1,34}{0,34} = 7,65 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Приймаємо швидкість в газопроводі $W = 18 \text{ м} / \text{с}$ Тоді площа перерізу газоходу визначається за формулою:

$$S = \frac{Q}{W} \quad (2.5)$$

$$S_1 = \frac{7,65}{18} = 0,425 \text{ м}^2;$$

Діаметр газоходу:

$$d = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} \quad (2.6)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{0,425 \cdot 4}{3,14}} = 0,74 \text{ м};$$

Приймаємо стандартний діаметр газоходу $d_1 = 0,7 \text{ м}$ [15],

Отже, фактична швидкість газу:

$$W = \frac{4Q_t}{\pi d}$$

$$W_1 = \frac{4 \cdot 7,65}{3,14 \cdot 0,7^2} = 19,88 \text{ м/с}; \quad (2.7)$$

Опір по довжині газоходу визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{l_1} = \lambda \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{W_1^2}{2} \cdot \rho \quad (2.8)$$

$$\Delta P_{l_1} = 0,038 \cdot \frac{16,5}{0,8} \cdot \frac{19,88^2}{2} \cdot 0,34 = 51 \text{ Па};$$

де λ_1 - коефіцієнт гідравлічного опору по довжині газоходу;

$$\lambda_1 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_1}} \quad (2.9)$$

$$\lambda_1 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{0,7}} = 0,038;$$

Місцевий опір ділянки визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{M_1} = \sum \xi_1 \cdot \frac{W_1^2}{2} \cdot \rho \quad (2.10)$$

$$\Delta P_{M_1} = 2,74 \cdot \frac{19,88^2}{2} \cdot 0,34 = 184 \text{ Па}$$

де ξ_1 - сумарний коефіцієнт місцевого опору [17];

поворот на 90° 2 штуки $\xi_{90} = 1,1$;

$$\xi_o = R_{\text{сум.}} (1-f/F)^2 \quad (2.11)$$

$$\xi_o = 0,63 \cdot (1 - 0,502 / 6,42)^2 = 0,54$$

$R_{\text{сум.}}$ – коефіцієнт пом'якшення при $\alpha = 30^\circ$ ($R_{\text{сум.}} = 0,63$), [17]

f – площа вузького перетину, м^2 ;

F – площа широкого перетину, м^2 ;

$$f = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.12)$$

$$f_1 = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,502 \text{ м}^2;$$

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.13)$$

$$F_1 = \frac{3,14 \cdot 2,86^2}{4} = 6,42 \text{ м}^2;$$

$$\sum \xi = \xi_{90} + \xi_{90} + \xi_K \quad (2.14)$$

$$\sum \xi_1 = 1,1 + 1,1 + 0,54 = 2,74$$

Загальний опір ділянки №1 визначаємо за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_{l_1} + \Delta P_{M_1} \quad (2.15)$$

$$\Delta P_1 = 51 + 184 = 235 \text{ Па.}$$

Ділянка № 2

Довжина $l_2 = 19,8 \text{ м}$; ; Витрата газу $Q_0 = 1,94 \text{ м}^3 / \text{с}$; Температура газу $t_r = 165^\circ \text{C}$;

$P_r = 235 + 300$ (опір котла-утилізатора) = 535 Па

Щільність газу при робочих умовах визначається за формулою:

$$\rho_{p.y.} = \rho_o \frac{273 \cdot (B \pm Pr)}{(273 + t_r) B_{CT}} = 1,34 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 0,535)}{(273 + 165) \cdot 101,3} = 0,83 \text{ кг} / \text{м}^3$$

де 273°C – температура при н.у.

Витрата газу за робочих умов визначається за формулою:

$$Q_{p.y} = Q_0 \frac{\rho_0}{\rho_{p.y}} = 1,94 \cdot \frac{1,34}{0,83} = 3,13 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Приймаємо швидкість в газопроводі $W_2 = 18 \text{ м} / \text{с}$; Тоді площа перерізу газоходу визначається за формулою:

$$S_2 = \frac{Q}{W} = \frac{3,13}{18} = 0,174 \text{ м}^2;$$

Діаметр газоходу:

$$d_2 = \sqrt{\frac{S_2 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,174 \cdot 4}{3,14}} = 0,47 \text{ м};$$

Приймаємо стандартний діаметр газоходу $d_2 = 0,45 \text{ м}$

Отже, фактична швидкість газу:

$$W_2 = \frac{4Q_t}{\pi d} = \frac{4 \cdot 3,13}{3,14 \cdot 0,45^2} = 19,69 \text{ м} / \text{с};$$

Опір по довжині газоходу визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{l_2} = \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} \cdot \frac{W_2^2}{2} \cdot \rho = 0,042 \cdot \frac{19,8}{0,5} \cdot \frac{19,69^2}{2} \cdot 0,83 = 270 \text{ Па};$$

де λ_2 - коефіцієнт гідравлічного опору по довжині газоходу;

$$\lambda_2 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_2}} = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{0,45}} = 0,042;$$

Місцевий опір ділянки визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{M_2} = \sum \xi_2 \cdot \frac{W_2^2}{2} \cdot \rho = 1,42 \cdot \frac{19,69^2}{2} \cdot 0,83 = 228 \text{ Па};$$

де ξ_2 - сумарний коефіцієнт місцевого опору;

поворот на 90° $\xi_{90} = 1,1$;

ξ_α - конфузор, при $\alpha = 60^\circ$ $\xi_\alpha = 0,32$

$$\sum \xi_2 = \xi_{90} + \xi_o = 1,1 + 0,32 = 1,42;$$

Загальний опір ділянки 2 визначаємо за формулою:

$$\Delta P_2 = \Delta P_{l_{1-2}} + \Delta P_{M_{1-2}} = 270 + 228 = 498 \text{ Па.}$$

Ділянка №3

Довжина $l_3 = 20 \text{ м}$; Витрата газу $Q_0 = 3,88 \text{ м}^3 / \text{с}$; Температура газу $t_r = 165^\circ \text{C}$;

$P = 535 \text{ Па}$

Щільність газу при робочих умовах визначається за формулою:

$$\rho_{p.y.} = \rho_o \frac{273 \cdot (B \pm Pr)}{(273 + t_r) B_{CT}} = 1,34 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 0,535)}{(273 + 165) \cdot 101,3} = 0,83 \text{ кг} / \text{м}^3$$

де 273°C – температура при н.у.

Витрата газу за робочих умов визначається за формулою:

$$Q_{p.y.} = Q_0 \frac{\rho_o}{\rho_{p.y.}} = (1,94 + 1,94) \cdot \frac{1,34}{0,83} = 6,34 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Приймаємо швидкість в газопроводі $W = 18 \text{ м} / \text{с}$ Тоді площа перерізу газоходу визначається за формулою:

$$S_3 = \frac{Q}{W} = \frac{6,34}{18} = 0,352 \text{ м}^2;$$

Діаметр газоходу:

$$d_3 = \sqrt{\frac{S_3 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,352 \cdot 4}{3,14}} = 0,67 \text{ м};$$

Приймаємо стандартний діаметр газоходу $d_3 = 0,7 \text{ м}$,

Отже, фактична швидкість газу:

$$W_3 = \frac{4Q}{\pi d} = \frac{4 \cdot 6,34}{3,14 \cdot 0,7^2} = 16,48 \text{ м} / \text{с};$$

Опір по довжині газоходу визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{l_3} = \lambda_3 \frac{l_3}{d_3} \cdot \frac{W_3^2}{2} \cdot \rho = 0,038 \cdot \frac{20}{0,7} \cdot \frac{16,48^2}{2} \cdot 0,82 = 278 \text{ Па};$$

де λ_3 - коефіцієнт гідравлічного опору по довжині газоходу;

$$\lambda_3 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_3}} = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{0,7}} = 0,038;$$

Місцевий опір ділянки визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{M_3} = \sum \xi_3 \cdot \frac{W_3^2}{2} \cdot \rho = 2,7 \cdot \frac{16,48^2}{2} \cdot 0,83 = 298 \text{ Па};$$

де ξ_3 - сумарний коефіцієнт місцевого опору;

$$\sum \xi_3 = \xi_{90} + \xi_{зл} + \xi_0 + \xi_m = 1,1 + 0,74 + 0,217 + 0,6 = 2,7;$$

$$\xi_0 = R_{\text{сум.}} (1-f/F)^2 = 0,63 \cdot (1-0,159/0,385)^2 = 0,217;$$

$R_{\text{сум.}}$ – коефіцієнт пом'якшення при $\alpha = 30^\circ$ ($R_{\text{сум.}} = 0,63$)

$$f_3 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,45^2}{4} = 0,159;$$

$$F_3 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} = 0,385;$$

трийник $\xi_m = 0,6;$ [17]

поворот на 90° $\xi_{90} = 1,1;$

злиття потоків $\xi_{зл} = 0,74 ;$

Загальний опір ділянки №3 визначаємо за формулою:

$$\Delta P_3 = \Delta P_{l_3} + \Delta P_{M_3} = 278 + 298 = 576 \text{ Па.}$$

Ділянка №4

Довжина $l_4 = 61,3 \text{ м};$ Витрата газу $Q_0 = 5,82 \text{ м}^3 / \text{с};$ Температура газу $t_r = 165^\circ \text{ C};$

$$P = 535 + 576 = 1111 \text{ Па};$$

Щільність газу при робочих умовах визначається за формулою:

$$\rho_{p.y.} = \rho_o \frac{273 \cdot (B \pm Pr)}{(273 + t_r) B_{CT}} = 1,34 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 1,1)}{(273 + 165) \cdot 101,3} = 0,83 \text{ кг} / \text{м}^3$$

де 273°C – температура при н.у.

Витрата газу за робочих умов визначається за формулою:

$$Q_{p.y.} = Q_o \frac{\rho_o}{\rho_{p.y.}} = (1,94 + 1,94 + 1,94) \cdot \frac{1,34}{0,83} = 9,63 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Приймаємо швидкість в газопроводі $W = 18 \text{ м} / \text{с}$; Тоді площа перерізу газоходу визначається за формулою:

$$S_4 = \frac{Q}{W} = \frac{9,63}{18} = 0,535 \text{ м}^2$$

Діаметр газохода:

$$d_4 = \sqrt{\frac{S \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,535 \cdot 4}{3,14}} = 0,83 \text{ м};$$

Приймаємо стандартний діаметр газоходу $d_{1-2} = 0,8 \text{ м}$,

Отже, фактична швидкість газу:

$$W_4 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 9,63}{3,14 \cdot 0,8^2} = 19,17 \text{ м} / \text{с};$$

Опір по довжині газоходу визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{l_4} = \lambda_4 \frac{l_4}{d_4} \cdot \frac{W_4^2}{2} \cdot \rho = 0,037 \cdot \frac{61,3}{0,8} \cdot \frac{19,17^2}{2} \cdot 0,83 = 322 \text{ Па},$$

де λ_{1-2} - коефіцієнт гідравлічного опору по довжині газоходу;

$$\lambda_4 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_{1-2}}} = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{0,8}} = 0,037;$$

Місцевий опір ділянки визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{M_4} = \sum \xi_{s_4} \cdot \frac{W_4^2}{2} \cdot \rho = 3,9 \cdot \frac{19,17^2}{2} \cdot 0,83 = 594 \text{ Па};$$

де ξ_4 - сумарний коефіцієнт місцевого опору;

$$\sum \xi_4 = \xi_{90} + \xi_k + \xi_o + \xi_m + \xi_{zl} = 1,1 \cdot 2 + 0,32 + 0,034 + 0,6 + 0,74 = 3,9$$

поворот на 90° 2 шт. $\xi_{90} = 1,1$;

конфузор при $\alpha = 60^\circ$ $\xi_k = 0,32$;

злиття потоків $\xi_{zl} = 0,74$;

трійник $\xi_m = 0,6$;

$$\xi_o = R_{\text{сум.}} (1 - f/F)^2 = 0,63 \cdot (1 - 0,385/0,502)^2 = 0,034;$$

$R_{\text{сум.}}$ - коефіцієнт пом'якшення при $\alpha = 30^\circ$ ($R_{\text{сум.}} = 0,63$)

$$f_4 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} = 0,385;$$

$$F_4 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,502;$$

Загальний опір ділянки №4 визначаємо за формулою:

$$\Delta P_4 = \Delta P_{l_4} + \Delta P_{M_4} = 322 + 595 = 917 \text{ Па.}$$

2.2 Розрахунок рукавного фільтру

Початкові данні для розрахунку :

- 1) Об'ємна витрата газу, що очищається, $Q_{\text{н.у.}} = 7000 \text{ м}^3/\text{год}$
- 2) Густина частинок пилу: $\rho_n = 3650 \text{ кг/м}^3$,
- 3) Температура газу, $t = 130^\circ \text{ C}$
- 4) Запиленість газу, що поступає на очищення, $z_1 = 35 \text{ г/м}^3$
- 5) Тиск перед фільтром, $P_r = 2,0 \text{ кПа}$
- 6) Тиск барометричний, $B = 101,3 \text{ кПа}$

7) Середній медіанний діаметр частинок пилу, $dm = 1 \cdot 10^{-4}$ мкм

8) Хімічний склад газу % об:

$CO_2 - 12.00$; $N_2 - 86.87$; $CO - 1.00$; $SO_2 = 0.1$; $NO_x = 0.03$.

9) Дисперсний склад пилу :г

| d, мкм | <20 | 20-40 | 40-80 | 80-100 | 100-120 | >120 |
|----------------|-----|-------|-------|--------|---------|------|
| % за масою | 8 | 12 | 10 | 20 | 25 | 25 |
| d_{cp} , мкм | 10 | 30 | 60 | 90 | 110 | 100 |

Щільність газу за робочих умов:

$$\rho_{p.y.} = \rho_o \frac{273 \cdot (B \pm Pr)}{(273 + t_r) B_{CT}} = 1,34 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 2,0)}{(273 + 165) \cdot 101,3} = 0,82 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Витрата газу при робочих умовах:

$$Q_{p.y.} = Q_o \cdot \frac{\rho_o}{\rho_t} = (1,94 \cdot 3) \cdot \frac{1,34}{0,82} = 9,5 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Визначаємо необхідний підсос повітря з температурою $t_b = 20$ °C:

$$\frac{Q_n}{Q} = \frac{t_z - t_n}{t_z - t_n} = \frac{165 - 130}{130 - 20} = 0,31;$$

де, t_n – необхідна температура;

t_n – температура повітря, що підсосується для розбавлення

Тоді дійсна витрата газу при н.у. буде дорівнювати:

$$Q'_o = Q_o + 0,34 \cdot Q_o = 5,82 + 0,31 \cdot 5,82 = 7,6 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Витрата газу при робочих умовах:

$$Q_{p.y.} = Q'_o \cdot \frac{\rho_o}{\rho_{p.y.}} = 7,6 \cdot \frac{1,34}{0,82} = 12,73 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Питоме газове навантаження або швидкість фільтрації, згідно з паспортними даними фільтру типу ФРІР, $1,5 - 2 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{хв}$. Приймаємо питоме газове навантаження на фільтр рівне $q = 1,5 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{хв}$.

Площа необхідної фільтруючої поверхні, м^2 :

$$F = \frac{V}{q} = \frac{12,73 \cdot 60}{1,5} = 509 \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

Вибираємо фільтр типу ФРІР 500, технічна характеристика якого приведена нижче:

| | |
|---|----------------|
| 1. Продуктивність по газу, що очищається, тис. м ³ /год. | до 46 |
| 2. Питоме газове навантаження, м ³ /м ² хв | 1,5 – 2,0 |
| 3. Площа фільтрації, м ² | 515 |
| 4. Допустима температура газу, що очищається, °С | не більше 135 |
| 5. Гідравлічний опір фільтру, Па | не більше 1800 |
| 7. Кількість фільтрувальних рукавів, шт | 196 |
| 8. Довжина рукава фільтрувального, м | 6,17 |
| 9. Маса фільтру, кг | 13640 |
| 10. Маса шатра фільтру, кг | 65000 |
| 11. Тривалість циклу регенерації, хв. | не більше 2 |

Приймаємо фільтрувальну тканину - лавсан з допустимою робочою температурою $t_{\text{тк}} = 130 \text{ °С}$, пористість тканини $E_{\text{тк}} = 0,75$

Визначимо фактичне газове навантаження на фільтр:

$$q_{\text{ф}} = \frac{V}{F_{\delta}} = \frac{12,73}{515} = 0,025 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с} = 1,5 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{хв} \quad (2.17)$$

Повний гідравлічний опір фільтру $\Delta P_{\text{ф}}$ складається з опору корпусу $\Delta P_{\text{к}}$ і опору фільтрувальної перегородки $\Delta P_{\text{ф.п}}$, Па:

$$\Delta P_{\text{ф}} = \Delta P_{\text{к}} + \Delta P_{\text{ф.п}} \quad (2.18)$$

Гідравлічний опір корпусу фільтру:

$$\Delta P_{\text{к}} = \zeta \frac{\rho_{\text{г}} \cdot W_{\text{вх}}^2}{2} \text{ Па} \quad (2.19)$$

де $\rho_{\text{г}}$ - щільність газу за робочих умов, г/м³;

$W_{\text{вх}}$ - швидкість газу, що приймається, у вхідному патрубку фільтру; $W_{\text{вх}} = 8 \text{ м/с}$;

ξ - коефіцієнт гідравлічного опору корпусу; для правильно сконструйованих рукавних фільтрів зазвичай складає 1,5 – 2,0, приймаємо $\xi = 2$.

$$\Delta P_k = 2 \cdot \frac{0,80 \cdot 8^2}{2} = 51,2 \approx 51 \text{ Па}$$

Опір фільтрувальної перегородки фільтру, Па:

$$\Delta P_{\text{ф.п}} = \Delta P_{\text{т+}} \Delta P_{\text{ш.п.}}, \quad (2.20)$$

де, ΔP_m – гідравлічний опір тканини фільтру, Па:

$$\Delta P_{\text{т}} = A \cdot W_{\text{ф}} \cdot \mu_{\text{г.см.}}; \quad (2.21)$$

$$\Delta P_{\text{ш.п.}} = \Delta P_{\text{ф}} - \Delta P_k - \Delta P_{\text{т}}. \quad (2.22)$$

Час періоду між регенераціями рукавного фільтру визначимо по формулі:

$$t_p = \frac{\Delta P_{\text{ш.п.}}}{B \cdot \omega_{\text{ф}}^2 \cdot \mu_{\text{сум}} \cdot z_1} \quad (2.23)$$

де, z_1 - концентрація пилу в газі перед фільтром, г/м³.

Постійні фільтрування А і В:

$$A = 2400 \cdot 10^6; \quad B = 80 \cdot 10^9 \text{ [18]}$$

Обчислюємо динамічний коефіцієнт в'язкості газу:

$$\mu = \mu_0 \frac{273 + C'}{T + C'} \left(\frac{T}{273} \right)^{1,5}, \quad (2.24)$$

де μ_0 - динамічний коефіцієнт в'язкості газу при нормальних умовах, Па·с;

C' - постійна Сезерленда;

T – абсолютна температура, К, $T = 273 + t_r$.

Параметри і фізичні властивості деяких газів наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Основні фізичні властивості деяких газів

| Газ | Формула | Постійна Сезерленда, С' | Коефіцієнт динамічної в'язкості $\mu_0 \cdot 10^6$, Па·с при н.у. |
|---------------|------------------|-------------------------|--|
| Азот | N ₂ | 114 | 17 |
| Водень | H ₂ | 73 | 8,42 |
| Водяна пара | H ₂ O | 961 | 10,0 |
| Повітря | - | 124 | 17,3 |
| Оксид вуглецю | CO | 100 | 16,6 |

| | | | |
|-----------------|-----------------|-----|------|
| Діоксид вуглецю | CO ₂ | 254 | 13,7 |
| Кисень | O ₂ | 131 | 20,3 |
| Метан | CH ₄ | 162 | 10,3 |

$$\mu_{CO_2} = 13,7 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273+254}{(273+165)+254} \cdot \left(\frac{(273+167)}{273} \right)^{1,5} = 21,34 \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{CO} = 16,6 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273+100}{(273+165)+100} \cdot \left(\frac{(273+167)}{273} \right)^{1,5} = 23,51 \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{N_2} = 17 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273+114}{(273+165)+114} \cdot \left(\frac{(273+167)}{273} \right)^{1,5} = 24,34 \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{SO_2} = 11,58 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273+114}{(273+165)+114} \cdot \left(\frac{(273+167)}{273} \right)^{1,5} = 16,58 \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_{NO_2} = 17,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{273+114}{(273+165)+114} \cdot \left(\frac{(273+167)}{273} \right)^{1,5} = 25,49 \cdot 10^{-6}$$

Знаходимо динамічну в'язкість суміші:

$$\mu_{\text{сум.}} = 0,01 \sum_1^n \mu_i r_i \quad (2.25)$$

де μ_i - динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів суміші, Па·с.

r_i - об'ємний склад газової суміші;

$$\mu_{\text{сум.}} = 0,01(0,03 \cdot 25,49 + 0,1 \cdot 16,58 + 12 \cdot 21,34 + 1 \cdot 23,51 + 86,87 \cdot 24,34) \cdot 10^{-6} = 23,26 \cdot 10^{-6}$$

Гідрравлічний опір тканини, Па:

$$\Delta P_T = 2400 \cdot 10^6 \cdot 0,025 \cdot 23,96 \cdot 10^{-6} = 1438 \text{ Па.}$$

Гідрравлічний опір шару пилу визначимо, прийнявши опір рукавного фільтру $\Delta P = 1800$ Па, тоді:

$$\Delta P_{\text{ш.п.}} = 1800 - 51 - 1438 = 311 \text{ Па.}$$

Тривалість періоду фільтрування між двома регенераціями:

$$t_p = \frac{311}{80 \cdot 10^9 \cdot 0,025^2 \cdot 23,26 \cdot 10^{-6} \cdot 35 \cdot 10^{-3}} = 7,6 \text{ с}$$

Визначимо ефективність рукавного фільтру. Якщо прийняти залишкову запиленість газу $z_2 = 20 \text{ мг/м}^3$, виходячи з технічної характеристики роботи рукавного фільтру марки ФРІР-500, тоді:

$$\eta = (z_1 - z_2) / z_1 = (35 - 0,02) / 35 = 0,99 \text{ або } 99 \% \quad (2.26)$$

Ділянка №5

Довжина $l_{1-2} = 26,1 \text{ м}$; Витрата газу $Q_0 = 7,6 \text{ м}^3 / \text{с}$ Температура газу $t_r = 130^\circ \text{C}$;

$$P = 2000 + 1800 = 3800 \text{ Па}$$

Щільність газу при робочих умовах визначається за формулою:

$$\rho_{p.y.} = \rho_o \frac{273 \cdot (B \pm Pr)}{(273 + t_r) B_{CT}} = 1,34 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 3,8)}{(273 + 130) \cdot 101,3} = 0,83 \text{ кг} / \text{м}^3$$

де 273°C – температура при н.у.

Витрата газу за робочих умов визначається за формулою:

$$Q_{p.y.} = Q_o \frac{\rho_o}{\rho_{p.y.}} = 7,6 \cdot \frac{1,34}{0,83} = 12 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Приймаємо швидкість в газопроводі $W_t = 18 \text{ м} / \text{с}$. Тоді площа перерізу газоходу визначається за формулою:

$$S_5 = \frac{Q}{W} = \frac{12}{18} = 0,67 \text{ м}^2$$

Діаметр газохода:

$$d_5 = \sqrt{\frac{S_5 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,67 \cdot 4}{3,14}} = 0,925 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартний діаметр газоходу $d_5 = 0,9 \text{ м}$; ,

Отже, фактична швидкість газу:

$$W_5 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 12}{3,14 \cdot 0,9^2} = 19 \text{ м} / \text{с}$$

Опір по довжині газоходу визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{l_5} = \lambda_5 \frac{l_5}{d_5} \cdot \frac{W_5^2}{2} \cdot \rho = 0,036 \cdot \frac{26,1}{0,9} \cdot \frac{19^2}{2} \cdot 0,83 = 110 \text{ Па};$$

де λ_5 - коефіцієнт гідравлічного опору по довжині газоходу;

$$\lambda_5 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_{1-2}}} = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{0,9}} = 0,036$$

Місцевий опір ділянки визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{M_5} = \sum \xi_5 \cdot \frac{W_5^2}{2} \cdot \rho_i = 2,52 \cdot \frac{19^2}{2} \cdot 0,83 = 300 \text{ Па},$$

де ξ_5 - сумарний коефіцієнт місцевого опору;

$$\sum \xi_5 = \xi_{90} + \xi_{\kappa} = 1,1 \cdot 2 + 0,32 = 2,52$$

поворот на 90° - 2 шт; $\xi_{90} = 1,1$

конфузор при $\alpha = 60^\circ$ $\xi_{\kappa} = 0,32$

Загальний опір ділянки 5 визначаємо за формулою:

$$\Delta P_5 = \Delta P_{l_5} + \Delta P_{M_5} = 110 + 300 = 330 \text{ Па}$$

Ділянка №6

Довжина $l_6 = 30 \text{ м}$; Витрата газу $Q_0 = 7,6 \text{ м}^3 / \text{с}$; Температура газу $t_r = 130^\circ \text{С}$

$P = 3800 + 330 = 4130 \text{ Па}$

Щільність газу при робочих умовах визначається за формулою:

$$\rho_{p.y.} = \rho_o \frac{273 \cdot (B \pm Pr)}{(273 + t_r) B_{CT}} = 1,34 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 - 4,1)}{(273 + 130) \cdot 101,3} = 0,83 \text{ кг} / \text{м}^3$$

де 273°С – температура при н.у.

Витрата газу за робочих умов визначається за формулою:

$$Q_{p.y.} = Q_o \frac{\rho_o}{\rho_{p.y.}} = 7,6 \cdot \frac{1,34}{0,83} = 12 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Приймаємо швидкість в газопроводі $W_t = 18 \text{ м} / \text{с}$. Тоді площа перерізу газоходу визначається за формулою:

$$S_6 = \frac{Q}{W} = \frac{12}{18} = 0,67 \text{ м}^2$$

Діаметр газохода:

$$d_6 = \sqrt{\frac{S_6 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,67 \cdot 4}{3,14}} = 0,925 \text{ м};$$

Приймаємо стандартний діаметр газоходу $d_6 = 0,9 \text{ м}$,

Отже, фактична швидкість газу:

$$W_6 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 12}{3,14 \cdot 0,9^2} = 19 \text{ м/с}$$

Опір по довжині газоходу визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{l_6} = \lambda_6 \frac{l_6}{d_6} \cdot \frac{W_6^2}{2} \cdot \rho = 0,036 \cdot \frac{30}{0,9} \cdot \frac{19^2}{2} \cdot 0,83 = 160 \text{ Па};$$

де λ_6 - коефіцієнт гідравлічного опору по довжині газоходу;

$$\lambda_6 = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_{1-2}}} = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{0,9}} = 0,036$$

Місцевий опір ділянки визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{M_6} = \sum \xi_6 \cdot \frac{W_6^2}{2} \cdot \rho = 1,84 \cdot \frac{19^2}{2} \cdot 0,83 = 180 \text{ Па};$$

де ξ_6 - сумарний коефіцієнт місцевого опору;

$$\sum \xi_6 = \xi_{90} + \xi_p = 1,1 + 0,74 = 1,84$$

Миттєве розширення:

$$\xi_{роз} = (1 - f/F)^2 = (1 - 0,635/4,522)^2 = 0,74;$$

$$f_4 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,9^2}{4} = 0,635;$$

$$F_4 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,4^2}{4} = 4,522;$$

Загальний опір ділянки №6 визначаємо за формулою:

$$\Delta P_6 = \Delta P_{l_6} + \Delta P_{M_6} = 160 + 180 = 340 \text{ Па.}$$

$$\rho_{p.y.} = 0,85 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$Q_{p.y.} = 12 \text{ м}^3 / \text{с};$$

Приймаємо стандартний діаметр димової труби $d_m = 2,2 \text{ м}$;

Отже, фактична швидкість газу:

$$W_7 = \frac{4Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 12}{3,14 \cdot 2,4^2} = 2,7 \text{ м} / \text{с}$$

Миттєве розширення: $\xi_{роз} = 1$;

Опір по довжині газоходу визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{l_m} = \lambda_m \frac{l_m}{d_m} \cdot \frac{W_m^2}{2} \cdot \rho = 0,028 \cdot \frac{60}{2,4} \cdot \frac{2,7^2}{2} \cdot 0,83 = 2,2 \text{ Па};$$

де λ_m - коефіцієнт гідравлічного опору по довжині газоходу;

$$\lambda_m = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{d_m}} = \frac{0,0348}{\sqrt[4]{2,4}} = 0,028$$

Місцевий опір ділянки визначаємо за формулою:

$$\Delta P_{Mm} = \sum \xi_m \cdot \frac{W_m^2}{2} \cdot \rho = 1 \cdot \frac{2,7^2}{2} \cdot 0,83 = 3 \text{ Па};$$

Загальний опір димової труби визначаємо за формулою:

$$\Delta P_m = \Delta P_{l_m} + \Delta P_{Mm} = 2,2 + 3 = 5,2 \text{ Па.}$$

Загальний опір усього газового тракту $\Delta P_{заг.} = 4500 \text{ Па}$

Результати аеродинамічного розрахунку приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати аеродинамічного розрахунку газового тракту

| Ділянка, № | Назва | Q, м ³ /с | ρ_p , кг/м ³ | V, м/с | D, м | l, м | Місцеві опори | | ΔP_m , Па | ΔP_l , Па | $P_{ап}$, Па | P, Па |
|------------|--|----------------------|------------------------------|--------|------|------|---------------|-------------|-------------------|-------------------|---------------|-------|
| | | | | | | | Назва | ζ | | | | |
| 1 | РТП 1 – КУ | 7,65 | 0,34 | 19,88 | 0,7 | 16,5 | пов. 90°(2) | 1,1·2 | 184 | 51 | - | 235 |
| | | | | | | | диф. | 0,54 | | | | |
| 2 | Від КУ за РТП 1 – до КУ за РТП 2 | 3,13 | 0,83 | 19,69 | 0,45 | 19,8 | пов. 90° | 1,1 | 228 | 270 | 300 | 498 |
| | | | | | | | кон. | 0,32 | | | | |
| 3 | Від КУ за РТП 2 – КУ за РТП 3 | 6,34 | 0,82 | 16,48 | 0,7 | 20 | диф. | 0,217 | 298 | 278 | - | 576 |
| | | | | | | | пов. 90° | 1,1 | | | | |
| | | | | | | | тр. | 0,6 | | | | |
| | | | | | | | зл. | 0,74 | | | | |
| 4 | Від КУ за РТП 3 – до рукавного фільтру | 9,63 | 0,81 | 19,17 | 0,8 | 61,3 | пов. 90°(2) | 1,1 | 594 | 322 | - | 917 |
| | | | | | | | кон. | 0,32 | | | | |
| | | | | | | | зл. | 0,74 | | | | |
| | | | | | | | тр. | 0,6 | | | | |
| 5 | Рукавний фільтр - димосос | 9,98 | 1,02 | 19,86 | 0,8 | 26,1 | диф. | 0,034 | 300 | 110 | 1800 | 2130 |
| 6 | Димосос – димова труба | 12 | 0,85 | 19 | 0,9 | 30 | пов розш.мит. | 1,1 0,74 | 160 | 180 | - | 340 |
| 7 | Димова труба | 12 | 0,85 | 2,7 | 2,2 | 60 | Розш.мит. | 1 | 3 | 2,2 | - | 5,2 |

2.3. Вибір тяглодугттьового обладнання

Димосос вибираємо на основі аеродинамічного розрахунку газовідвідного тракту. Продуктивність Димососу Q_d приймаємо з запасом 10% [19] незалежно від температури газів, але з поправкою на барометричний тиск $p_{\text{бар}} = 100$ кПа:

$$Q_d = 1,1 \times Q_p \times \frac{101,3}{p_{\text{бар}}}$$

$Q_p = 7,6 \text{ м}^3/\text{с} = 27360 \text{ м}^3/\text{год}$ при робочих умовах.

$$Q_d = 1,1 \times 27360 \times \frac{101,3}{100} = 30487 \text{ м}^3/\text{год}$$

де 1,1 – коефіцієнт запасу; Q_o - кількість газу перед димососом.

Створюваний димососом тиск приймаємо з урахуванням запасу 10%:

$$P_g = P \cdot 1,1 = 4500 \cdot 1,1 = 4950$$

Тиск, що створюється Димососом (розрідження), приведене до умов каталогу, по якому вибирається Димосос $\Delta p_{\text{кат}}$, приймається рівним [20]:

$$\Delta p_{\text{кат}} = \beta_2 \times \Delta p_p \times K_p = 1,1 \cdot 4500 \cdot 1,68 = 8316$$

де β_2 – коефіцієнт запасу тиску. Приймаємо коефіцієнт запасу тиску, $\beta_2 = 1,1$ [21].

Δp_p – сумарний опір газовідвідного тракту, отриманий в результаті аеродинамічного розрахунку. $\Delta p_p = 4500$ Па.

K_p – коефіцієнт перерахунку.

Коефіцієнт K_p визначається по формулі [22]:

$$K_p = \frac{\overline{T_{zi}}}{T_x} \times \frac{101,3}{p_{\text{бар}}} \times \frac{\rho_{0zi}}{\rho_{0в}},$$

де T_x – температура, для якої складена характеристика вентилятора (Димососа), К;

$\overline{T_{zi}}$ – середня температура газу на останній розрахунковій ділянці газоходу,

$$K \cdot \overline{T_{zi}} = (\overline{t_{zi}^0} + 273);$$

$$\overline{T_{zi}} = 130 + 273 = 403$$

ρ_{0zi} – щільність газу при НФУ на останній розрахунковій ділянці, кг/м³;

$p_{бар}$ – атмосферний тиск, кПа;

$\rho_{0в}$ – щільність повітря при нормальних фізичних умовах (НФУ), кг/м³.

Аеродинамічні характеристики димососів при температурі $T_x = (273+100)$. Щільність газу при нормальних фізичних умовах визначена в пункті 2.3. Вона дорівнює $\rho_{0z} = 0,84$ кг/м³; $t_{кат} = 100^\circ\text{C}$ [20].

Середня температура газу на восьмій розрахунковій ділянці $\bar{t}_z = 130$ °C.

$$K = \frac{(273+130)}{(273+100)} \times \frac{101,3}{100} \times \frac{1,293}{0,84} = 1,68$$

Приймаємо до установки Димосос ДН–12,5 з наступними характеристиками:

- витрати газу $Q_{кат} 30500$ м³/час = 8,5 м³/с;
- створений тиск (розрідження) 8500 Па;
- коефіцієнт корисної дії $\eta_{пд} = 0,68$;

Потужність Димососу визначаємо по формулі, кВт:

$$N = \frac{Q_{кат} \times p_{кат}}{\eta_{кат} \times K} \times 10^{-3}$$

$$N = \frac{8,5 \times 8500}{0,68 \times 1,68} \times 10^{-3} = 45 \text{ кВт.}$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Виявлення та оцінка шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища

Рудно-термічний цех є складним виробничим комплексом, який оснащений різноманітним механічним, електричним і підйомно-транспортним обладнанням, обслуговування якого вимагає чіткого дотримання правил безпеки та норм виробничої санітарії.

Процес виплавки титанового шлаку супроводжується виділенням пилу і значними тепловиділеннями. Тому, по периметру цеху не повинно бути прибудов, що заважають надходження свіжого повітря в приміщення.

Теплові агрегати розміщують на такій відстані один від одного, щоб теплові потоки від них не перехрещувалися.

Для охолодження матеріалів і обладнання (шлаку, чавуну, виливниць) передбачені спеціальні майданчики. Не рекомендується допускати розміщення холоначих матеріалів на шляхах припливу свіжого повітря.

Основними небезпечними і шкідливими виробничими факторами на робочому місці оператора комплексної газоочистки є:

Фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- Рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- Підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухливість повітря.

Хімічні:

- вуглецю оксид;
- пил діоксиду титану

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів та карта умов праці для робочого місця оператора комплексної газоочистки представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оцінка факторів виробничого трудового процесу оператора комплексної газоочистки

| № п/п | Фактори виробничого середовища та трудового процесу | Нормативне значення | Фактичне значення | 3 клас: шкідливі та небезпечні умови та характер праці | | | Тривалість дії фактора за зміну, % |
|-------|---|--|-------------------|--|-------|-------|------------------------------------|
| | | | | 1 ст. | 2 ст. | 3 ст. | |
| 1 | Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : 3 клас безпеки вуглецю оксид | 20 | 28,1 | 1,4 р | | | 92,36 |
| 2 | Пил діоксиду титану, переважно фіброгенної дії, мг/м ³ | 10 | 54,86 | | 5,49 | | 92,36 |
| 3 | Шум, дБА | 80 | 90 | | 10 | | 92,36 |
| 4 | Мікроклімат у приміщенні (теплий період): - температура, °С; - швидкість руху повітря, м/с; - відносна волога повітря, %; -інфрачервоне випромінювання, Вт/м ² | 26 | 37 | | | 14 | 90 |
| | | 0,3 | 0,4 | 1,33 | | | 92,36 |
| | | 65 | 72,2 | до 25 | | | 10,7 |
| | | 140 | 1250 | | 1250 | | 85 |
| 5 | Тяжкість праці | Середньої тяжкості (ІІб), помірно напружена праця. | | | | | |

Таким чином, проведений аналіз умов праці при виробництві титанового шлаку дозволяє зробити висновок про перевищення нормативних показників по рівню шуму. Перевищує допустимі концентрації також кількість оксиду вуглецю та пилу діоксину титану у повітрі робочої зони. Все це дозволяє віднести умови праці до III класу 3 ступеня [24].

Для працівників зайнятих на роботах з важкими та шкідливими умовами праці передбачена видача молока в кількості 0,5 л за зміну незалежно від її тривалості у дні фактичної зайнятості. Щорічна додаткова відпустка за роботу із шкідливими і важкими умовами праці тривалістю до 35 календарних днів, скорочена тривалість робочого часу за роботу із шкідливими умовами праці, з метою оздоровлення умов праці і підвищення працездатності працівники гарячих цехів та виробничих ділянок безкоштовно забезпечуються газованою солоною водою, також передбачується лікувально-профілактичне харчування.

3.2 Заходи щодо захисту від виявлених шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища

Для запобігання травматизму та професійних захворювань розроблені дві групи основних заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих факторів: організаційні та інженерні (конструктивні).

Організаційні заходи:

- Використання засобів механізації та автоматизації, дистанційного управління виробничим процесом, що дозволяє полегшити працю робочого персоналу і забезпечити безпеку праці;
- Використання засобів індивідуального захисту та спецодягу;
- суворе дотримання технологічних інструкцій по ТБ і ПБ;
- регулярне проведення інструктажів з ТБ.

Інженерні заходи:

- Теплоізоляція поверхонь, що випромінюють тепло;
- шумоізоляція;
- застосування природної вентиляції - аерації (для видалення надлишкового тепла).
- видалення газів від льотки (для видалення пилу і газів);
- припливна вентиляція;
- застосування віброгасильного обладнання.

3.3 Гігієна праці і виробнича санітарія

3.3.1 Мікроклімат

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового пилу та газів під час випуску титанового шлаку, потрібно забезпечити їх відсмоктування від льотки РТП.

РТП обладнані газовідсмоктуючими пристроями, що забезпечують повне видалення газів, що виділяються на колошнику печі, а також які утворюються біля горна під час випуску металу і шлаку. Гази, що евакуюються від печі піддаються очищенню від пилу.

Таблиця 3.2 - Допустимі (оптимальні) параметри повітряного середовища для даної категорії робіт в електросталеплавильному цеху

| Період року | Характеристика виробничих приміщень по надлишковим тепловиділенням | Категорія робіт по тяжкості | На постійних раб. місцях | | | Тем-ра повітря поза постійним раб. місц, °С |
|-------------|--|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|---|
| | | | Тем-тура повітря, °С | Відносна вологість повітря, % | Швидк. руху повітря, м/с | |
| Холодний | >23 Вт/м ³ | Ш 6 | 15-21 | Не більше 60 | Не більше 0,4 | 15-24 |
| Теплий | >23 Вт/м ³ | Ш 6 | 26-37 | 25 при 25°С | 0,3-0,4 | 15-29 |

3.3.2 Вентиляція

Пил сировини, що містить титан, присутній в атмосфері виробничої будівлі виплавлення титанового шлаку. Гранично допустима концентрація (ГДК) її в атмосфері виробничих приміщень складає $10\text{мг} / \text{м}^3$. Цей пил є нейтральним продуктом.

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 [25].

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.

При виконанні робіт оператор комплексної газоочистки зобов'язані мати і застосовувати такі засоби захисту:

- Натільна білизна «З»;
- Суконний костюм «Титри»;
- Робочі черевики «К20, Щ20» або гумові чоботи «В»;
- Гумові рукавички «К20, Щ20» або рукавички КР «Вн К-50»;
- Захисна каска;

- Протигаз з коробкою А2В3Е3Р3D або аналогічний за захисними властивостями по ДСТУ EN 14387: 2006;

- Захисні окуляри з непрямую вентиляцією «ЗП2-80».

Спецодяг повинен бути відповідного розміру і застібнута на всі гудзики. При використанні замість черевиків гумових чобіт - брюки надягати поверх чобіт.

Постійно стежити за станом спецодягу, індивідуальних засобів захисту. Куртка і брюки повинні мати всі гудзики і повинні бути чистими.

У міру забруднення, спецодяг регулярно здавати в прання і ремонт.

Шолом-маска протигазу повинна бути справною, вимитого і сухою.

Витяжними зонтами називають приймачі місцевих відсмоктувачів, що мають форму зрізаних конусів або пірамід і розташовані над джерелами шкідливих виділень (рис. 3.1).

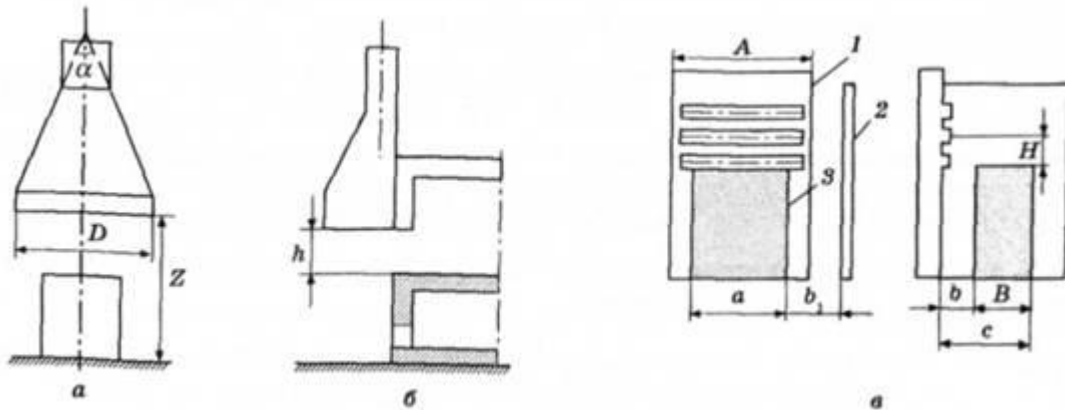


Рисунок 3.1 – Розташування зонти-козирка над джерелом забруднення

Вихідні дані для розрахунку:

Ширина робочого отвору $B = 0,65$ м;

Висота робочого отвору $h = 0,45$ м;

Температура повітря в приміщенні $t_{п} = 20$ °С;

Температура робочого простору $t_0 = 1300$ °С;

Температура суміші газів $t_{сум} = 130$ °С;

Щільність повітря $\rho_b = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

Щільність газу за робочих умов $\rho_0 = 0,34 \text{ кг/м}^3$;

Знаходимо коефіцієнт, що визначає частину робочого отвору, працюючого на приплив за формулою:

$$K = \sqrt[3]{T_0 / T_g} / \left(1 + \sqrt[3]{T_0 / T_g}\right) \quad (3.1)$$

де, $T_0 = t_0 + 273$, $T_b = t_b + 273$, К.

$$K = \sqrt[3]{(1300 + 273) / (273 + 20)} / \left(1 + \sqrt[3]{(1300 + 273) / (273 + 20)}\right) = 0,64;$$

Висота робочого отвору, працюючого на притік повітря буде дорівнювати:

$$h_n = k \cdot h = 0,64 \cdot 0,45 = 0,288 \quad (3.2)$$

Знаходимо середній по висоті отвору надлишковий тиск, який змушує вибиватися газу:

$$\Delta p = h_n (\rho_g - \rho_0) g / 2 \quad (3.3)$$

$$\Delta p = 0,288 \cdot (1,2 - 0,34) \cdot 9,81 / 2 = 1,21 \text{ Па}$$

Розраховуємо швидкість вибивання повітря з робочого отвору за формулою:

$$v_0 = 1,41 \sqrt{\Delta p / \rho_0} \quad (3.4)$$

$$v_0 = 1,41 \sqrt{1,21 / 0,34} = 2,66 \text{ м/с};$$

Визначимо об'ємну витрату повітря, яке вибивається з робочого отвору:

$$L_0 = 3600 \cdot v_0 \cdot h_n \cdot B \quad (3.5)$$

$$L_0 = 3600 \cdot 2,66 \cdot 0,288 \cdot 0,65 = 1793 \text{ м}^3/\text{год};$$

Знаходимо витрату суміші:

$$L_{\text{сум}} = L_0(t_0 - t_n) \cdot T_{\text{сум}} / [(t_{\text{сум}} - t_n) \cdot T_0] \quad (3.6)$$

де $T_{\text{сум}} = 273 + t_{\text{сум}}$ – абсолютна температура повітряної суміші, К.

$$L_{\text{сум}} = 1793 \cdot (1300 - 20) \cdot 403 / [(130 - 20) \cdot 1573] = 5345 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахуємо площу зонти-козирка F_3 задаючись швидкістю повітря в його робочому перерізі $v_3 = 1$ - 6 м/с) по формулі:

$$F_3 = L_{\text{сум}} / (3600 \cdot v_3) \quad (3.7)$$

$$F_3 = 5345 / (3600 \cdot 2) = 0,74 \text{ м}^2$$

Ширину парасольки за конструктивними міркуваннями приймаємо:

$$b_3 = (1,2 - 1,25)b \quad (3.8)$$

$$b_3 = 1,2 \cdot 0,65 = 0,78 \text{ м};$$

Визначаємо виліт зонти-козирка:

$$l_3 = F_3 / b_3 \quad (3.9)$$

$$l_3 = 0,74 / 0,78 = 0,95 \text{ м.}$$

3.3.3 Освітлення виробничих приміщень

Для нормальної роботи людей, які обслуговують цілодобово технологічне обладнання, велике значення має раціональне освітлення.

В якості природного освітлення застосовується комбіноване – спільне застосування бічного і місцевого освітлення: бокове здійснюється через вікна зовнішніх стін, а верхнє – через світлові ліхтарі і прийоми в місцях перепадів висот суміжних прогонів будівель.

При роботі в нічний час у виробничих приміщеннях застосовується штучне освітлення.

Згідно НПАОП 27.4-1.08-06 [26] роботи в рудно-термічному цеху відносяться до VIII розряду зорової роботи, до підрозряду а. В цеху застосовується бічне і верхнє освітлення.

3.3.4 Виробничий шум

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. [27].

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.

Найбільш зручними і ефективними протишумами є навушники різних марок. Кріпляться вони до голови за допомогою спеціальних кріплень, які облягають щільно голову [25].

3.4 Електробезпека. Виробничі випромінювання

В процесі експлуатації електроустановок нерідко виникають умови, при яких навіть найсучасніше конструктивне виконання установок не забезпечує безпеки працюючого, і тому потрібно застосування спеціальних засобів захисту [26].

Засоби захисту, що застосовуються в електроустановках, можуть бути умовно розділені на чотири групи: ізолюючі, огорожувальні, екранують і запобіжні. Перші три групи призначені для захисту персоналу від ураження електричним струмом і шкідливого впливу електричного поля і називаються електрозахисними засобами.

Ізолюючі електрозахисні засоби ізолюють людини від струмоведучих або заземлених частин, а також від землі. Вони діляться на основні та додаткові.

Огорожувальні електрозахисні засоби призначені для тимчасового огороження струмоведучих частин, до яких можливо випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань. До них відносяться тимчасові переносні огорожі.

Екранувальні електрозахисні засоби служать для виключення шкідливого впливу на працюючих електричних полів промислової частоти. До них відносяться індивідуальні екрануючі комплекти, переносні екрануючі пристрої і екрануючі тканинні вироби.

Запобіжні засоби захисту призначені для індивідуального захисту працюючого від шкідливих впливів неелектричних факторів - світлових, теплових, механічних [24].

В електричних установках застосовуються такі технічні захисні заходи:

- Електроізоляція.
- Забезпечення недоступності струмоведучих частин.
- Застосування малих напруг.
- Компенсація ємнісної складової струму замикання на землю.
- Блокування.
- Захисне заземлення.
- Захисне занулення.

У цеху виплавки титанових шлаків використовуються такі захисні пристрої: захисне занулення, заземлення і відключення.

3.5 Заходи пожежної безпеки

Будівлю цеха № 2 ділянки плавлення титанових шлаків по вибуховій і пожежній небезпеці можна віднести до приміщення категорії Д [26].

Для попередження пожеж, що виникають від коротких замикань, на лініях і відгалуженнях електричних мереж послідовно включають запобіжники. При проходженні надмірно великого струму плавкі запобіжники перегорають і тим самим розривають електричний ланцюг, запобігаючи небезпечному в пожежному відношенні нагріву дротів.

Для запобігання розповсюдженню пожежі дотримуються протипожежних розривів між будівлями, установками; встановлюють пристрої автоматичного пожежогашіння; здійснюють систематичний нагляд за дотриманням заходів з пожежної безпеки, наявністю і справним станом протипожежного інвентаря і первинних засобів пожежогашіння.

У будівлі забезпечена можливість швидкої безпечної евакуації людей у разі виникнення пожежі.

При виникненні пожежі в приміщенні маслonaсосні станції РТП, необхідно викликати пожежну команду. При невеликому загорянні збити полум'я струменем пари. Якщо полум'я не вдається погасити, потрібно користуватися вогнегасником та піском.

При виникненні пожежі на РТП необхідно відключити піч і все електрообладнання і ліквідувати осередок горіння за допомогою води, пари та вогнегасників.

ВИСНОВКИ

У даному кваліфікаційному проекті розглядаються існуючі способи очистки технологічних газів, які утворюються шляхом плавки ільменітового концентрату в рудно-термічних печах. Метою цієї плавки являється отримання титанового шлаку із завантажувальної шихти.

В загальній частині даного кваліфікаційного проекту була розглянута технологія виробництва титанового шлаку і приведена характеристика газів, що відходять. Варіантом реконструкції цеху виплавляння титанових шлаків передбачається розміщення трьох рудно-термічних печей і установки трьох котлів-утилізаторів. Основним шкідливим компонентом відхідних газів є пил.

У спеціальній частині були розглянуті існуючі системи очищення газів, що відходять від рудно-термічної печі. Запропонована утилізація тепла в котла-утилізаторах. Обсяг газів, що очищаються і надходять в рукавний фільтр, становить 7000 м³/год при нормальних фізичних умовах. На підставі розрахунку прийнятий рукавний фільтр ФРІР-500. Кінцева запиленість газів не перевищує 20 мг / м³.

Проведено аеродинамічний розрахунок газового тракту. В якості тягодуттєвого обладнання до системи обраний димосос ДН – 12,5.

Розроблені заходи з охорони праці для створення нешкідливих, безпечних умов виробництва.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Сігарьов Є. М., Сігарьов М. К., Стороженко С.А. Металургія кольорових металів та сплавів. – ДДТУ, Кам’янське, 2016. – 203 с.
2. Тарасов А.В. Металлургия титана. Москва :Академкнига, 2003. 328 с.
3. Kofstad P. High-Temperature Oxidation of Metals – New York: Wily, 1966. – 175 p.
4. Ігнат'єв В. С., та ін. Теоретичні основи процесів кольорової металургії: підручник/ за ред. д.т.н., професоре Червоного І. Ф. – Запоріжжя, ЗДІА, 2012. - 200 с.
5. Любич О.Й., Пчелінцев В.О. Фізичні основи металургії, кольорових і рідкоземельних металів: навчальний посібник. – Суми, СумДУ, 2009. – 226 с.
6. Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Могилатенко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посібник / за ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 224 с..
7. Клименко В.М., Шиліна О.П, Осадчук А.Ю. Технологія конструкційних матеріалів. / Частина перша. Конструкційні матеріали: властивості, класифікація, виробництво. Навчальний посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.- 97 с..
8. Середа Б.П. Нові матеріали в металургії. Навчальний посібник. – Запоріжжя: Видавництво Запорізької державної інженерної академії, 2009. – 395 с..
9. Шаройко Н.А. та ін. Захист навколишнього середовища при роботі теплотехнологічного устаткування: навч.посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 395 с.
10. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
11. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник / Северин Л.І. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.
12. Денисов С. І. Уловлювання та утилізація пилу та газів. Москва : Хімія, 1982. 327с.
13. Котлы утилизаторы и энерготехнологические: каталог-справочник. Москва : НИИЭинформэнергомаш, 1973. 252с

14. Воинов А. Л., Куперман Л. И., Сушон С. П. Паровые котлы на отходящих газах. Киев: Вища школа, 1983. 255с
15. Гічов Ю.О., Бойко В.М., Адаменко Д.С. Котли-утилізатори та їх тепловий розрахунок: навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2004. – 46 с.
16. Клименко В.В., Кравченко В. І., Телюта Р. В. Энергозбереження в теплотехнологічних процесах та установках: навчальний посібник. – Кропивницький: ПП Ексклюзив – Систем, 2020. – 2019 с.
17. Возняк Л. В., та ін. Гідравліка: навчальний посібник. — Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012. — 327 с.
18. Крусір Г.В., Мадані М.М., Гаркович О.Л. Техніка та технології очищення газових викидів: навчальний посібник. – Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. – 207 с.
19. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки на металлургическом производстве. - М.: Металлургия, 1990. – 400 с.
20. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник / Северин Л.І. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.
21. Грес Л. П., Єрьомін О. О., Каракаш Є. О., Радченко Ю. М. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.) : навч. посібник. – Дніпро: Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. – 106 с.
22. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Металургійний та енергетичний комплекс Ч. І.: навч. посіб. – Харків : НТУ «ХП», Лідер, 2020. – 212 с.
23. Каталог пилогазоочисного обладнання: Каталог. – Запоріжжя: УкрНДІОГаз, 1990. – 238 с.
24. Полетаєв В.П., Крюковська О.А. Охорона праці в галузі: навчальний посібник / під ред. д.т.н., проф. А. П. Огурцова. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2015. — 363 с.
25. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібн. ч. 4: Енергетичний комплекс. / В.О. Шеремет та ін. – Дніпропетровськ: Ліра ЛТД, 2004 – 256с.

26. НПАОП 27.4-1.08-06. Правила безпеки при виробництві та переробці титану: Наказ МНС України від 22.08.2006 № 548 «Про затвердження Правил безпеки при виробництві та переробці титану» // База даних «Законодавство України»/ВР України.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1272-06#Text>

27. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці: навч. посібник, [для студ. вищ. навч. закл.]. — К.: Центр учбової літератури, 2009. - 280 с.