

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ ТА ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота
перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему Реконструкція системи газопостачання обертової
печі ПАТ «ЗапоріжВогнетрив» з метою енергозбереження

Виконав: студент V курсу,
групи ТЕ-17-1бз
спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(і назва спеціальності)

освітньої програми

«Теплоенергетика»
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Г.Р. Гамаль

(ініціали та прізвище)

Керівник ст. викладач С.Є. Чижов

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент к.т.н., доц. Ільїн С. В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплоенергетики та гідроенергетики
Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« _____ » _____ 20 _____ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

_____ Гамаль Ганні Романівні _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Реконструкція системи газопостачання обертової печі ПАТ «ЗапоріжВогнетрив» з метою енергозбереження

керівник роботи _____ ст. викладач Чижов Сергій Євгенович _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 17 » _____ січня _____ 2022 року № 91-с

1 Строк подання студентом роботи _____ 15. 05. 2022 р.

2 Вихідні дані до роботи теплова потужність печі - 1560 МДж/год.;
Температура в робочому просторі печі - 720 °С; паливо - природний газ;
Розміри робочого простору печі: діаметр, мм – 1500

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Характеристика об'єкту реконструкції. Розрахунок обертової печі. Тепловий баланс обертової печі. Заходи з енергозбереження.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Загальний обсяг графічного матеріалу за темою проекту 7 листів креслень формату А1

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перший розділ	ст. викладач Чижов С.Є.	20.02.2022	10.04.2022
Другий розділ	ст. викладач Чижов С.Є.	12.04.2022	12.05.2022

6 Дата видачі завдання 15.02.2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент _____ Г.Р. Гамаль
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ С.Є. ЧИЖОВ
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ С.Є. ЧИЖОВ
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка кваліфікаційної роботи на тему «Реконструкція системи газопостачання обертової печі ПАТ "ЗапоріжВогнетрив" з метою енергозбереження» містить 71 сторінку, 5 таблиць, 2 рисунки, 27 джерел посилань.

ОБЕРТОВА ПЧ, БАРАБАН, ПАЛЬНИК, КЛАДКА, ШАМОТ, ГАЗОВЕ ОБЛАДНАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АГРЕГАТ, ГІДРОЦИКЛОН, ВІБРОІЗОЛЯТОР, ФУТЕРОВКА, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР, ГРОХОТ, СУШКА

У першому розділі кваліфікаційної роботи дана характеристика об'єкту реконструкції, характеристика обертових печей та шамото-випального цеху, характеристика виробляємої продукції, аналіз тенденції розвитку пальників, приведені характеристики пальників ГМП-16 та М.А.С. "Unitherm Semcon" (Австрія).

У другому розділі виконаний розрахунок теплоти згоряння палива, витрати повітря на горіння, температури горіння, продуктивності печі, теплового балансу печі, коефіцієнту використання палива, газового обладнання, розрахунок економічної ефективності при застосуванні енергозберігаючих технологій.

Реконструкція дозволить:

- збільшити змінну ємність фільтруючого матеріалу;
- збільшити тривалість фільтроциклу;
- понизити кількість регенерацій.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ.....	8
1.1 Характеристика заводу ПАТ «Запоріжвогнетрив».....	8
1.2 Характеристика обертових печей.....	9
1.3 Характеристика шамото-випального цеху № 3.....	13
1.4 Характеристика виробляємої продукції.....	14
1.5 Тенденції розвитку пальників.....	20
1.6 Характеристика існуючого пальника ГМП-16.....	24
1.7 Характеристика пальника M.A.S. фірми «Unitherm Semcon» (Австрія).....	27
2 РОЗРАХУНОК ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ.....	32
2.1 Основні технічні рішення.....	32
2.2 Теплота спалювання палива.....	34
2.3 Витрата повітря на горіння.....	35
2.4 Обсяг продуктів горіння.....	37
2.5 Температура горіння.....	39
2.6 Розміри і продуктивність печі.....	40
2.7 Розрахунок видаткових коефіцієнтів по сировині і матеріального балансу.....	44
2.8 Розрахунок річної витрати палива.....	47
2.9 Газове обладнання.....	49
2.10 Розрахунок діаметру газопроводу.....	51
2.11 Розрахунок коефіцієнта використання палива.....	52
2.12 Тепловий баланс обертової печі.....	54
2.13 Заходи з енергозбереження.....	58
2.14 Розрахунок економічної ефективності застосуванням енергозберігаючих технологій.....	59
2.15 Технічне обґрунтування проектних рішень.....	62
2.16 Теоретичне обґрунтування проектних рішень.....	63
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	69

ВСТУП

Створення прогресивних технологій з мінімальними витратами матеріальних і енергетичних засобів є одним з найважливіших завдань усіх галузей народного господарства, в тому числі і будівельної індустрії, до якої належить і виробництво будівельних матеріалів і виробів.

Обертові печі в сучасному світі актуальні як ніколи, доказом тому є показники виробництва будівельних матеріалів. Якщо продуктивність печей в рік випуску першого вітчизняного алюмінію – становила (6...9) тонн на годину, то в даний час продуктивність деяких печей становить близько 100 тонн на годину по клінкеру та іншим матеріалам. Широке застосування обертових печей пояснюється низькою чутливістю до розмірів частинок оброблюваного сировини. Їх актуальність і необхідність до теперішнього часу зросла, що спричинило насамперед, наміченим зростанням обсягів виробництва енергоємної промислової продукції, при виготовленні яких обов'язкова фаза термічної обробки самих різних сировинних матеріалів.

Однією з основних складових частин технології будівельної індустрії є теплова обробка, на яку витрачається близько 30 % вартості виробництва будівельних матеріалів і виробів. Крім того, теплова обробка споживає близько 80 % від витрачених на весь виробничий цикл паливно-енергетичних ресурсів. Таким чином, створення економічних теплових процесів, що дозволяють отримувати вироби відмінної якості з мінімальними витратами палива та електроенергії, дасть можливість істотно зменшити капіталовкладення в сферу будівництва.

Обертові печі широко застосовують у різних галузях народного господарства. Вони відносяться до категорії промислових печей безперервної дії з рухом навколо поздовжньої осі обертові печі. За призначенням обертові печі дуже різноманітні – плавильні, сушильні, термічні, випалювальні тощо.

Пічні установки служать для випалу різних сипучих матеріалів, суспензій або виробів різноманітних форм і розмірів. Показником успішно проведеного

випалу є висока якість готового продукту, отриманого в результаті впливу на матеріал ряду зовнішніх факторів. Під режимом випалу розуміють сукупність температурних та аеродинамічних умов і тривалості випалу, а також характеру газового середовища, в якій відбувається випал.

Трубчастими обертовими печами прийнято називати технологічні агрегати безперервної дії з робочим простором у вигляді порожнього циліндра, якому внаслідок невеликого нахилу печі і обертання, сипучі матеріали переміщуються уздовж печі, нагріваючись за рахунок теплоти, що виділяється при спалюванні палива. У конструктивному відношенні вони відрізняються один від одного тільки розмірами корпусу та пристроєм систем завантаження і вивантаження матеріалу.

Залежно від виду технологічного процесу для трубчастих обертових печей можуть бути використані: природний газ, мазут, тверде паливо (у вигляді коксового дріб'язку або вугільного пилу). В якості спалюючих пристроїв у трубчастих печах зазвичай застосовують газові пальники типу «труба в трубі».

Кожен матеріал або виріб, в тій чи іншій конструкції печі, вимагає індивідуального режиму випалу. Різкий режим випалу відрізняється високими швидкостями підйому та зниження температури. На противагу йому м'який режим протікає при малих швидкостях підйому та зниження температури. Більшість кускових матеріалів – гіпс, вапно, цементний клінкер, глина, шамот – можна обпалювати при різних режимах. Вирішальним значенням тут для отримання якісної продукції є тривалість витримки матеріалу при максимальній температурі для завершення всіх фізико-хімічних процесів, що протікають в матеріалі при його випалюванні. Формовані ж вироби, навпаки, обпалюють при м'яких режимах. На ряду з достатньою тривалістю витримки при максимальній температурі для випалу формованих виробів характерні менші швидкості підігріву та охолодження, щоб уникнути в матеріалі явища руйнівних напружень. Оптимальний режим випалення – це сукупність всіх зовнішніх умов, що забезпечують отримання готового продукту високої якості.

Раціональна конструкція печі повинна мати всі можливості для регулювання процесу випалу по окремих його зонах для кожного виду випалювального в ній матеріалу.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ

1.1 Характеристика заводу ПАТ «ЗапоріжВогнетрив»

Завод «ЗапоріжВогнетрив» – один з найбільших підприємств в Україні з виробництва вогнетривких виробів і матеріалів високої якості. Продукція підприємства, користується попитом не тільки в Україні, а й за кордоном. Застосування високочистого імпортного та вітчизняного матеріалу (сировини) і наявність сучасного змішувального обладнання, прес механізмів фірми «Лайс-Бюхер» (Німеччина) і високоточних вагових дозаторів, дозволяє отримати вироби з високими технічними характеристиками. Багаторічний досвід і постійний облік сучасних вимог в змозі забезпечити лідируючі позиції вогнетривів з маркою ПАТ «ЗапоріжВогнетрив».

На підприємстві розроблена і функціонує «Система менеджменту якості», що визначає відповідність вимогам міжнародного стандарту «ISO 9001» 2016 р. в Німецькій системі сертифікації «ТЮФСЕРТ».

ПАТ «ЗапоріжВогнетрив» – одне з найбільших в Україні підприємств з випуску вогнетривких виробів і матеріалів високої якості, за асортиментом продукції йому немає рівних у світі. «ЗапоріжВогнетрив» – це 200 тисяч тонн вогнетривів, 5000 штук карбід кремнієвих електронагрівачів, 74 тисячі тонн неформованих матеріалів на рік. За асортиментом продукції, що випускає завод «ЗапоріжВогнетрив» не має рівних у світі.

ПАТ «ЗапоріжВогнетрив» сьогодні – це майже дві з половиною тисячі висококласних фахівців, що створюють своєю працею продукцію, відому в багатьох країнах світу. Це дружний, згуртований колектив, котрий високо підняв марку свого заводу. Це складний механізм, кожен вузол якого, виконуючи свою певну функцію, працює на вирішення спільних завдань, на досягнення спільної мети.

Продукція з маркою ПАТ «ЗапоріжВогнетрив» сьогодні відома в усьому світі. Вона користується попитом великих металургійних фірм України, країн Балтії, Європи, Азії, Африки та Центральної Америки. Високий статус

підприємства – результат розумної політики керівництва заводу, пріоритетним напрямком якої протягом багатьох років є технічне вдосконалення виробництва на основі останніх світових досягнень у сфері виробництва вогнетривів, розробка і впровадження нової високоякісної конкурентоспроможної на світовому ринку продукції.

1.2 Характеристика обертових печей

Обертові печі (див. рис. 1.1) - печі безперервної дії, працюють за принципом протитечії. Використовуються в мокрому, сухому і комбінованому способі виробництва. Працюють на будь-якому виді палива при його факельному спалюванні. Основним елементом є обертовий сталевий барабан з приводом, футерований всередині вогнетривом та опирається через бандажі на роликові опори 1. Діаметр барабана (3...5) м, довжина від 60 до 230 м. Нахил барабану (3...4) °, швидкість обертання (0,6...1,2) об/хв. З верхнього кінця печі 2 (холодний) завантажується сировина для випалу, з нижнього 3 (гарячий) вивантажується обпалений матеріал. Матеріал переміщається по довжині печі завдяки нахилу і обертанню барабана. Паливо і повітря подаються з холодного кінця печі. Після випалу матеріал прямує у холодильник.

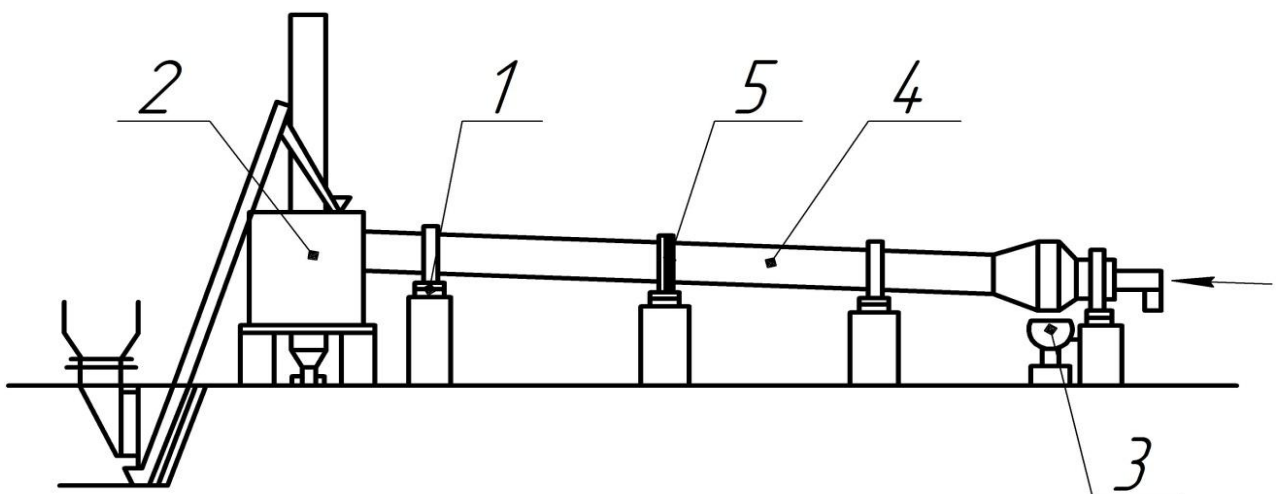


Рисунок 1.1 - Схема обертової печі

Корпус 4, виконаний з послідовно з'єднаних встик за допомогою зварювання металевих обичайок. У місцях розташування опор на корпусі виконані масивні сталеві кільця – бандажі. Приблизно по середині корпусу встановлена венцова шестерня 6. Бандажі та венцова шестерня встановлені на корпусі жорстко. У холодному кінці печі корпус нагрівається до температури (50...60) °С, в гарячому до (200...600) °С. Внаслідок нахилу печі при її обертанні відбувається сповзання корпусу в осьовому напрямку. Для сприйняття осьових зусиль і поверненню корпусу печі в колишнє положення використовується упорні ролики з гідроциклоном.

Обертання барабана здійснюється за допомогою венцової шестерні, яка входить у зачеплення з підвенцовою шестернею, з'єднаною через муфту з редуктором і електродвигуном. На печах довжиною до 150 м встановлюється односторонній привід, більше 150 м – двосторонній. Допоміжний привід потрібний для повільного обертання корпусу в період пуску охолодження і ремонту. Потужність електродвигуна основного приводу від 8 до 320 кВт.

Футеровка призначена для забезпечення можливості проведення високотемпературних процесів, захисту вихідних матеріалів, продуктів взаємодії та пічного середовища від контакту з навколишнім середовищем і для захисту металевого корпусу печі від теплового впливу. Для футеровки використовуються кислі, лужні і нейтральні вогнетривки. До кислих вогнетривів відносяться динасові на основі SiO_2 , корундові (Al_2O_3), шамотний (обпалений алюмосилікатних порід). Основні – магнезитові, доломітові, хромомагнезитові. До нейтральних – карбід-кремневі та вуглецеві.

Низькотемпературні зони печі футеруються в основному шамотом, високотемпературні – магнезитовими і хромомагнезитового вогнетривами. За рахунок утворення рідкої фази в зоні спікання футеровка покривається захисним шаром мастила, що підвищує термін її служби. Термін служби футеровки у високотемпературній зоні (1...1,5) роки, в низькотемпературній зоні (3...5) років. Холодну ділянку печі в зоні випаровування зазвичай футерують вогнетривким бетоном.

Сучасні тенденції проведення футерувальних робіт полягають в заміні штучних вогнетривів на вогнетривкі блоки.

Ущільнювальні пристрої встановлюються між обертовими кінцями печі і пов'язаними з ним нерухомими частинами та призначені для скорочення підсосу холодного повітря через зазори. У холодному кінці печі по мокрому способу виробництва в якості ущільнювального пристрою використовується прогумована стрічка. Стрічка охоплює корпус печі і ковзає по ньому при обертанні. Трос перекидається через блоки і натягується вільнопідвішеними вантажами.

З боку гарячого кінця печі використовуються в основному лабіринтові ущільнення. Лабіринтове ущільнення складається з двох пар концентрично встановлених кілець. Одна пара нерухома, друга жорстко встановлена на барабані і обертається разом з ним. Обидві групи кілець заходять один в одного і утворюють лабіринт, який створює підвищений аеродинамічний опір.

Розвантажувальна головка складається зі сталевого каркаса, футерованого всередині вогнетривом. Корпус встановлений на візок, за допомогою якої може відкочуватися від корпусу печі. У корпусі розвантажувальної головки встановлений палик або форсунка. Внизу є отвір для вивантаження матеріалу.

Пристрій для охолодження печі призначені для запобігання перегріву корпусу печі, піч в зоні спікання охолоджується, використовуючи повітряне або водяне охолодження. Охолоджується ділянка рівна шести діаметрам від гарячого кінця. Нагріті вода або повітря можуть використовуватися для технологічних цілей.

Теплообмінні пристрої призначені для поліпшення теплообміну і зниження витрати теплоти печі обладнуються внутрішніми теплообмінними пристроями – ланцюговими завісами. Ланцюгові завіси встановлюються в зоні сушки шламу. При обертанні печі ланцюги періодично омиваються шламом і газовим потоком. Перебуваючи в газовому потоці ланцюги сприймають від нього теплоту і потім віддають її шламу при зануренні. Коли ланцюги

потрапляють знову в газовий потік, при обертанні печі, на них утворюється тонка плівка шламу, яка інтенсивно висушується і в результаті зіткнення ланцюгів обсипається. Використання ланцюгової завіси дозволяє збільшити площу зіткнення шламу з газовим потоком і збільшити поверхню теплообміну. На виході з ланцюгової зони матеріал має вологість.

Обпалювальні установки мають знепилюючі пристрої для очищення аспіраційного повітря або газів, що відходять.

Склад пилу в викидних газах і повітрі по дисперсності дуже різноманітний. Поряд з великими частками понад 100 мкм є від 20 до 50 % дуже дрібних частинок менше 10 мкм. Це вимагає установки послідовно декількох (двох або трьох) знепилюючих апаратів, один з яких вловлює великі частки пилу, другий – дрібні. Застосування того чи іншого апарату залежить від цілого ряду факторів, головними з яких є наступні: кількість запиленних газів, яке необхідно очистити в одиницю часу, ступінь очищення газів, умови роботи апарату і розміри уловлюємих частинок.

Циклони встановлюють на першій ступені знепилювання. Температура газів не повинна перевищувати 400 °С, початкова запиленість повітря не більше 400 мг/м³. Циклони повністю вловлюють тільки великі частки більше 10 мкм, частинки розміром 5 мкм і щонайменше не уловлюються. Розроблені наступні конструкції циклонів: НШГаз – ЦН, ЦН-1, типу «Крейзель», СИОТ, Ліоте та ін., перші з них набули найбільшого поширення.

Електрофільтри застосовуються на другій стадії очищення газів, рідше при одностадійної схемою пилуочищення. Температура газів, що відходять не повинна перевищувати 300 °С. Відносна вологість газів – не менше 20 %.

Ступінь очищення газу (0,9...0,99) і залежить від наступних факторів:

- швидкості газів в електрофільтрі;
- довжини осаджувальних полів;
- ступеня чистоти електродів;
- розміру часток і фізичних властивостей пилу;
- вологості газів.

Чим менше швидкість газу і більше довжина осадного поля (ширина осадного електрода), тим вище ступінь очищення.

1.3 Характеристика шамотовипального цеху № 3

Обертова піч № 3 розташована в приміщенні шамотовипального цеху. Призначення печі - випал суміші глинозему та каоліну для отримання шамоту різних марок типу ШМК – 65, ШМК – 77, ШМК – 90.

В якості основного виду палива для печі застосовується природний газ з теплотворною здатністю 36827 кДж/м³.

Максимальна теплова потужність печі складає – 14,5 Гкал/год. Максимальна витрата природного газу – 1800 м³/год.

На гарячій голівці печі встановлений двупровідний пальник типу ГМП-16, що працює на природному газі.

У піч надходить попередньо підготовлена суміш шамотного матеріалу з вологістю (24...26) %. Матеріал у печі переміщується від холодного кінця до гарячої голівці, проходячи послідовно підготовчу зону і зону випалу. Рух матеріалу і теплоносія в печі - протитечійний.

Відведення димових газів від печі відбувається з пилової камери через котли утилізатори і електрофільтри за допомогою розрядження, створюваного димососом.

Відходячі гази викидаються в атмосферу через димову трубу висотою 60 м з діаметром гирла труби 2 м і температурою 130 °С.

Подача повітря для спалювання палива передбачена двома шляхами, первинний - повітря подається від вентилятора, вторинний підігріте повітря надходить з холодильника за рахунок розрядження, створюваного димососом.

Для подачі первинного повітря для спалювання встановлені паралельно два вентилятори типу ВВД-9 продуктивністю – 12000 м³/год. і напором – 400 кгс/м².

Для видалення димових газів передбачений димосос Д-20 продуктивністю – 120000 м/год. і натиском – 340 кгс/м.

Існуючий пальник призначений для роботи на коксовому або природному газі, а також їх суміші. В даний час коксовий газ на підприємство не надходить. Робота існуючої пальника тільки на природному газі не забезпечувала повного спалювання газу, підтримки необхідної температури в зоні випалу як наслідок випуску неякісної продукції.

Для підвищення ефективності роботи обертової печі фахівцями «ЗапоріжВогнетрив» прийнято рішення провести заміну існуючої пальника.

1.4 Характеристика виробляємої продукції

Шамот – це вогнетривка глина (каолін), обпалена до втрати пластичності, видалення хімічно зв'язаної води і доведена до деякої міри спікання. Назва "шамот" застосовується також щодо інших вихідних матеріалів, використовуваних для виробництва вогнетривів, обпалених до окусковання змішаних з глиною порошоків і стабілізації властивостей матеріалу.

Зерновий склад матеріалу робить величезний вплив на термостійкість, газопроникність, міцність, шлаковитримку і пористість виробів. Чим більше фракція зерен, тим пористістю вийде виріб, а значить, буде менш міцним. У хімічний склад шамоту входять такі елементи: Al_2O_3 – 42 %, TiO_2 – 0,5 %, Na_2O – 0,15 %, Fe_2O_3 – 1,0 %, CaO – 0,16 %, K_2O – 0,7 %.

Вогнетривкість – властивість протистояти не розплавляючись, впливу високих температур. Шамотна глина має показник вогнетривкості вище 1580 °С. Зазначена здатність досягається за рахунок малого вмісту домішок в глині. Такі глини використовують для виробництва порцеляни, фаянсу і вогнетривких виробів.

Технічні характеристики шамотної глини :

- вміст води не більше 5 %;
- вогнетривкість становить від 1530 до 1830 °С;

- залежно від складу, водопоглинення – 7,8 %;
- середній розмір зерна – 1,9 мм.

Найважливішими фізико-керамічними властивостями вогнетривких глин є пластичність і зв'язність, повітряна і вогнева усадка, спікання і вогнетривкість. Найбільш характерною властивістю вогнетривких глин є пластичність. Цією властивістю називають здатність зволжених глин під дією незначних зовнішніх зусиль змінювати свою форму без появи тріщин і зберігати її в статичному стані.

Пластичні властивості глин проявляються лише в суміші з водою і з деякими іншими рідинами. Ці властивості залежать від ряду факторів:

- мінерального складу;
- ступеня дисперсності і форми частинок глини;
- присутності в ній електролітів і гумусових речовин;
- взаємин дисперсної фази (глинистих частинок) і дисперсійного середовища (води або іншої рідини).

Пластичність є оборотною властивістю глин при нагріванні їх до (110...150) °С. Підвищення температури нагрівання до (450...600) °С поступово погіршує цю властивість, після завершення процесу дегідратації глини пластичність може зовсім зникнути. Пластичні властивості глини легко знизити введенням отощувача, підвищується ж пластичність глин тільки після тривалого їх вилежування або тонкого подрібнення або ж при додаванні електролітів.

Зайва пластичність глин може бути усунена шляхом введення в них непластичних (оточуючих) добавок або додаванням малопластичних глин. При недостатній пластичності глину відмочують, звільняючи її від піску, піддають вилежуванню на відкритому повітрі, подрібнюють на спеціальних машинах, обробляють парою, вакуумують, а також додають пластичну глину. В результаті підвищується дисперсність глин, поліпшується їх набухання та підвищуються пластичність і формувальна здатність.

Єднальна здатність глини виражається в тому, що глина може зв'язувати частинки непластичних матеріалів (піску, шамоту та ін.) і утворювати при висиханні досить міцний виріб - сирець. Зв'язність - зусилля, необхідне для роз'єднання часток глини. Зв'язність глин обумовлена малою величиною і пластинчастою формою частинок глинистої речовини. Високої зв'язністю володіють глини, що містять підвищену кількість глинистих фракцій.

За кількістю сполучного піску кожна вогнетривка глина відноситься до однієї з чотирьох груп:

- єднальна – 50 % піску;
- пластична – (20...50) % піску;
- худа – 20 % піску;
- каменеподібна (сухарі і сланці) – не утворює тіста і не пов'язує.

Повітряна усадка характеризується зменшенням довжини зразка, виготовленого з пластичного тіста і висушеного до постійної маси, і виражається у відсотках до початкового розміру. Колювання повітряної усадки вогнетривких глин знаходиться в межах (3...11) %. Найбільшу усадку мають глини з високою пластичністю («жирні»), а найменшу – малопластичні («худі»).

Через велику усадку глин при сушці і випаленні з одних глин важко виготовляти вироби правильної форми і точних розмірів, тому в технології, наприклад, шамотних вогнетривків до глин додають шамот. Кількість додається шамоту залежить від сполучної здібності глин. Чим вище пластичність глин, тим вище їх єднальна здатність. Однак єднальна здатність і пластичність - це різні властивості.

Вогнева усадка глин – зміна розмірів і об'єму при випалюванні виробу. При випалюванні найбільш легкоплавкі з'єднання глини переходять у стан рідини, яка обволікає речовини, що не розплавилася і частково заповнює проміжки між ними. Часткове плавлення глини і дія сил поверхневого натягу рідкої фази викликають зближення твердих часток випалюваної глини і обсяг її зменшується, тобто відбувається вогнева усадка. При великому вмісті в глині

кварцового піску може не бути усадки або навіть відбудеться розширення матеріалу, що пов'язано з переходом кварцу при нагріванні в іншу кристалічну форму зі збільшенням обсягу. Вогнева усадка глин може бути (2...6) %. Повної усадкою глин називають суму повітряної та вогневої усадок. Повна усадка зазвичай становить (5...18) %. Для отримання виробів із заданими розмірами повну усадку враховують при формуванні, відповідно збільшуючи розміри сирцю.

У більшості вогнетривких глин вогнева усадка починається при (600...650) °C і протікає повільно та рівномірно до (900...1000) °C. Вище цієї температури усадка йде інтенсивно і закінчується при (1250...1400) °C. Присутність кремнезему внаслідок його зростання при випалюванні в значній мірі компенсує усадку глин.

Температура спікання – температура, при якій глина повністю спікається, тобто втрачає після охолодження здатність вбирати воду. Інтервал спікання вогнетривких глин – 400 °C. Вогнетривкі глини (та вироби з них) протистоять дії високих температур, не деформуючись і не розплавляючись.

Вогнетривка глина зазвичай має білий або сіро-білий колір. До її складу входять каолініт і гідрослюди. Такі глини використовують для виробництва вогнетривкої цегли та інших жароміцних виробів. Вогнетривкі глини повинні витримувати при випалюванні температуру не менш 1580 °C. Після випалу вироби з даної глини стають непроникними для води.

Завдяки таким властивостям шамотна глина широко використовується для кладки печей. З неї виготовляють спеціальний вогнетривку цеглу, яким викладається внутрішня частина печі – топка. Причому як сполучний розчин використовується все та ж глина для печі.

Робочий склад отримують за допомогою випалу в спеціальній печі, що обертається при температурі (1300...1500) °C. Спочатку її дроблять на спеціальних млинах, щоб отримати шамот мелений, а потім вводять іншу масу. Також застосовується бита вогнетривка цегла з таким же хімічним складом,

який повинен бути очищений від розчину і мати низький вміст домішок, не більше 10 %.

Шамот готується шляхом випалу кусковий глини або приготованих з неї на прес-вальцях з вологістю до 25 % брикетів в обертових або шахтних печах при максимальній температурі (1320...1340) °С. Ступінь спікання шамоту характеризується водопоглинанням, яке зазвичай становить від (2...3) до (8...10) % (для "низьковипаленого" шамоту (20...25) %). Після дроблення та подрібнення шамот застосовують як отошувач (зменшення пластичності і усадки при сушці і випаленні) компонента шамотних мас при формуванні виробів (або, відповідно, високоглиноземистих та інших вогнетривів). Обпалений шамот дроблять у щоккових дробарках. Тонкий помел здійснюється в кульових млинах або помольних бегунів до зерен таких розмірів:

- (1...3) мм – (25...35) %;
- (0,52...1) мм – (20...30) %;
- менше 0,52 мм – (35...45) %.

Розсіяний на грохотах до зазначених вище розмірів зерен шамот поступає в роздільні бункера з дозувальними пристроями. Приготування маси, з якої готують шамотний сирець, проводиться в змішувальних бігунах, куди надходять в необхідних кількостях, і певних фракцій: шамотний порошок, отриманий шляхом випалу глини, вогнетривка глини, а також подрібнений шамотний бій, що виходить при ремонті промислових печей. Вологість маси при напівсухому пресуванні коливається в межах від 8,5 до 10 % і при пресуванні з пластичних мас – від 15 до 18 %.

Вироби з пластичних мас пресуються на стрічкових пресах при питомому тиску (15...20) кгс/см² і потім на допресувальних (фрикційних або ексцентрикових) пресах при тиску (30...40) кгс/см². При пресуванні сирцю з напівсухих мас застосовують механічні преси з питомим тиском (100...600) кгс/см².

Сушка сирцю для зменшення його вологості і збільшення механічної міцності перед випалюванням ведеться в тунельних і конвеєрних сушарках при

температурі (100...120) °С для виробів, виготовлених з пластичних мас, і (120...200) °С для виробів, виготовлених з напівсухих мас. Вологість сирцю після сушіння становить (2...4) %.

Випал шамотних виробів проводять в періодичних, газокамерних і тунельних печах при максимальній температурі випалу (1250...1380) °С, в залежності від природи вихідної сировини, протягом (60...100) год. (в тунельних печах). Вироби по всій поверхні зламу повинні мати однорідну будову, без пустот і розшарувань. Зерна шамоту не повинні фарбували. Після охолодження шамотні вироби сортують і відправляють споживачеві.

Шамотні вогнетривкі вироби є найбільш поширеними матеріалами для кладки промислових печей та їх допоміжних пристроїв до температури (1350...1400) °С, тобто температур, при яких шамотні вироби починають деформуватися під навантаженням 2 кгс/см².

Об'ємну масу і щільність шамоту можна визначити при звичайній температурі. Ці властивості впливають на показники вогнетривких матеріалів під впливом високих температур. Це найважливіші якісні показники для вогнетривких шамотних виробів.

Якщо потрібно знизити загальну вагу споруди або підвищити теплоізоляцію, використовуються легковагі вогнетриви. До їх складу входять:

- шамот легковаговий;
- чисті жирні глини;
- суміш з деревної тирси;
- торфу або інших органічних речовин.

Основними перевагами шамотних виробів є термостійкість (до 1800 °С), довговічність, стійкість до несприятливих погодних умов, міцність, морозостійкість. Приміром, цегла з такого матеріалу здатний перенести (25...30) циклів заморожування-відтавання. На відміну від гіпсу або бетону, шамотна цегла не вицвітає.

Для виготовлення шамотних або напівкислих вогнетривів глину, попередньо відсортовану від забруднених шматків, обпалюють в печах, після

чого розмелюють спочатку на шокові дробарці, а потім на бегунах просівають. Підготовлений порошок обов'язково піддають очищенню для видалення домішок апаратного заліза, яке викликає утворення бульбашок в скломасі і зафарбовування скла. Зберігати глину необхідно в умовах, що виключають її розмивання і забруднення.

При дуже частому нагріванні-охолодженні вироби втрачають свою міцність. Також при виробництві шамоту відбувається викид великої кількості пилу і використовується спеціальна хімічна смола, яка при випаленні завдає шкоди навколишньому середовищу.

Крім кладки печей, вогнетривка глина може бути використана для виготовлення мертелів, вогнетривких мас і обмазок. Для цих цілей використовується вогнетривка глина марок ПГА, ПГБ. Крім того, з шамотної вогнетривкої глини роблять декоративну плитку, малі архітектурні форми, керамічні вироби та фарфоро-фаянсові вироби, а також виготовляють тиглі для плавки золотих і срібних сплавів.

У минулому столітті плитка з шамоту набула широкого поширення. Їй облицьовані відомі споруди: універмаг «Україна», Центральний гастроном та інші. Після півстоліття фасад з шамоту не тільки не втратив своєї привабливості, а й погодні умови ніяк не вплинули на обробку таких фасадів.

1.5 Тенденції розвитку пальників

Проблема ефективного використання палива є вкрай актуальною як в даний час, так і в осяжному майбутньому.

Основні вимоги експлуатації до пальникового обладнання обертових печей:

- управління процесом випалу, що включає в себе регулювання як довжини зони спікання, так і теплових потоків в ній не тільки витратою палива, що спалюється, але також і зміною в максимально широкому діапазоні форми та інтенсивності полум'я;

- стабільне горіння і незмінна форма полум'я для стаціонарних умов;
- чітке введення печі в експлуатацію та виведення з неї;
- надійність в експлуатації, простота настройки та обслуговування пальників;
- максимальне зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Газові пальники 1950-60-х років характеризувалися, зокрема, відсутністю каналу для первинного повітря. У ті роки було широко поширена думка, що висока швидкість витікання природного газу з сопел пальника забезпечує хороше його змішування з вторинним повітрям і первинне повітря є надлишковим. Крім того, потрібна певна додаткова витрата теплової енергії на нагрів в печі первинного повітря. Регулювання форми полум'я намагалися досягти за допомогою зміни величини закрутки потоку газу в одному або двох каналах. Великий ступінь закрутки потоку газу утворює коротке, інтенсивне полум'я, менший – довге полум'я слабкої інтенсивності. Це досягається зміною швидкості газу в тангенціальному завихорювачі або зміною співвідношення між прямоточним і вихровим потоками газу.

Одним з недоліків пальників без первинного повітря є їх украй низька експлуатаційна надійність. Будь-яке порушення в системі газопостачання або автоматиці пальників (наприклад, в реле контролю горіння) призводить до її перегріву і виходу з ладу. Як закономірне завершення розвитку газових пальників без первинного повітря була розроблена конструкція із замкнутим, повітроохолоджувальним зовнішнім каналом.

Розвиток практики і теорії процесу випалу виявили також значні «аеродинамічні» недоліки процесу горіння газу без потоку первинного повітря:

- регулювання форми полум'я досягається тільки на дуже короткій ділянці поблизу пальника, так як газові струмені кільцевої форми мають малу глибину проникнення в простір печі;
- затягнутий процес змішання природного газу з вторинним повітрям і внаслідок цього неможливість отримання полум'я високої інтенсивності. Погане змішання палива з повітрям призводить до утворення нестабільного

коливного полум'я розмитої форми, що приводить до швидкого зносу футеровки печі і до погіршення якості продукту;

- регулювання температури в зоні спікання практично досягається тільки зміною кількості палива, що спалюється, яке, в свою чергу, однозначно визначає довжину зони спікання, тобто повністю відсутня можливість роздільного регулювання температури матеріалу і довжини зони декарбонізації. Це обмежує виробничу потужність печі, не дозволяє досягти високої якості клінкеру і призводить до підвищеного питомій витраті палива.

Теоретичні дослідження і виробничий досвід привели до того, що практично всі фірми перейшли до випуску так званих багатоканальних пальників, мають підведення первинного повітря.

Пальники другого покоління мали і мають просту двоканальну систему подачі первинного повітря в факел.

Один з каналів таких пальників оснащений завихорювачем (вихровий канал), а інший - ні (прямоточний канал). Шляхом розподілу первинного повітря по цих каналах досягається подовження факела (менша закрутка потоку первинного повітря) або укорочення (велика закрутка потоку первинного повітря). Розподіл первинного повітря по каналах здійснюється або заглушками, або шляхом зміни площ вихідного перетину відповідних сопел за допомогою осьового переміщення внутрішньої труби каналу з соплом.

Досвід експлуатації пальників даної системи виявив, однак, ряд їх недоліків:

- складність управління формою факела внаслідок наявності великої кількості засобів управління – двох заглушок і пристроїв для осьового переміщення каналів;

- вузький діапазон регулювання форми полум'я, так як зміна ступеня закрутки первинного повітря при перерозподілі повітря досить незначне;

- подача первинного повітря по двох концентричних каналах призводить до підвищених втрат його тиску, тобто до зниження швидкості закінчення

первинного повітря з сопел і втрат енергії, вкрай необхідної для його змішування з паливом і з атмосферою печі;

- витікання первинного повітря у формі концентричних різноспрямованих струменів, в результаті зіткнень яких утворюється новий струмінь, що призводить до втрат кінетичної енергії первинного повітря, при цьому знижується інтенсивність горіння, зменшується зона рециркуляції гарячих газів в центрі полум'я і, тим самим, сповільнюється займання палива;

- при регулюванні форми факела шляхом розподілу повітря по двох каналах неминуче знижується або загальна витрата первинного повітря через пальник, або швидкість його закінчення через аксіальне/радіальне сопло, тобто знижується енергія (імпульс) первинного повітря в просторі печі, що призводить до зменшення стабільності факела та зниження ефективності горіння палива.

З метою усунення перерахованих вище недоліків фірма Unitherm Semcon прийняла рішення розробити принципово нову конструкцію пальника. Основними технологічними завданнями, поставленими при розробці цієї конструкції, були наступні:

- досягти максимально простого регулювання форми полум'я, налаштування нової форми повинне здійснюватися протягом кількох секунд;

- забезпечити регулювання форми полум'я без зміни енергії (імпульсу) струменя первинного повітря, тобто витрата первинного повітря і швидкість його закінчення повинні залишатися постійними при будь-якій формі полум'я;

- інтенсифікувати згорання палива в зоні спікання і при цьому знизити теплове навантаження на футеровку печі шляхом усунення піків температури внаслідок інтенсивної рециркуляції продуктів згорання в центрі факела;

- значно збільшити діапазон регулювання форми полум'я;

- забезпечити надійне охолодження зовнішнього кожуха пальника і соплового апарату при будь-якій формі полум'я.

У результаті трирічних проектних робіт вдалося знайти, єдине конструктивне рішення, що дозволяє досягти заданої мети. Пальник типу MAS фірми «United Semcom», Австрія, в якому застосовано ефективне рішення регулювання закрутки потоку газу (довжини факела) в широких межах.

Наявність в пальнику M.A.S. термокарбюратора дозволяє змінити світимість полум'я і, відповідно, змінювати величину температури в зоні випалу печі.

Пальник M.A.S. дозволяє працювати з меншою кількістю первинного повітря і за рахунок використання теплоти підігрітого повітря з холодильника печі знизити питому витрату палива на випал вироблюваної продукції.

1.6 Характеристика існуючого пальника ГМП-16

Пальники розроблені науково-виробничим об'єднанням з дослідження й проектування енергетичного обладнання ім. І. І. Ползунова. Пальник складається з форсуночного вузла 1 з основною форсункою 2, розташованою по осі пальника і резервного 3, розташованої нижче за кутом 6° до горизонталі газової частини лопаткового завихрювача (правого або лівого обертання), вузла захлопів для автоматичного закриття повітряного клапана при знятті форсунок.

Пальник оснащений паро-механічною форсункою.

Конструктивні особливості пальника ГМП-16 наведені на рисунку 1.2.

Газова частина пальника складається з кільцевого колектора 4 в перетині прямокутної форми з одним рядом газовипускних отворів і Г-образної підвідної труби 5. Усередині колектора приварена розділова обичайка для рівномірного розподілу газу за об'ємом. До торця колектора приєднаний кільцевий обід 6 напівкруглої форми для забезпечення плавного входу повітря в повітря направляючого пристрою, основним елементом якого є лопатковий завихорювач.

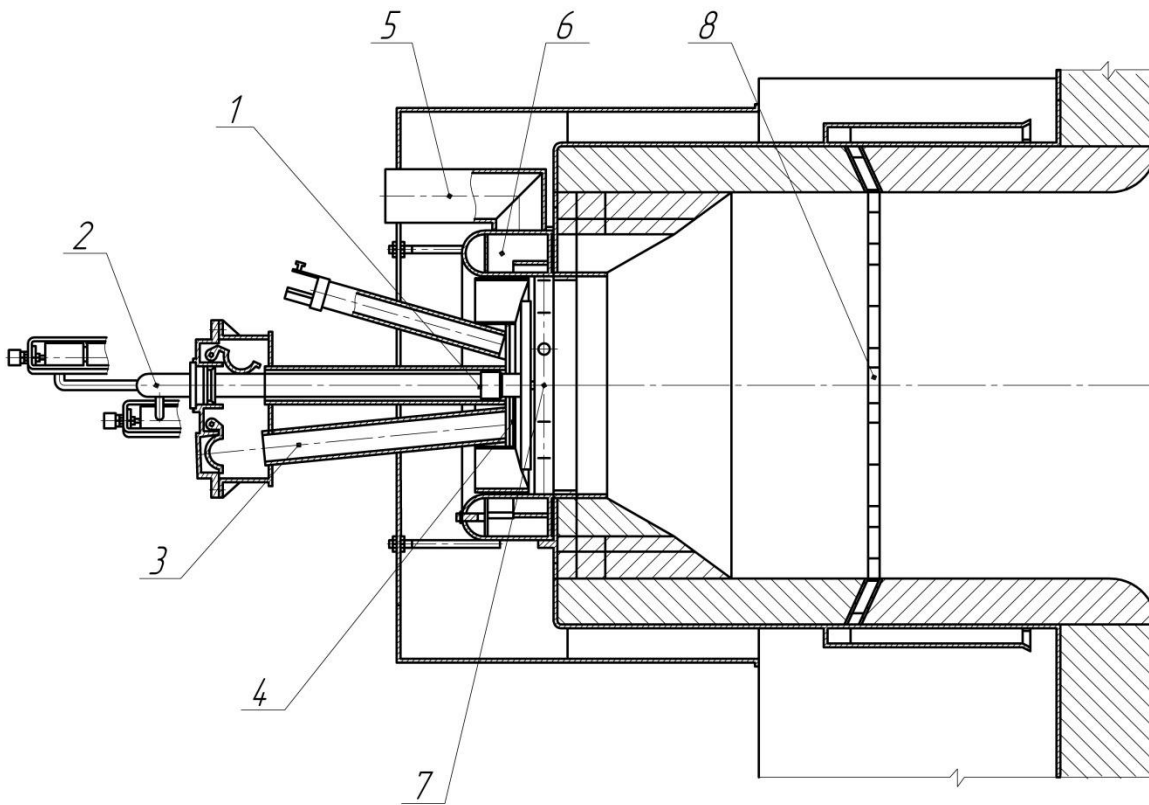


Рисунок 1.2 - Пальник ГМП-16

У пальника амбразура виконана у вигляді камери згорання з поділом загального потоку по двох каналах. Один потік повітря (первинний) подається в амбразуру через завихорювач 7 в кількості близько 70 % від його загальної витрати. Цей потік при змішуванні з паливом формує перший ступінь зони горіння. Інше повітря подається в камеру згорання через периферійний тангенціальний завихорювач 8. Цей потік повітря сприяє інтенсифікації змішування в амбразурі і допалюванню продуктів неповного горіння.

Така схема організації горіння, крім того, дозволяє підвищити радіаційні характеристики газового факела, що зменшує відмінність між теплообмінними властивостями факелів при заміні виду палива. Двоступінчате спалювання палива також дозволяє знизити концентрацію оксидів азоту в продуктах спалювання.

Важливим показником роботи пальників є відсутність коксування пальникової амбразури. Особливе значення це має для пальників ГМП-16. Для виключення коксування форкамери кут розкриття мазутного аерозолю на

виході з форсунки (конус розпилювача) повинен бути не більше 30° . Тиск пари, що подається на розпорошення мазуту, має бути не менше 0,25 МПа в усьому діапазоні зміни теплового навантаження пальника.

При пуску пальника тиск мазуту необхідно підтримувати в межах (0,05...0,07) МПа. В'язкість палива повинна бути не менше 3 (температура підігріву не нижче 120°). Тиск газу при пуску пальника повинен бути в межах (0,5...1) кПа.

При необхідності ремонту або обслуговування основної форсунки вставляють в своє місце резервну і запалюють мазут від основного факела.

Резервна форсунка призначена тільки для короткочасної роботи на період вимкнення основної.

Основні характеристики пальника ГМП наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики пальника ГМП-16

Найменування параметра	Значення	Одиниця виміру
Номінальна теплова потужність	18,8	МВт
Номінальна витрата палива (при роботі на мазуті)	1880	м ³ /год.
Номінальний тиск:		
- газу	25	кПа
- мазуту	1,8	МПа
- повітря	3,5	кПа
Коефіцієнт витрати повітря	1,05	-
Коефіцієнт робочого регулювання	5	-
Довжина факелу на мазуті	6,5	м
Кількість газовипускних отворів	16	шт

1.7 Характеристика пальника M.A.S. фірми «Unitherm Semcon» (Австрія)

Фірма «Unitherm Semcon» розробила пристрій з регульованим ступенем перемішування газу і первинного повітря за рахунок застосування гнучкого пристрою закрутки потоків, що складається з броньованих шлангів. Закрутці може піддаватися або потік первинного повітря, або потік газу. Останнє видається більш раціональним, так як потік повітря виконує не тільки функцію компонента горіння, але і є середовищем для охолодження корпусу пальника. Винахід відноситься до обладнання теплотехнічних агрегатів, зокрема до пальникових пристроїв обертових печей, камер згоряння газотурбінних установок, топок парогенераторів, і може бути використане в металургійній промисловості і промислової теплотехніці. Крім того, винахід може бути використано скрізь, де виникає необхідність у змішуванні потоків текучих середовищ і керування формою факела розпилюючих речовин, наприклад, в реактивних пальниках і обладнанні для напилювання покриттів, в побутових і промислових струменевих розпилювальних пристроях, що застосовуються при фарбуванні і напилюванні різних покриттів на поверхні.

Пальник складається з коаксіально розташованих труб, що утворюють три канали:

- зовнішній – для подачі первинного повітря;
- середній – для подачі природного газу;
- центральний – для розміщення запального пристрою, форсунки або введення додаткової кількості природного газу.

У пальнику M.A.S. сопловий апарат для первинного повітря являє собою систему гнучких жаростійких металевих шлангів (12...15 шт.), вбудованих в канал первинного повітря.

Таким чином, первинне повітря надходить в зовнішній канал пальника і далі через металеві шланги зі спеціальними соплами – в простір печі у виді окремих дискретних струменів. Металеві шланги встановлені таким чином, що їх можна одночасно згинати в тангенціальному напрямку щодо осі пальника за

допомогою пристрою управління, встановленого на холодному кінці пальника. Можливий кут вигину становить від 0° (паралельно осі пальника) до 40° .

Пристрій управління – це тільки одна рукоятка ручного приводу, за допомогою якої здійснюється одночасний вигин гнучких шлангів, і шкала, що показує, в якому становищі перебувають шланги.

Таким чином, зміна форми полум'я здійснюється протягом декількох секунд за допомогою тільки одного органу управління. Даний пристрій також легко автоматизується для дистанційного керування формою полум'я за допомогою електроприводу.

Так як при різних формах факела кількість первинного повітря і швидкість його закінчення з сопел шлангів залишаються постійними, то, природно, енергія і імпульс первинного повітря також залишаються постійними і максимальними для встановленого вентилятора первинного повітря, що важливо для збільшення як ефективності горіння, так і стабільності полум'я.

Однією з найважливіших особливостей системи є витікання первинного повітря у вигляді окремих струменів, на відміну від пальників попереднього покоління, де має місце концентричний струмінь первинного повітря. Як відомо з теорії вільних струменів і теорії горіння, багатоструменеві витікання різко інтенсифікують процеси змішання середовищ у вільному просторі, тобто інтенсифікують горіння. Простим наочним підтвердженням цього є звичайна газова конфорка. При знятті з неї кришки, що має ряд отворів, полум'я багаторазово подовжується і стає дуже млявим. Якщо не стався обрив полум'я, то споживання газу з одноструменевою конфоркою буде вище, ніж спочатку з багатоструменевим. Покращене змішання середовищ при використанні багатоструменевих систем пояснюється тим, що така система засмоктує в себе на ділянці однакової довжини набагато більше навколишньої маси, ніж одноструменевими. В умовах обертової печі засмоктуєма струменями маса складається з палива, гарячого вторинного повітря і рециркулювання продуктів згоряння. Продукти згоряння, які повертаються в полум'я, не беруть участь в горінні і знижують пікову температуру в ядрі полум'я. Тобто, незважаючи на

високу інтенсивність горіння, факел має більш рівномірну температуру по довжині, без локальних піків, що сприятливо діє на термін служби вогнетривкої футеровки печі.

У традиційних пальниках регулювання форми полум'я досягається зміною ступеня закрутки сумарного потоку первинного повітря. У теорії закручених струменів для характеристики ступеня закрутки потоку використовується коефіцієнт закрутки струменя, що відображає співвідношення тангенціального і прямого компонентів імпульсу струменя первинного повітря. Для пальників даного типу коефіцієнт закрутки знаходиться в межах від 0,05 до 0,35, що дозволяє змінювати довжину факела в межах 10 %.

У пальниках М.А.С. регулювання форми факела здійснюється на абсолютно іншому принципі. А саме, окремі струмені первинного повітря, що минає з соплового апарату пальника, не мають ніякої закрутки – вони прямоочні при будь-якому вигині шлангів, і теорія закручених струменів до них не придатна. Якщо шланги встановлені паралельно осі пальника без вигину, то струмені первинного повітря, виходячи з пальника, зливаються один з одним на відстані приблизно (300...500) мм від сопел. При максимальному вигині шлангів струмені первинного повітря закінчуються під кутом (40...45) ° в тангенціальному напрямку до осі пальника. При цьому струмені розходяться один від одного і на всій довжині залишаються ізольованими, дискретними. З теорії дискретних струменів відомо, що при поділі однієї струменя на N струменів їх довжина (і відповідно довжина зони змішання) зменшується пропорційно кореню з N . Так як кількість струменів в пальнику М.А.С. становить (12...15), їх довжина, і відповідно довжина зони змішання палива та горілочного повітря, коротшає в 3,5 рази, що дозволяє зменшити довжину факела на (30...40) % порівняно з вісепаралельним варіантом витікання. Такого діапазону регулювання не досягає жодний пальник іншої конструкції.

Вельми важливо також те, що в пальниках системи М.А.С. є тільки один канал для подачі первинного повітря, що прилягає до зовнішнього кожуха.

Таким чином, при будь-якій формі полум'я весь потік первинного повітря омиває зсередини зовнішній кожух і надійно охолоджує його, що дозволяє повністю усунути можливість його прожога.

Зовнішній корпус пальника, наявний всередині обертової печі, ізольований шаром вогнетривкого бетону.

Пальник встановлюється на спеціальній монтажний візок який призначений для:

- введення пальника в робочий об'єм печі й вилучення його з печі при планових або аварійних роботах;

- регулювання кута нахилу осі пальника щодо обертової печі у вертикальній і горизонтальній площині;

- розміщення обладнання для подачі в пальник первинного повітря.

Візок має платформу, оснащену двома колісними парами, що переміщається по рейкової колії. На платформі встановлена стійка, посилена ригелями. Верхній майданчик виконаний рухомим. З боку зверненого до печі, майданчик має опору у виді карданного шарніра. На протилежному боці майданчика є ручний підйомний і поворотний механізми, за допомогою яких можна змінювати кут нахилу пальника до горизонту і бічне відхилення.

На платформі візка встановлений електричний привід з редуктором, що забезпечує переміщення її відносно печі і реверс. У разі виходу з ладу основного електроприводу візок повинен відділятися від печі приводом з незалежним джерелом електроживлення. Вентилятор, що встановлюється на платформі, приєднується до пальника за допомогою м'якої вставки.

Регулювання довжини та форми факела здійснюється за допомогою поворотного механізму, який забезпечує обертання центральної труби пальника і поворотного циліндра разом з кільцем. При цьому відбувається вигин шлангів і зміна ступеня змішування газу з первинним повітрям.

При максимальному згинанні – факел короткий і широкий;

При мінімальному вигині – факел довгий і вузький.

Особливістю пальника є незначна зміна опору пальника при регулюванні характеристик факела по тракту подачі первинного повітря і практична відсутність впливу регулювання на опір по тракту подачі природного газу.

Технічні характеристики пальника M.A.S. наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики пальника M.A.S.

Найменування параметру	Значення	Одиниця виміру
Витрата природного газу	8	тис. м ³ /год.
Номінальний тиск газу	0,12	МПа
Діапазон зміни витрати газу	(3...14)	тис. м ³ /год.
Діапазон зміни тиску газу	(0,04...0,4)	МПа
Номінальна витрата первинного повітря	4	тис. м ³ /год.
Діапазон зміни витрати повітря	(2...7)	тис. м ³ /год.
Напор вентилятора	(6...16)	кПа

2 РОЗРАХУНОК ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ

2.1 Основні технічні рішення

Згідно проекту передбачається заміна встановленого на печі № 3 пальникового пристрою на пальник типа M.A.S. фірми «Unitherm Semcon», що працює на природному газі середнього тиску.

Газопостачання печі виконується трубопроводом $D=150$ мм з установкою на газопроводі сучасної запірної та регулюючої арматури.

Технологічний облік споживання газу передбачається за допомогою ультразвукового лічильника «Курс-01»-Б-G1000 і коректора витрати газу типа В-25 з можливістю передачі інформації по витраті газу в диспетчерський пункт підприємства.

Видалення продуктів згорання передбачено існуючим димососом Д-20 в існуючу димову трубу з діаметром – 2 м і висотою – 60 м.

Для зниження температури димових газів використовуються існуючі котли-утилізатори і електрофільтри для очищення їх від пилу.

Подача первинного повітря для горіння передбачена вентилятором високого тиску типа RX-MX, що входить в комплект поставки пальника.

Для контролю за концентрацією кисню в димових газах після печі, використовується газоаналізатор типа СКСТ (Система Контролю Спалювання Газу) з датчиком-пробовідбірником в пиловий камері. Вимірювана величина концентрації кисню в димових газах фіксується на самописному вторинному приладі.

Підтримка оптимальної величини надмірного кисню в димових газах після печі досягається шляхом зміни кількості вторинного повітря, що надходить в гарячу головку за рахунок регулювання розрідження в пиловий камері.

Конструкцією пальника передбачено зміну довжини факела пальника і кута атаки факела по відношенню до поздовжньої осі печі.

Пальник M.A.S. прямоточний без попереднього змішування палива і повітря з подачею близько 10 % первинного повітря від теоретично необхідного. Пальник складається із зовнішнього кільцевого каналу подачі первинного повітря і внутрішнього кільцевого каналу для подачі центрального повітря. По центру пальника розміщена напрямна труба, в якій встановлюється запальний пальник. Природний газ надходить в кільцеву камеру між каналами повітря, яка має по периметру відводи з гнучкими жароміцними шлангами і вихідними соплами.

У пальнику встановлений регулятор закрутки потоку газу зі шкалою, який дозволяє змінювати положення вихідних сопел газу в діапазоні від 0° до 40° в тангенціальному напрямку щодо осі пальника. Позиція регулятора з мінімальним вигином шлангів відповідає максимально довгому полум'я. Максимальний вигин шлангів забезпечує короткий факел пальника.

У центральний канал пальникового пристрою вбудований термокарбюрізатор, що дозволяє змінювати світність факела пальника. Термокарбюрізатор має окремий підвід газу та повітря з регулюючими вентилями, за допомогою яких можна підтримувати необхідну температуру в зоні випалу.

Конструкція пальника забезпечує позонне горіння, що дозволяє знизити викиди шкідливих речовин в атмосферу. Вміст забруднюючих речовин у продуктах згорання, наведений до температури 273 К, тиску 101,3 кПа і вмісту кисню 3 % в продуктах згорання газу, знаходиться в межах допустимих норм: CO – не більше 250 мг/м³, NO₂ – не більше 500 мг/м³.

Зовнішній корпус пальника, що знаходиться в високотемпературній зоні печі, ізолюваний шаром вогнетривкого бетону.

Для запобігання перегріву вихідних сопел пальника передбачається постійна подача повітря для їх охолодження. При падінні тиску повітря на пальник, передбачена аварійна сигналізація з подальшим включенням аварійного вентилятора і видаленням пальника з гарячої головки печі.

2.2 Теплота спалювання палива

Теплота спалювання палива - це кількість теплоти, що виділяється при повному згоранні всіх горючих складових палива, віднесена до 1 м³ газоподібного палива.

При спалюванні палива вода, що міститься в продуктах згорання, знаходиться в пароподібному стані. Витрачаєма при цьому внутрішня теплота пароутворення залишається невикористаною внаслідок високої температури відхідних газів. Тому прийнято користуватися нижчою межею теплоти згорання. Враховуючи, що на випаровування 1 кг вологи йде 2500 кДж, зв'язок між вищою і нижчою теплотою згорання можна представити формулою, кДж/м³

$$Q = Q_g - 2500 \cdot W$$

де W - вміст вологи в продуктах згорання, %.

Для газоподібного палива нижча теплота згорання визначається як сума добутоків теплових ефектів складових горючих газів на їх кількість, кДж/м³

$$Q_n = 358,2C_{H_4} + 637,5C_{H_6} + 912,5C_{H_8} + 1186,5C_{H_{10}} + 1460,5C_{H_{12}}$$

$$Q_n = 358,2 \cdot 92,653 + 637,5 \cdot 3,797 + 912,5 \cdot 0,792 + \\ + 1186,5 \cdot 0,246 + 1460,5 \cdot 0,082 + 1736,2 \cdot 0,082 = 36885,6$$

Складові виражені в об'ємних відсотках і наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 1.1 - Склад палива

	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₆ H ₁₄	N ₂	CO ₂	O ₂
%	92,653	3,797	0,792	0,246	0,082	0,082	1,503	0,841	0,004

Для порівняння розрахунків користуються умовним паливом з нижчою теплотворною здатністю $Q_n = 29300$ кДж/кг.

Переклад будь-якого палива в одиниці умовного палива проводиться за допомогою теплового еквівалента для природного газу

$$\mathcal{E}_m = \frac{Q_n}{29300} = \frac{36885,6}{29300} = 1,26$$

2.3 Витрата повітря на горіння

Спожита кількість повітря для горіння палива визначається за теоретичною кількістю кисню з реакції окислення з урахуванням деякого надлишку.

Повітря містить 79 об'ємних відсотка азоту і 21 об'ємний відсоток кисню.

Теоретично необхідний для горіння витрата сухого повітря для газоподібного палива, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$L_0 = 0.0476(2CH_4 + 3.5C_2H_6 + 5C_3H_8 + 6.5C_4H_{10} + 8C_5H_{12})$$

$$L_0 = 0.0476(2 \cdot 92,653 + 3,5 \cdot 3,797 + 5 \cdot 0,792 + 6,5 \cdot 0,246 + 8 \cdot 0,082 + 9,5 \cdot 0,082) = 9,79$$

При вологовмістності d ($\text{г}/\text{кг}_{\text{сх.повітр.}}$) витрата атмосферного повітря, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$L'_0 = (1.0016d) \cdot L_0$$

$$L'_0 = (1 + 0,0016 \cdot 10) \cdot 9,79 = 9,95$$

З урахуванням коефіцієнта надлишку повітря α дійсний витрата сухого повітря, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$L_a = \alpha \cdot L_0$$

$$L_a = 1,2 \cdot 9,79 = 11,75$$

Дійсний витрата атмосферного повітря при вологовмісту d , $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$L'_a = (1 + 0,0016d) \cdot L_a$$

Якщо задатися $d=10$ $\text{г}/\text{кг}_{\text{сух.возд.}}$, то

$$L'_a = 1,016 \cdot L_a$$

$$L'_a = 1,016 \cdot 11,75 = 11,94$$

Загальна витрата сухого повітря при спалюванні B , $\text{м}^3/\text{год.}$, природного газу дорівнює, $\text{м}^3/\text{год.}$

$$V_{\text{возд.}} = B \cdot L_a$$

$$V_{\text{возд.}} = 11,75 \cdot B$$

Дійсна витрата атмосферного повітря, $\text{м}^3/\text{год.}$

$$V_{\text{воз}}^{\text{дл.}} = B \cdot L_a (1 + 0,0016d)$$

або

$$V_{\text{воз}}^{\text{дл.}} = B \cdot L_a$$

$$V_{603}^{6l.} = 11,94B$$

2.4 Обсяг продуктів горіння

При повному згорянні газоподібного палива утворюються пари води, вуглекислий газ, а також присутній азот.

Загальний теоретичний об'єм продуктів горіння при $\alpha = 1$ складається з, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$V_0 = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2}$$

$$V_0 = 1,053 + 2,22 + 9,41 + 0,41 = 13.1$$

Визначаємо окремі складові продуктів горіння для природного газу, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$V_{CO_2} = 0.01(CO_2 + CH_4 + 2C_2H_6 + 3C_3H_8 + 4C_4H_{10} + 5C_5H_{12})$$

$$V_{CO_2} = 0.01(0,841 + 92,653 + 2 \cdot 3,797 + 3 \cdot 0,792 + 4 \cdot 0,246 + 5 \cdot 0,082 + 6 \cdot 0,082) = 1,054$$

$$V_{H_2O} = 0.01(2CH_4 + 3C_2H_6 + 4C_3H_8 + 5C_4H_{10} + 6C_5H_{12}) + H_2O + 0.16 \cdot d \cdot L_a,$$

$$V_{H_2O} = 0.01(2 \cdot 92,653 + 3 \cdot 3,797 + 4 \cdot 0,792 + 5 \cdot 0,246 + 6 \cdot 0,082 + 7 \cdot 0,082) + 0.16 \cdot 10 \cdot 11,75 = 2,21$$

$$V_{N_2} = 0.79 \cdot L_a + 0.01 \cdot N_2,$$

$$V_{N_2} = 0.79 \cdot 11,75 + 0.01 \cdot 9,79 = 9,41$$

$$V_{O_2} = 0.21 \cdot (\alpha - 1) \cdot L_0,$$

$$V_{O_2} = 0.21 \cdot (1.2 - 1) \cdot 9.79 = 0.41$$

Обсяг продуктів горіння при різних α , м³/м³

$$\Delta V = V_0 - L_0 = V_a - L_a,$$

$$\Delta V = 13.71 - 9.79 = 3.92$$

Так як ΔV залежить тільки від складу палива, отже

$$V_0 = L_0 + \Delta V \text{ і } V_a = L_a + \Delta V$$

Для визначення часткового складу продуктів горіння необхідно знати обсяги окремих складових, %

$$CO_2 = \frac{100}{V_a} \cdot V_{CO_2} = \frac{100}{13.1} \cdot 1.054 = 8.046$$

$$H_2O = \frac{100}{V_a} \cdot V_{CO_2} = \frac{100}{13.1} \cdot 2.21 = 16.88$$

$$N_2 = \frac{100}{V_a} \cdot V_{CO_2} = \frac{100}{13.1} \cdot 9.41 = 71.89$$

$$O_2 = \frac{100}{V_a} \cdot V_{CO_2} = \frac{100}{13.1} \cdot 0.41 = 3.14$$

По складу продуктів горіння можна визначити їх вологовміст, г/м³_{сух.газ.}

$$d = \frac{804 \cdot V_{H_2O}}{1.977 \cdot V_{CO_2} + 1.251 \cdot V_{N_2} + 1.429 \cdot V_{O_2}},$$

$$d = \frac{804 \cdot 2,21}{1.977 \cdot 1,054 + 1.251 \cdot 9,41 + 1.429 \cdot 0,41} = 122,99$$

Загальна кількість продуктів горіння при спалюванні B , м³/год., палива, м³/год.

$$V_{\text{дйм.}} = B \cdot V_a = 13,1 \cdot B$$

При визначенні обсягу продуктів горіння необхідно враховувати кількість газів, що утворюються від випаровування вологи і розкладання карбонатів.

При випаровуванні W (кг/год.) вологи утворюється, м³/год.

$$H_2O = \frac{W}{0.804} = \frac{0,02}{0.804} = 0,025$$

2.5 Температура горіння

При розрахунках визначається теоретична температура горіння, відповідна процесу тепловиділення без втрат і дійсна температура газів, усереднена за масою та наближена до практичних умов.

Теоретична температура розраховується для продуктів повного згорання з урахуванням дисоціації, яка значно впливає на температуру горіння вище 1600 °С.

За умови, коли вся теплота від горіння палива, а також фізична теплота підігріву палива і повітря, буде передана тільки продуктам горіння, баланс

теплоти і повітря буде переданий тільки продуктам горіння. Баланс теплоти може бути виражений, як

$$Q_n + C_m \cdot t_m + C_{\text{возд}} \cdot t_{\text{возд}} \cdot L_a - q_{\text{дис}} = V_a' \cdot i_{\text{общ}} ,$$

де Q_n - нижча теплотворна здатність палива, кДж/м³;

$C_m \cdot t_m = i_m$ - фізична теплота палива, кДж/м³;

$C_{\text{возд}} \cdot t_{\text{возд}} = i_{\text{воз}}$ - фізична теплота повітря, кДж/м³;

$q_{\text{дис}}$ - теплота дисоціації, кДж/м³;

V_a' - обсяг продуктів горіння з урахуванням дисоціації, м³/м³;

$i_{\text{общ}}$ - загальний тепловміст (ентальпія) продуктів горіння, кДж/м³.

Звідси

$$i_{\text{общ}} = \frac{Q_n}{V_a'} + \frac{i_{\text{возд}} \cdot L_a}{V_a'} ,$$

$$i_{\text{общ}} = \frac{36885,6}{13,1} + \frac{1015 \cdot 11,94}{13,1} = 3740,82$$

2.6 Розміри і продуктивність печей

Визначаємо розміри і продуктивність печі для випалення шамоту, м

$$D = 1,4 \cdot P^{0,28}$$

$$D = 1,4 \cdot 6,8^{0,28} = 2,4 ,$$

де P - продуктивність печі по продукції ($P=6,8$ т/год.).

Якщо прийняти питому витрату теплоти $q=6700$ кДж/кг, то теплова потужність печі буде, тис. кВт

$$Q = 0.278P_q$$

$$Q = 0.278 \cdot 6,8 \cdot 6700 = 12665,68 = 12,6$$

Визначимо внутрішній діаметр, м

$$D_c = \sqrt[3]{\frac{Q}{1.28}}$$

$$D_c = \sqrt[3]{\frac{12,6}{1.28}} = 2,14$$

Визначимо діаметр печі по кожуху при товщині футеровки 200 мм, м

$$D = 2,14 + 2 \cdot 0,2$$

$$D = 2,54$$

Визначимо довжину обертової печі, м

$$L = 7,64 \cdot (24 \cdot P)^{0,45}$$

$$L = 7,64 \cdot (24 \cdot 6,8)^{0,45} = 75$$

Визначимо питому продуктивність печі, кг/(м²·год.)

$$P_f = \frac{P}{\pi \cdot D_c \cdot L}$$

$$P_f = \frac{6800}{3,14 \cdot 2,14 \cdot 75} = 13,5$$

Визначимо швидкість обертання, приймаючи в середньому $\sin \beta = 0,766$,
м/год.

$$v_{cp} = 1,88 \cdot D_c \frac{in}{\sin \beta}$$

$$v_{cp} = 1,88 \cdot 2,14 \frac{in}{0,766} = 5,25 \cdot in$$

Швидкість руху матеріалу, т/год.

$$P = 15 \cdot \pi \cdot D_c^2 \cdot \psi \cdot v_{cp} \cdot \rho_m$$

$$P = 15 \cdot 3,14 \cdot 2,14^2 \cdot 0,09 \cdot 5,25 \cdot 1,3 = 25,2 \cdot v_{cp}$$

Середня швидкість, пов'язана з режимом випалу, м/хв.

$$v_{cp} = \frac{6,8}{75,4} = 0,09$$

або

$$v_{cp} = 60 \cdot 0,09 = 5,4, \text{ м/год}$$

$$\tau = \frac{L}{v_{cp}} = \frac{75}{5,4} = 13,89, \text{ год.}$$

де ψ - коефіцієнт заповнення печі ($\psi = 0,09$);

ρ_m - насипна щільність матеріалу ($\rho_m = 1,3 \text{ т/м}^3$).

Визначимо число обертів печі, об./хв.

$$in = \frac{5,4}{5,25} = 1,03$$

Приймаємо $i = 3,5 \%$

$$n = \frac{1,03}{3,5} = 0,29$$

Перевіримо швидкість руху матеріалу і число оборотів печі.

Довжина зони горіння, м

$$L_r = 5 \cdot D_c = 5 \cdot 2,14 = 10,7$$

Приймаємо для зони спікання $\tau_c = 0,4$ год., для зони охолодження $\tau_{охл} = 0,25$ год., отже $\tau = 0,65$ год., тоді

$$v = \frac{10,7}{0,65} = 16,46, \text{ м/год.}$$

За цих умов довжина зони спікання і охолодження складе, м

$$L_c = 16,46 \cdot 0,4 = 6,584$$

$$L_{охл} = 16,46 \cdot 0,25 = 4,12$$

Швидкість обертання печі при $i = 0,35$ %, об./хв.

$$in = \frac{16,46}{5,25} = 3,14$$

$$n = \frac{3,14}{3,5} = 0,897$$

2.7 Розрахунок видаткових коефіцієнтів по сировині і матеріального балансу

Матеріальний баланс на 1000 кг вихідної сировини.

Склад матеріалу, маса %:

- Al_2O_3 – 72,02;

- SiO_2 – 7,22;

- TiO_2 – 3,02;

- Fe_2O_3 – 1,56;

- CaO – 0,36;

- MgO – 0,31;

- K_2O – 0,6;

- п.п.п. – 14,49;

- вологість – 24%.

Прихід:

Матеріал складається з сухої глини і води (24 %). Отже, 1000 кг кар'єрної глини містять – 760 кг глини сухої і 240 кг води.

Зробимо перерахунок заданого у відсотках складу сировини

$$m_{\text{г-ва}} = G_{\text{см}} \cdot \omega_{\text{г-ва}} / 100 ,$$

де $G_{\text{см}}$ – витрата сухої глини, кг;

$\omega_{\text{г-ва}}$ – склад глини, мас. %.

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 760 \cdot 72,02 / 100 = 547,352 \text{ кг};$$

$$m(\text{SiO}_2) = 760 \cdot 7,22 / 100 = 52,13 \text{ кг};$$

$$m(\text{TiO}_2) = 760 \cdot 3,02 / 100 = 22,95 \text{ кг};$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 760 \cdot 1,56 / 100 = 11,856 \text{ кг};$$

$$m(\text{CaO}) = 760 \cdot 0,36 / 100 = 2,736 \text{ кг};$$

$$m(\text{MgO}) = 760 \cdot 0,31 / 100 = 2,356 \text{ кг};$$

$$m(\text{K}_2\text{O}) = 760 \cdot 0,6 / 100 = 4,56 \text{ кг};$$

$$m(\text{п.п.п.}) = 760 \cdot 14,49 / 100 = 110,13 \text{ кг}.$$

Зробимо перерахунок кількості сухої глини з урахуванням пиловиносу, кг

$$G_{\text{сух}} = G_{\text{с2}} / (100 - y) \cdot 100 \%$$

$$G_{\text{сух}} = 760 / (100 - 4) \cdot 100 \% = 791,67$$

де y – пиловинос (приймаємо 4 %).

Тоді склад сировини, кг:

$$- m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 791,67 \cdot 72,02 / 100 = 570,16 \text{ кг};$$

$$- m(\text{SiO}_2) = 791,67 \cdot 7,22 / 100 = 57,16 \text{ кг};$$

$$- m(\text{TiO}_2) = 791,67 \cdot 3,02 / 100 = 23,91 \text{ кг};$$

- $m(\text{Fe}_2\text{O}_3)=791,67 \cdot 1,56/100=12,35$ кг;
- $m(\text{CaO})=791,67 \cdot 0,36/100=2,85$ кг;
- $m(\text{MgO})=791,67 \cdot 0,31/100=2,45$ кг;
- $m(\text{K}_2\text{O})=791,67 \cdot 0,6/100=4,75$ кг;
- $m(\text{п.п.п.})=791,67 \cdot 14,49/100=114,72$ кг.

Витрата глини з урахуванням її кар'єрної вологості (24 %), кг

$$G_{\text{є}} = G_{\text{с.ум}} / (100 - W_{\text{с}}) \cdot 100 \%$$

$$G_{\text{є}} = (791,67 / (100 - 24)) \cdot 100\% = 1041,67 \text{ ,}$$

де $W_{\text{с}}$ - кар'єрна вологість глини, %.

Тоді кар'єрна волога складе, кг

$$m(\text{H}_2\text{O}) = G_{\text{є}} - G_{\text{с.ум}}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1041,67 - 791,67 = 250 \text{ кг}$$

Витрата шламу з урахуванням вологості 38 %

$$G_{\text{ш}} = G_{\text{с.ум}} / (100 - W_{\text{с}}) \cdot 100 \%$$

$$G_{\text{ш}} = (791,67 / (100 - 38)) \cdot 100 \% = 1276,89 \text{ кг ,}$$

де $W_{\text{с}}$ - вологість глини, %.

Витрата додаткової води становитиме, кг

$$G_{\text{дв}} = G_{\text{ш}} - G_{\text{вм}}$$

$$G_{\text{дв}} = 1276,89 - 1041,67 = 235,22$$

Пиловинос складе, кг

$$m_{\text{пилеун}} = G_{\text{с.ум}} - G_{\text{с.м}}$$

$$m_{\text{пилеун}} = 791,67 - 760 = 31,67$$

2.8 Розрахунок річної витрати палива

Вихідні дані.

Максимальна витрата газу на обертову піч № 3, м³/год.

$$G_{n\text{max}} = 1800$$

Середня витрата газу на існуючий пальник, м³/год.

$$G_n = 1700$$

Середня витрата газу на запроектований пальник М.А.С., м³/год.

$$G_n = 1632$$

Теплотворна здатність газу, ккал/м³

$$Q_n^p = 8100$$

Тривалість роботи обертової печі № 3 у рік, год./рік

$$T_{роб} = 2500$$

Річний випуск продукції, т/рік

$$V_{np} = 13000$$

Річна витрата природного газу на пальник М.А.С., тис. м³/рік

$$G_2^{pik} = 1632 \cdot 2500 = 4080$$

Річна витрата умовного палива, т.у.п.

$$G_{y.n.} = 4080 \cdot (8100/7000) = 4721$$

Питома витрата газу на одиницю випускаємої продукції, м³/т

$$b_p = \frac{G_2^{pik}}{V_{np}}$$

$$b_p = \frac{4080}{13000} = 313,8$$

Питома витрата умовного палива на одиницю продукції, що випускається, кг.у.п./т

$$b_{yn} = b_p \cdot \frac{Q_H^p}{7000}$$

$$b_{yn} = 285,3 \cdot \frac{8100}{7000} = 363,1$$

2.9 Газове обладнання

Проектом передбачена заміна існуючого газопроводу природного газу до пальника обертової печі № 3 $D_y=200$ мм на газопровід середнього тиску $D_y=150$ мм з установкою сучасної запірної арматури, регулятора тиску газу, вузла обліку споживаного газу.

На вхідному газопроводі встановлюється клапан безпеки з ручним взводом типу MADAS M16/RM.N/F $D_y=150$ мм для блокування подачі газу при наявності загазованості приміщення по метану і чадному газу. Для автоматичного безперервного контролю до вибухонебезпечних концентрацій метану, мікродомішок окису вуглецю та підвищення температури в приміщенні, де розташовується газовикористовуюче обладнання, застосований газоаналізатор «ВАРТА-1.03» з відповідними датчиками, налаштованими на два порога чутливості по контрольованих параметрах і компонентах.

Облік витрати технологічного газу на пальниковий пристрій печі передбачений за допомогою ультразвукового лічильника «Курс-01»-Б2-G1000 $D_y=150$ мм з широким діапазоном вимірювань 1:160. Для приведення витрати газу з робочих умов до стандартних (20 С і 760 мм рт. ст.) встановлюється коректор об'єму газу типа В-25 з можливістю передачі інформації по споживаному газу в диспетчерський пункт підприємства. Вузол обліку виконується з урахуванням необхідних розмірів прямолінійних ділянок до і після лічильника, установкою приладів і датчиків тиску та температури газу.

Для зниження тиску природного газу з тиску (0,2...0,23) МПа в загальнозаводському газопроводі до необхідного вхідного тиску газу на

проектований пальник – 0,1 МПа встановлюється регулятор прямої дії типу РДГ-80(В) з діаметром підвідного газопроводу 80 мм. Регулятор має вбудований запобіжно-запірний клапан (ЗЗК), що спрацьовує по підвищенню і зниженню тиску газу. На газопроводі після регулятора встановлюється запобіжно-сکیدний клапан (ЗСК-50С).

Вузол регулювання тиску газу обладнаний обвідною лінією, на якій встановлені два запірних крана і продувальна свічка між ними.

Газопроводи запроектовані з електрозварювальних труб згідно з [27], що з'єднуються на зварюванні, роз'ємні з'єднання застосовуються тільки в місцях встановлення обладнання, арматури і приєднання пальника. Фасонні частини на газопроводі застосовуються штамповані з труб того ж діаметру.

Герметичність арматури прийнята відповідної класу 1 по [28].

Монтаж газопроводів виконаний відповідно до [29] і [30].

Газопровід прокладений з ухилом $i=0,003$ у бік руху газу.

Кріплення прокладених газопроводів до стін, колон, каркасам печі виконати згідно [31].

Після монтажу газопроводи випробовуються на щільність і міцність, проводиться дефектоскопія зварних стиків, які забарвлюються в умовний колір олійною фарбою за 2 рази.

Всі фланцеві з'єднання та обладнання на газопроводі повинні мати електропровідні перемички.

Продувка газопроводу передбачається через продувні лінії з запірною арматурою і виведенням їх вище даху на 2 м.

Пальник встановлюється на спеціальний візок, який пересувається по рейковому шляху. Пальник фіксується на візку спеціальними болтами за допомогою регулюючих гвинтів та встановлюється по осі пальника.

За допомогою гнучких екранованих шлангів до пальника приєднується природний газ і повітря від вентилятора.

На газовій лінії до пальника, який поставляється разом з пальником MAS, встановлені послідовно:

- запірний клапан;
- фільтр газу;
- масовий витратомір газу;
- продувальна свічка та врізання газу на запальник;
- два відсічних клапани зі свічкою безпеки і системою перевірки герметичності клапанів;
- регулюючий вентиль витрати газу;
- запірний кран і фланець для приєднання гнучкого шланга до пальника.

Максимальна витрата газу на піч становить 1800 нм³/год. при теплотворній здатності природного газу 8100 ккал/м³. Річна витрата газу на обертову піч № 3 становить 4080 тис. нм³/год.

2.10 Розрахунок діаметру газопроводу

Вихідні дані.

Максимальна витрата газу на обертову піч № 3, м³/год.

$$G_2 = 1800$$

Приєднувальний тиск газу перед пальником, МПа

$$P_2 = 0,1$$

Температура газу, °С

$$t_2 = 10$$

Діаметр газопроводу на піч, см

$$d_z = 0,0366238 \sqrt{\frac{G_m \cdot (273 + t_z)}{P_{abc} \cdot W_p}},$$

де P_{abc} - абсолютний тиск газу, МПа

$$P_{abc} = P_{бар} + P_z$$

$$P_{abc} = 0,1013 + 0,1 = 0,2013$$

W_p - рекомендована швидкість руху газу у газопроводі середнього тиску
– 15 м/с

$$d_z = 0,0366238 \sqrt{\frac{1800 \cdot (273 + 10)}{0,2013 \cdot 15}} = 14,8 \text{ см} = 148 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр газопроводу запроектованої печі $D_y = 150$ мм.

2.11 Розрахунок коефіцієнта використання палива

Коефіцієнт використання палива для печі

$$\text{КВП} = (Q_n + Q_g - Q_{yx} - Q_{x.n.}) \cdot \frac{100}{Q_z + Q_g}$$

$$\text{КВП} = (8100 + 1020,2 - 2633,4 - 28,4) \cdot \frac{100}{8100 + 1020,2} = 70,8 \% ,$$

де Q_n - нижча теплота згорання газу, ккал/м³ ($Q_n=8100$ ккал/м³);

Q_g - фізична теплота, внесене у піч з повітрям, ккал/м³

$$Q_g = L_0 \cdot \alpha \cdot (K_{пер} \cdot T_{хв} \cdot C_g + (1 - K_{пер}) \cdot T_{нв} \cdot C_g)$$

$$Q_g = 9,6 \cdot 1,1 \cdot (0,1 \cdot 25 \cdot 0,312 + (1 - 0,1) \cdot 370 \cdot 0,32) = 1020,2 \quad ,$$

де L_0 - кількість повітря, необхідного для згорання 1 м³ газу ($L_0=9,6$ м³);

α - коефіцієнт надлишку повітря ($\alpha=1,1$);

$K_{пер}$ - доля первинного повітря від загального, що надійшов у піч
($K_{пер}=0,1$);

$T_{хв}$ - температура первинного холодного повітря, °C ($T_{хв}=25$ °C);

C_g - теплоємність холодного повітря, ккал/(м³·°C) ($C_g=0,312$ ккал/(м³·°C));

$T_{нв}$ - температура вторинного підігрітого повітря, °C ($T_{нв}=370$ °C);

C_g - теплоємність підігрітого повітря, ккал/(м³·°C) ($C_g=0,32$ ккал/(м³·°C));

Q_{yx} - теплота, втрачена з відходячими газами, ккал/м³

$$Q_{yx} = [V_0 + L_0 \cdot (\alpha - 1)] \cdot T_{yx_2} \cdot C_2$$

$$Q_{yx} = (10,6 + 9,6 \cdot (1,1 - 1)) \cdot 670 \cdot 0,34 = 263,4 \quad ,$$

де T_{yx_2} - температура відходячих газів після печі, °C ($T_{yx_2}=670$ °C);

α - коефіцієнт надлишку повітря після печі ($\alpha=1,1$);

V_0 - кількість димових газів, що утворюються при згоранні 1 м³ газу
($V_0=10,6$ м³/м³);

L_0 - кількість повітря, необхідна для згорання 1 м³ газу ($L_0=9,6$ м³);

C_2 - теплоємність димових газів, ккал/(м³·°C) ($C_2=0,34$ ккал/(м³·°C));

$Q_{x.n.}$ - втрати теплоти від недопалу палива, ккал/м³

$$Q_{x.n.} = 30,2 \cdot CO \cdot V_0 \cdot B \cdot h$$

$$Q_{x.n.} = 30,2 \cdot 0,1 \cdot 10,6 \cdot 0,8 \cdot 1,11 = 28,4 \text{ ,}$$

де CO - склад CO у димових газах ($CO=0,1\%$);

h - коефіцієнт розведення ($h=1,11$);

B - коефіцієнт відношення сухих та вологих продуктів згорання ($B=0,8$).

2.12 Тепловий баланс обертової печі

Тепловий баланс, ліва частина якого включає наявну теплоту, а права частина – суму корисно використаної теплоти і втрат теплоти.

Прихід теплоти.

Теплота, що виділяється при згоранні природного газу, Гкал/год.

$$Q_2 = G_2 \cdot Q_n$$

$$Q_2 = 1632 \cdot 8100 = 13,22 \text{ ,}$$

де Q_n - нижча теплота згорання газу, ккал/м³ ($Q_n=8100$ ккал/м³);

G_2 - середня витрата газу на піч, м³/год. ($G_2=1632$ м³/год.).

Теплота, внесена повітрям, Гкал/м³

$$Q = G_2 \cdot L_0 \cdot \alpha \cdot (K_{nep} \cdot T_{xв} \cdot C_{xв} + (1 + K_{nep}) \cdot T_{нв} \cdot c_{нв})$$

$$Q = 1320 \cdot 9,6 \cdot 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot (0,1 \cdot 25 \cdot 0,312 + (1 - 0,1) \cdot 370 \cdot 0,32) = 1,93 \text{ ,}$$

де L_0 - кількість повітря, необхідне для згорання газу, $\text{м}^3/\text{м}^3$
($L_0=9,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$);

$T_{xв}$ - температура первинного холодного повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($T_{xв}=25 \text{ }^{\circ}\text{C}$);

α - коефіцієнт надлишку повітря після печі ($\alpha=1,1$);

$C_{xв}$ - теплоємність холодного повітря, $\text{ккал}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$
($C_{xв}=0,312 \text{ ккал}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$);

$T_{нв}$ - температура вторинного підігрітого повітря, $^{\circ}\text{C}$ ($T_{нв}=370 \text{ }^{\circ}\text{C}$);

$c_{нв}$ - теплоємність підігрітого повітря, $\text{ккал}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$ ($c_{нв}=0,32 \text{ ккал}/(\text{м}^3\cdot^{\circ}\text{C})$);

$K_{пер}$ - частка первинного повітря від загальної кількості, що надійшла у
піч ($K_{пер}=0,1$).

Теплота, що надходить в піч з матеріалом, $\text{Гкал}/\text{год}$.

$$Q = G_{\text{мат}} \cdot T_{\text{мат}} \cdot c_{\text{мат}} \cdot 10^{-6}$$

$$Q = 6600 \cdot 55 \cdot 0,24 = 0,09 \text{ ,}$$

де $G_{\text{мат}}$ - кількість матеріалу, що надійшов в піч, $\text{кг}/\text{год}$.
($G_{\text{мат}}=6600 \text{ кг}/\text{год}$);

$T_{\text{мат}}$ - температура матеріалу, $^{\circ}\text{C}$ ($T_{\text{мат}}=55 \text{ }^{\circ}\text{C}$);

$c_{\text{мат}}$ - теплоємність шамотного матеріалу, $\text{ккал}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$
($c_{\text{мат}}=0,24 \text{ ккал}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$).

Сумарна теплота приходу, $\text{Гкал}/\text{год}$.

$$\sum Q_{\text{пр}} = Q_z + Q_{\text{в}} + Q_{\text{мат}}$$

$$\sum Q_{np} = 13,22 + 1,93 + 0,09 = 15,24$$

Тепловий баланс наявної частини в частковому відношенні, %

$$\sum \eta_{np} = \eta_z + \eta_6 + \eta_{mat}$$

$$\sum \eta_{np} = 86,75 + 12,66 + 0,6 = 100$$

Витрата теплоти.

Теплота, що виноситься з продукцією, Гкал/год.

$$Q_{np} = G_{np} \cdot T_{np} \cdot C_m \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{np} = 5200 \cdot 980 \cdot 0,23 = 1,33 \text{ ,}$$

де G_{np} - вихід річний продукції, кг/год. ($G_{np} = 5200$ кг/год.);

T_{np} - температура продукції на виході з печі, °C ($T_{np} = 980$ °C);

C_{np} - теплоємність продукції, ккал/(кг·°C) ($C_{np} = 0,26$ ккал/(кг·°C)).

Теплота, що втрачається з газами, Гкал/год.

$$Q_{yx} = (G_z \cdot (V_0 + L_0 \cdot (\alpha - 1)) \cdot T_{yx.z} \cdot c_z)$$

$$Q_{yx} = 1632 \cdot (10,6 + 9,6 \cdot (1,1 - 1,0)) \cdot 670 \cdot 0,34 = 4,3 \text{ ,}$$

де V_0 - кількість димових газів, що утворюються при згоранні 1 м³ газу, м³/м³ ($V_0 = 10,6$ м³/м³);

L_0 - кількість повітря, необхідне для згорання 1 м³ газу, м³/м³
($L_0=9,6$ м³/м³);

α - коефіцієнт надлишку повітря після печі ($\alpha=1,1$);

$T_{yx.z}$ - температура газів після печі, °C ($T_{yx.z}=670$ °C);

c_2 - теплоємність димових газів, ккал/(м³·°C) ($C_2=0,34$ ккал/(м³·°C)).

Втрата теплоти в навколишнє середовище, Гкал/год.

$$Q_{окр} = \alpha_{нар} \cdot (T_{нар} - T_{окр}) \cdot F_{нар} \cdot K_{неуч} \cdot 10^{-6}$$

$$Q_{окр} = 30 \cdot (290 - 25) \cdot 660 \cdot 10^{-6} ,$$

де $\alpha_{нар}$ - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні в навколишнє середовище, ккал/(м²·год·°C) ($\alpha_{нар}=30$ ккал/(м²·год·°C));

$T_{нар}, T_{окр}$ - середня температура зовнішньої поверхні печі і навколишнього середовища, °C ($T_{нар}=280$ °C, $T_{окр}=25$ °C);

$F_{нар}$ - зовнішня поверхня печі, м² ($F_{нар}=660$ м² при габаритних розмірах печі: довжина печі – 60 м, зовнішній діаметр – 3,5 м).

Втрата теплоти на випаровування вологи, Гкал/год.

$$Q_{вл} = G_{пр} \cdot ((W_n - W_k) / (100 - W_n)) \cdot c_v \cdot (c_n \cdot (T_{yx.z} - 100) + R) \cdot 10^{-6}$$

$$Q_{вл} = 5200 \cdot (25 - 0,4) / (100 - 25) \cdot 1,0 \cdot (0,5 \cdot (670 - 100) + 539) \cdot 10^{-6} = 1,43 ,$$

де W_n - початкова вологість продукції, % ($W_n=25$ %);

W_k - кінцева вологість продукції, % ($W_k=0,4$ %);

G_{np} - випуск річної продукції, кг/год. ($G_{np} = 5200$ кг/год.);

$T_{yx.z}$ - температура газів, °C ($T_{yx.z} = 700$ °C);

R - прихована теплота пароутворення, ккал/кг ($R = 539$ ккал/кг);

Теплота з ендотермічною реакцією, Гкал/год.

$$Q_{енд} = G_{np} \cdot C_{Al} \cdot q_{хим} \cdot 10^{-5}$$

$$Q_{енд} = 5200 \cdot 85 \cdot 500 \cdot 10^{-5} = 2,21 \text{ ,}$$

де C_{Al} - вміст Al_2O_3 в продукції, % ($C_{Al} = 85$ %);

$q_{хим}$ - кількість теплоти, що поглинається при випалюванні 1 кг Al_2O_3 , ккал/кг ($q_{хим} = 500$ ккал/кг).

Теплота, що втрачається з виносним пилом та іншими неврахованими витратами теплоти, Гкал/год.

$$Q_{нуч} = 0,67$$

Загальна витрачена теплота, Гкал/год.

$$\sum Q_{расх} = Q_{np} + Q_{ви} + Q_{yx} + Q_{x.n} + Q_{окр} + Q_{енд} + Q_{неуч}$$

$$\sum Q_{расх} = 1,33 + 1,43 + 4,3 + 0,05 + 5,25 + 2,21 + 0,67 = 15,24$$

Тепловий баланс наявної частини в частковому відношенні, %

$$\sum \eta_{рас} = \eta_{np} + \eta_{ви} + \eta_{yx} + \eta_{x.n} + \eta_{окр} + \eta_{енд} + \eta_{неуч}$$

$$\sum \eta_{рас} = 8,72 + 9,38 + 28,22 + 0,33 + 34,45 + 14,5 + 4,4 = 100$$

2.13 Заходи з енергозбереження

Для максимальної мобілізації внутрішніх резервів економії матеріалів, електроенергії, палива, досягнення високих економічних показників роботи і зниження собівартості продукції, що випускається, передбачені наступні заходи з енергозбереження:

- установка на печі пальника M.A.S. з системою регулювання довжини факела і кута атаки в широких межах;
- застосування в пальнику M.A.S. термокарбюратора, що дозволяє змінювати світність полум'я пальника і температуру в зоні випалу;
- наявність вузла технологічного обліку споживання газу на обертову піч, включаючи ультразвуковий лічильник газу і коректор;
- комплект обладнання пальникового пристрою забезпечує регулювання співвідношення «газ-повітря»;
- застосування безконтактного оптичного пірометра для контролю температури в зоні випалу печі;
- робота печі зі зменшеною подачею первинного дуттєвого повітря безпосередньо на пальник і вторинного підігрітого в гарячу головку печі;
- застосування котлів-утилізаторів для використання теплоти відхідних димових газів;
- автоматичне регулювання розрідження в печі;
- газоходи обертової печі футеровані і покриті ефективною тепловою ізоляцією.

При установці в печі оптимальної величини температури в зоні випалу знизяться втрати теплоти з газами та питома витрата палива на процес випалу шамотного матеріалу.

Економічний ефект від вжитих заходів з енергозбереження за рахунок застосування пальника М.А.С. і підтримки в печі оптимальної величини температури в зоні випалу становить 1,48 % від річного споживання газу.

2.14 Розрахунок економічної ефективності застосуванням енергозберігаючих технологій

Вихідні дані.

Кількість годин роботи печі в році, год./рік

$$T_{\text{раб}} = 2500$$

Середня витрата газу на існуючий пальник, м³/год.

$$G_{\text{гор}} = 1700$$

Середня витрата газу на пальник М.А.С., м³/год.

$$G_{\text{гор}} = 1632$$

Річна витрата газу при роботі пальника, М.А.С. тис. м³/год.

$$G_{\text{М.А.С.}}^{\text{рік}} = 4080$$

Теплотворна здатність газу, ккал/м³

$$Q_n^p = 8100$$

Втрата теплоти з газами при роботі печі з існуючим пальником, Гкал/м³

$$Q_{yx} = (V_0 + L_0 \cdot (\alpha - 1)) \cdot T_{yx.z} \cdot c_2$$

$$Q_{yx} = (10,6 + 9,6 \cdot (1,1 - 1,0)) \cdot 700 \cdot 0,34 = 2753 \text{ ,}$$

де $T_{yx.z}$ - температура газів після печі, °C ($T_{yx.z} = 700$ °C);

α - коефіцієнт надлишку повітря після печі ($\alpha = 1,1$);

V_0 - кількість димових газів, що утворюються при згорянні 1 м³ газу, м³/м³ ($V_0 = 10,6$ м³/м³);

L_0 - кількість повітря, необхідне для згорання 1 м³ газу, м³/м³ ($L_0 = 9,6$ м³/м³);

c_2 - теплоємність димових газів, ккал/(м³·°C) ($c_2 = 0,34$ ккал/(м³·°C)).

Втрати теплоти з газами при роботі пальника М.А.С. Гкал/м³

$$Q_{yx}^{M.A.S.} = (V_0 + L_0 \cdot (\alpha - 1)) \cdot T_{yx.z} \cdot c_2$$

$$Q_{yx} = (10,6 + 9,6 \cdot (1,1 - 1,0)) \cdot 670 \cdot 0,34 = 2633 \text{ ,}$$

де $T_{yx.z}$ - температура газів після печі при роботі пальника М.А.С., °C ($T_{yx.z} = 670$ °C).

Зниження втрат теплоти з газами, Гкал/м³

$$Q'_{yx} = Q_{yx} - Q_{yx}^{M.A.S.}$$

$$Q'_{yx} = 2753 - 2633 = 120$$

Кількість природного газу, еквівалентне зниженню втрат теплоти при середній витраті газу на пальник M.A.S., м³/год.

$$G_2^l = Q_{yx} \cdot G_2 / Q_n^p$$

$$G_2^l = 120 \cdot 1632 / 8100 = 24,2$$

Річна економія палива, тис. м³/рік

$$G_{2.pik}^l = T_{pab} \cdot G_2^l \cdot 10^{-3}$$

$$G_{2.pik}^l = 25 \cdot 24,2 \cdot 10^{-3} = 60,5$$

Відсоток економії від річного споживання газу, %

$$P_{ek} = 60,5 \cdot 100 / 4080 = 1,48$$

Економічний ефект від вжитих заходів з енергозбереження за рахунок застосування пальника M.A.S. складе 1,48 % від річного споживання природного газу на піч.

2.15 Технічне обґрунтування проектних рішень

Сучасне промислове газифіковане підприємство повинно мати спеціальну газову службу.

На газову службу підприємства покладаються такі завдання:

- безперебійне постачання газовим паливом паливовикористовуючих підрозділів підприємства;

- забезпечення безаварійної правильної технічної експлуатації газового господарства;

- утримання у справному стані всіх газоспоживаючих установок підприємства;

- розробка інструкцій з експлуатації схем газового обладнання, контроль ведення журналів та іншої документації, пов'язаної з експлуатацією газового обладнання;

- організація, планування і проведення ремонтних робіт всього газового обладнання та газових мереж підприємства;

- виконання газонебезпечних робіт у газовому господарстві, запобігання і ліквідація аварій, пов'язаних з експлуатацією газопроводів і газового обладнання;

- облік і звітність по енергоносіях;

- зв'язок з органами газового господарства міста.

На балансі підприємства знаходяться внутрішньозаводські мережі, газорегулюючі установки.

Газова служба повинна складатися не менше ніж з трьох осіб:

- висококваліфікованого слюсаря-ремонтника;

- висококваліфікованого слюсаря з КВП і А;

- майстра.

Експлуатація системи газопостачання підприємства включає в себе:

- профілактичний нагляд;

- планові ремонтні роботи;

- аварійно-відновлювальні роботи;

- включення і відключення сезонно працюючого обладнання;

- ревізія (1 раз на рік) - річний технічний огляд.

2.16 Теоретичне обґрунтування проектних рішень

Вибір напрямку інтенсифікації процесу випалу є найбільш перспективним з усіх шляхів поліпшення теплотехнічних показників у виробництві шамоту, тобто заміна застарілого пального обладнання на нове модернізоване паликове обладнання. Економічність і надійність роботи печей залежить в дуже великій мірі від типу і конструкції пального обладнання, а також його правильного налаштування. Паликове обладнання може мати значний вплив не тільки на якість випалювального в печі матеріалу, але також на продуктивність печі і питому витрату палива. Тому в даному проекті пропонується заміна існуючого пальника типу ГМГ на новий, більш модернізований палик фірми «UNITHERM-CEMCON» типа M.A.S. (Mono Airduct Sistem).

Зменшення питомої витрати палива може забезпечується за рахунок того, що новий палик дозволяє регулювати в самому широкому діапазоні форму та інтенсивність факела в печі при мінімально можливій кількості первинного повітря. Раціональний факел виходить при спалюванні газоподібного палива з коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha_g = (1,05 \dots 1,12)$. Збільшення надлишку повітря призводить до зниження температури горіння і збільшення втрат теплоти з газами, що відходять. Знижується витрата електроенергії на привід вентилятора.

Збільшення продуктивності відбувається внаслідок підвищення температурного рівня горіння, навіть якщо питома витрата теплоти знизиться на (2...3) %.

За рахунок стабільності процесу горіння також можливе підвищення якості продукції і зниження пиловиносу з печі. Крім того, спостерігається збільшення терміну служби вогнетривкої футеровки печі і рівномірна температура зовнішньої поверхні печі. «Кільця» в печі ліквідуються дуже просто – зміною форми полум'я за допомогою тільки одного штурвала

управління гнучкими шлангами. При цьому, як кількість первинного повітря, так і швидкість його закінчення з пальника не змінюється.

Результати проведених випробувань підтвердили основні положення статей:

- економія природного газу склала (6...8) %;
- продуктивність печі за клінкером збільшилася приблизно на 8 %;
- повне згорання палива забезпечується при гранично низьких коефіцієнтах надлишку повітря ($\alpha_g = 1,05$);
- форма факела регулюється в дуже широкому діапазоні;
- стабільність горіння висока при будь-яких режимах роботи.

Таким чином, не дивлячись на уявну простоту пальників, вони надають досить істотний вплив на технічні характеристики обертових печей.

Кожен матеріал або вироб, в тій чи іншій конструкції печі, вимагають індивідуального режиму випалу. Різкий режим випалу відрізняється високими швидкостями підйому та зниження температури. На противагу йому м'який режим протікає при малих швидкостях підйому та зниження температури. Більшість кускових матеріалів – гіпс, вапно, цементний клінкер, глина, шамот – можна обпалювати при різких режимах. Вирішальним значенням тут для отримання якісної продукції є тривалість витримки матеріалу при максимальній температурі для завершення всіх фізико-хімічних процесів, що протікають в матеріалі при його випалюванні. Формовані ж вироби, навпаки, обпалюють при м'яких режимах. На ряду з достатньою тривалістю витримки при максимальній температурі для випалу формованих виробів характерні менші швидкості підігріву та охолодження щоб уникнути появи в матеріалі руйнівних напружень.

Однією з основних вимог, що пред'являються до пальникових пристроїв сучасних обертових печей, є можливість зміни в широких межах розмірів

факела, особливо його довжини. Це необхідно для зміни режиму випалу при постійній тепловій навантаженні, наприклад, для зміни довжини зони спікання при зміні властивостей випалювального матеріалу, а також для придушення процесу утворення охолодів (кілець) на вогнетривкій футеровки печі, тобто налипання матеріалу на футеровку в результаті його розм'якшення і часткового плавлення. Для боротьби з цим явищем, істотно скорочують термін служби футеровки, а також необхідно мати можливість переміщати високотемпературну зону факела уздовж печі, тобто змінювати довжину факела.

Водночас змінювати геометричні розміри, зокрема довжину факела при постійній тепловій навантаженні можна лише шляхом впливу на характер змішування горючого газу з окислювачем (повітрям або киснем), тобто на інтенсивність цього процесу.

Відомі способи зміни інтенсивності змішування газу з окислювачем за допомогою різних рухомих елементів, розташованих поблизу гарячого (вихідного) торця пальника. Наприклад, шляхом переміщення в осьовому напрямку конічного рухомого елемента, розташованого усередині конфузору сопла, змінюють вихідний перетин пальника і тим самим швидкість газу або первинного (примусово подається в пальник) окислювача на виході з неї. Шляхом зміни кута нахилу лопаток завихорювача, встановленого поблизу вихідного перетину, змінюють ступінь закрутки потоку газу або первинного окислювача.

Відомий спосіб зміни інтенсивності, розроблений фірмою "UNITERM-SEMCON GmbH" (Австрія), – змішування газу з повітрям. Він полягає в тому, що змінюється кут нахилу гнучких броньованих шлангів, що підводять газ до вихідних газових соплам багатосоплового пальника, і тим самим змінюють інтенсивність закрутки газових струменів, а отже, і інтенсивність змішування.

Рациональна конструкція печі повинна володіти всіма можливостями для регулювання процесу випалу по окремих його зонах для кожного виду випалювального в ній матеріалу, а також відрізнятися високими техніко-

економічними показниками роботи. Оптимальний режим випалення – це сукупність всіх зовнішніх умов, що забезпечують отримання готового продукту високої якості при найкращих техніко-економічних показниках печі.

До техніко-економічних показників пічної установки відносять:

1) Продуктивність – кількість виробленого в прийняту одиницю часу готового продукту. Для порівняння продуктивності окремих печей, при випалюванні в них однотипного матеріалу і для зручності нормування, користуються поняттям питома продуктивність печі або знімання – це кількість готового продукту, що одержано з 1 м³ або з 1 м² площі поперечного перерізу робочого простору печі в прийняту одиницю часу.

2) Витрата палива на випал прийнятої одиниці продукції. Цей показник визначають відношенням витрат умовного палива до кількості готової продукції. Він характеризує теплову економічність печі.

3) Витрата електроенергії (кВт-год.) на випал прийнятої одиниці продукції. У полум'яних печах основними споживачами електроенергії є вентилятори і димососи.

4) Витрати праці на обслуговування печі виражають відношенням людино-годин до кількості готової продукції; витрати праці залежать від ступеня механізації печі.

5) Капітальні витрати, пов'язані з витратою і вартістю матеріалів на спорудження печі.

Вищенаведені показники роботи печі дають можливість не тільки визначити вартість випалу прийнятої одиниці продукції, а й судити про досконалість тієї чи іншої конструкції, намітити шляхи подальшого її удосконалення.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі представлена реконструкція системи газопостачання обертової печі ПАТ «ЗапоріжВогнетрив» з метою енергозбереження.

Реконструкція проводилася шляхом заміни пальника ГМП для обертової печі шамото-випального цеху ПАТ «ЗапоріжВогнетрив» на новий, більш досконалий пальник типу M.A.S. Заміна пальника дозволила знизити витрату палива на 170 тис. м³/рік до 4080 тис. м³/рік.

Були проведені розрахунки теплоти згоряння палива, витрати повітря на горіння, обсяг продуктів горіння, річної витрати палива, розрахунок діаметру трубопроводу, тепловий баланс печі та розрахунок економічної ефективності із застосуванням енергозберігаючих технологій.

Проведено обґрунтування і вибір параметрів основного та допоміжного обладнання, що підлягає контролю і регулюванню.

На виробництві існує ряд небезпечних та шкідливих факторів, тому були розроблені заходи з забезпечення безпечних умов праці.

Виконані розрахунки підтверджують доцільність даної реконструкції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. А. А. Винтовкин, М. Г. Ладыгичев, В. Л. Гусовский, А. Б. Учасёв. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики). - М. : «Машиностроение», 2001.
2. Левченко П. В. Расчёты печей и сушил силикатной промышленности. - М. : «Высшая школа», 1968.
3. Голубев В. О., Литвинова Т. Е. Исследование работы вращающейся печи для производства муллитокорундового шамота. - Диссертация, 2012.
4. Лисиенко В. Г., Щёколов Я. М., Ладыгичев М. Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология» - справоч. издание в 2-х кн. - М. : «Теплотехник», 2004.
5. Эстеркин Р. И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования. - Сан.-Пет. : Энергоатомиздат, 1991.
6. Завод «Ильмарине». Газомазутные горелки ГМГМ. - Таллин : 1970.
7. Тринкс В. Промышленные печи, Том 2, 1961.
8. Исламов М. Ш. Проектирование и эксплуатация промышленных печей – К. : 1986.
9. Бельский В. И., Сергеев Б. В. Промышленные печи и трубы. - К. : 1974.
10. Конструктивное развитие газовых горелок для вращающихся печей. / Михайлов-Вагнер А. // Цемент и его применение. - № 3, 1997. с. 7-11.
11. Горелка нового поколения для вращающихся печей. / Ледерер Х. // Промышленные печи, № 3, 1997. с. 12-14.
12. Влияние горелочного устройства на технико-экономические показатели вращающихся печей / Михайлов-Вагнер А. // Цемент и его применение. - № 2, 1999. с. 15-20.
13. Оценка основных показателей работы вращающихся печей / Бабаев Н. Х. // Теплотехника, № 5, 2005. с. 59-65.
14. Результаты обследования работы печи с новой горелкой фирмы "UNITHERM-Сemson" на Ивано-Франковском цементно-шиферном комбинате

/ Михайлов-Вагнер А. // Ив.-Франк. : 1998.

15. «Правила улаштування електроустановок», 2008.
16. ДСТУ 12.0.003-2004 "ССБТ. «Небезпечні і шкідливі виробничі фактори»
17. ДСН 3.3.6.037-99.
18. ДБН.12-14-2009. «Загальні причини забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ».
19. ДБН В.2.5-28-2006 «Норми проєтування».
20. БНіП П-33-2002 Норми проєктування. Опалювання, вентиляція і кондиціонування повітря - М. : Будівництво, 2006 та СН-245-2001 «Санітарні норми проєктування промислових підприємств».
21. ПУЕ - 87 «Правила пристрою електроустановок».
22. БНіП 2.09.02-2006. «Промислові будівлі».
23. Характеристика віброізоляторів IZOTOP-2-NF-DZE-HD.
24. «Правила безпеки систем газопостачання України». 2010.
25. ДБН В.2.5-20-2001 «Газопостачання».
26. ДБН 5.905-8-2008. «Вузли й деталі. Кріплення газопроводів».
27. Сайт виробника пальників М.А.С. www.unitherm.co.at