

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра Металургійних технологій
Спеціальність 136 – Металургія
Форма навчання Денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

ПОЛЯКОВ ВЛАДИСЛАВ СТАНІСЛАВОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему Аналіз впливу характеристик вапняку на металургійні властивості залізорудних окатишів
(повна назва теми)

за матеріалами металургійних підприємств України і Європи
(повна назва бази дослідження)

науковий керівник д.т.н., професор  Кассім Д.О.
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 12.06. 2025 р. № 12

Завідувач кафедри


(підпис)

д.т.н., професор

Наук. ступінь, вчене звання

Д.О. Кассім

Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 136 – Металургія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри


(підпис)

проф. Д.О. Кассім
(посада, вчене звання,
прізвище ініціали)
2025 року

«04» 04

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ(КИ)

ПОЛЯКОВ ВЛАДИСЛАВ СТАНІСЛАВОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра:

Аналіз впливу характеристик вапняку на
металургійні властивості залізородних окатишів

керівник кваліфікаційної роботи Кассім Дар'я Олександрівна, д.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 240-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 07.06.2025

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи бакалавра: статті, патенти,
промислові дослідження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

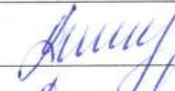
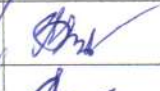


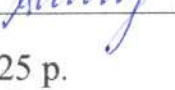

4.1. Аналітична частина: передумови та проблеми застосування вапна під час виробництва окатишів; типи вапна та способи його застосування

4.2. Основна частина: вплив крупності вапняку на міцність офлюсованих окатишів; опис умов дослідження, обраного для аналізу; дослідження впливу характеристик вапняку на властивості сирих і термозміцнених окатишів

4.3. Охорона праці: розглянути основні небезпечні та шкідливі чинники у цеху з виробництва окатишів, розглянути методи боротьби з ними.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): графічний матеріал повинен в повній мірі відповідати темі диплому та відображати його суть та запропоновані проектні рішення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|----------------------|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 Аналітична частина | Кассім Д.О., професор |  |  |
| 2 Основна частина | Кассім Д.О., професор |  |  |
| 3 Охорона праці | Кассім Д.О., професор |  |  |

7. Дата видачі завдання «04» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------|---|----------|
| 1. | Аналітична частина | 11.04.2025 | |
| 2. | Основна частина | 18.04.2025 | |
| 3. | Охорона праці | 25.04.2025 | |
| 4. | Оформлення пояснювальної записки | 02.05.2025 | |
| 5. | Виконання графічної частини | 16.05.2025 | |
| 6. | Подання роботи до кафедри | 07.06.2025 | |
| 7. | Захист роботи в ЕК | 06.2025 | |

Студент



 (підпис)

Поляков В.С.
 (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи



 (підпис)

Кассім Д.О.
 (прізвище та ініціали)

ВІДОМІСТЬ дипломної роботи бакалавра
(назва випускної кваліфікаційної роботи)

| № рядка | Формат | Позначення | Найменування | К-сть. лис-тв | № екз | Примітка |
|---------|--------|----------------------|---|---------------|-------|----------|
| | | | <u>Документація загальна</u> | | | |
| 1 | A4 | ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.ПЗ | Пояснювальна записка | 52 | | |
| | | | Слайди | | | |
| 2 | A4 | ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.01 | Фізико-хімічна характеристика сирих матеріалів | 1 | | |
| 3 | A4 | ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.02 | Залежність міцності сирих окатишів на роздавлювання і кількості скидань з висоти 300 мм без руйнування окатишів від крупності вапняку | 1 | | |
| 4 | A4 | ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.03 | Залежність вмісту СаО в окатишах від крупності вапняку при випалюванні протягом 15 хв і при різній тривалості випалювання при температурах 1225 і 1300 °С | 1 | | |
| 5 | A4 | ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.04 | Залежність СаО в окатишах від крупності вапняку | 1 | | |
| 6 | A4 | ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.05 | Залежність вмісту СаО в окатишах від крупності вапняку (промислові випробування) | 1 | | |
| 7 | A4 | ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.06 | Залежність міцності обпалених окатишів від крупності вапняку і вмісту СаО в окатишах при часі випалу 15 хв. | 1 | | |

ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ

| Зм. | Лист | № документа | Підпис | Дата |
|----------|------|--------------|--------|----------|
| Розробив | | Поляков В.С. | | 07.06.25 |
| Керівник | | Кассім Д.О. | | 07.06.25 |
| Н.контр. | | Кассім Д.О. | | 07.06.25 |
| Затв. | | Кассім Д.О. | | 07.06.25 |

Відомість випускної роботи бакалавра

| Літ. | | Лист | Листів |
|---|---|------|--------|
| Д | Т | 1 | 1 |
| ННТІ ДУЕТ каф. Металургійних технологій гр. МТ-22ск | | | |

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка: 52 сторінок, 5 рисунків, 1 табл., 35 джерел.

Об'єкт дослідження – вплив вапняку на металургійні властивості залізородних окатишів

Мета роботи – аналіз впливу характеристик вапняку на металургійні властивості залізородних окатишів.

Методи досліджень – аналіз літературних даних, в яких приведені дослідження інститутів і комбінатів, пов'язаних з даним питанням.

В аналітичній частині розглянуто економічні та технологічні переваги заміни традиційного бентоніту на вапно, головним чином, через зниження вмісту кремнезему у шихті та потенційне зменшення витрат коксу в доменному виробництві. Описано вимоги до якості вапна (низькотемпературний випал, тонкий помел) та представлені результати лабораторних і промислових досліджень, що підтверджують можливість отримання міцних сирих, сухих та обпалених окатишів із заміною бентоніту вапном.

Детально висвітлено низку проблем, що стримують широке впровадження цієї технології. Зокрема, було проаналізовано негативний вплив вапна на температурний режим сушіння окатишів (зниження допустимої температури, руйнування від виділення пари) та шляхи їх вирішення (наприклад, додавання сульфату заліза). Особливу увагу приділено підвищеній чутливості процесу огрудкування з вапном до коливань складу сировини та параметрів режиму, а також труднощам із забезпеченням повного гасіння вапна до подачі шихти в огрудковувач. Представлені рішення щодо прискорення гасіння вапна через багаторазове перемішування шихти, а також вимоги до нового випалювального обладнання для виробництва вапна безпосередньо на фабриках огрудкування.

Додатково було проаналізовано різні типи вапна (активоване карбонатне, активне оксидне, доломітизоване) та їхні переваги/недоліки, а також можливість використання вапна в комбінації з іншими сполучними добавками (бентоніт, залізний купорос) для покращення властивостей окатишів. Розглянуто застосування вапна у безвипалювальних технологіях (карбонізація, автоклавне зміцнення) та міжнародний досвід (Латинська Америка, Японія, Словаччина), що підкреслює глобальний інтерес до цієї технології. Зроблено висновок про економічну доцільність застосування вапна, незважаючи на деяке збільшення собівартості виробництва окатишів, за рахунок зниження витрат на виплавку чавуну.

В основній частині дипломної роботи проаналізовано відомі проблеми офлюсованих окатишів, такі як підвищений залишковий вміст сірки та знижена міцність, що пов'язано з неперетравленим вапном і формуванням слабких шлакових зв'язків. Окрему увагу було приділено важливості крупності флюсу для кінетики твердофазних реакцій та кінцевої міцності окатишів, відзначаючи прогалини у попередніх дослідженнях щодо прямого впливу крупності вапняку на міцність.

Детально описано умови лабораторних та промислових досліджень, які було обрано для аналізу. Зокрема, зазначено склад шихти (концентрат, вапняк, бентоніт) та її фізико-хімічні характеристики, а також діапазони крупності вапняку (від 0-0,1 мм до 1,6-3,0 мм), що використовувались в експериментах. Описано процедуру випалу окатишів у вертикальній трубчастій печі з контрольованими режимами нагрівання та витримки, а також методи оцінки якості як сирих, так і обпалених окатишів (міцність на роздавлювання, вміст FeO, CaO).

У ході аналізу було виявлено та підтверджено ключові залежності. Показано, що збільшення крупності вапняку призводить до зниження міцності сирих окатишів і різкого зростання вмісту незасвоєного CaO в обпалених окатишах, особливо при низьких температурах та короткому

часі випалу. Також зроблено висновок, що підвищення температури випалу ефективніше сприяє засвоєнню СаО, ніж збільшення тривалості випалу, завдяки утворенню рідкої фази. Промислові випробування підтвердили ці лабораторні результати, демонструючи зниження міцності обпалених окатишів зі збільшенням крупності вапняку та важливість дрібних фракцій флюсу для мінімізації вмісту вільного вапна.

ОКАТИШІ, ФЛЮСИ, ВАПНЯК, ТЕРМОЗМІЦНЕННЯ, ШЛАКОВА
ЗВ'ЯЗКА, БЕНТОНІТ

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 9 |
| 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА | 11 |
| 1.1. Передумови та проблеми застосування вапна під час виробництва окатишів | 11 |
| 1.2. Типи вапна та способи його застосування | 15 |
| Висновки по аналітичній частині | 25 |
| 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА | 27 |
| 2.1 Вплив крупності вапняку на міцність офлюсованих окатишів | 27 |
| 2.2 Опис умов дослідження, обраного для аналізу | 27 |
| 2.3 Дослідження впливу характеристик вапняку на властивості сирих і термозміцнених окатишів | 28 |
| Висновки по основній частині | 38 |
| 3 ОХОРОНА ПРАЦІ | 40 |
| 3.1 Законодавство в області охорони праці | 40 |
| 3.2 Розрахункова частина | 40 |
| Висновки по охороні праці | 43 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 44 |
| Перелік бібліографічних джерел | 48 |

ВСТУП

Сучасна металургійна промисловість характеризується постійним зростанням вимог до якості сировини, енергоефективності виробничих процесів та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. У цьому контексті виробництво залізородних окатишів відіграє ключову роль у забезпеченні доменних печей високоякісною шихтою. Окатиші, як підготовлена сировина, мають ряд переваг перед агломератом та рудою дрібних фракцій, зокрема високу газопроникність, рівномірність складу та міцність, що позитивно впливає на продуктивність доменних печей та якість виплавленого чавуну.

Одним із важливих етапів виробництва залізородних окатишів є їхнє обпалювання, в процесі якого відбувається зміцнення структури завдяки утворенню мінеральних зв'язок між окремими частинками рудного концентрату. Для інтенсифікації цього процесу та покращення якісних характеристик окатишів широко застосовуються різні флюсуючі добавки. Серед них особливе місце займає вапно (CaO), яке завдяки своїм фізико-хімічним властивостям сприяє формуванню міцної та пористої структури окатишів, підвищує їхню відновлюваність у доменній печі та може впливати на екологічність виробництва.

Актуальність дослідження використання вапна у виробництві залізородних окатишів зумовлена необхідністю оптимізації технологічних параметрів процесу обпалювання, покращення якості готової продукції та зниження собівартості виробництва. Вивчення впливу кількості, дисперсності та реакційної здатності вапна на формування структури, міцність, відновлюваність та інші важливі властивості залізородних окатишів є важливим для розробки ефективних технологічних рішень.

У зв'язку з цим метою даної дипломної роботи є дослідження впливу використання вапна на технологічні параметри та якість залізорудних окатишів. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань:

Об'єктом дослідження є процес виробництва залізорудних окатишів із використанням вапна як флюсуючої добавки. Предметом дослідження є вплив кількості та властивостей вапна на якісні характеристики залізорудних окатишів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості їхнього використання на гірничо-збагачувальних комбінатах та підприємствах, що займаються виробництвом залізорудних окатишів, для оптимізації технологічних процесів, підвищення якості продукції та зниження виробничих витрат.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Передумови та проблеми застосування вапна під час виробництва окатишів

Найпоширеніша сполучна добавка в шихті огрудкування – бентоніт – містить до 60 % кремнезему, збільшення частки якого в металургійній сировині є небажаним. За основності 1,2 доменного шлаку застосування бентоніту в шихті для виробництва окатишів призводить до збільшення витрат коксу на 3-12 кг/т чавуну і зниження продуктивності доменної печі на 0,3-1,3 % внаслідок збільшення виходу шлаку. Крім того, основні запаси бентонітів в Україні представлені лужноземельними (кальцієвими) різницями, а для огрудкувальних фабрик бажаними є високонабухаючі лужні (натрієві) бентоніти, які рідко утворюють великі поклади. Високі комкувальні властивості вапна дають змогу розглядати його як добавку до шихти огрудкування, що поєднує в собі якості сполучного та основного флюсу, здатну замінити бентоніт [1].

Основними умовами отримання вапна з високими в'язучими властивостями і придатного для введення в шихту огрудкування є низькотемпературний випал вапняку, що забезпечує високу активність вапна і тонкий помел, який сприяє його рівномірному розподілу в шихті.

Лабораторними дослідженнями інституту «Механобрчормет» показано можливість одержання доволі міцних сирих і сухих окатишів із концентратів із добавкою гашеного або негашеного вапна як зміцнювальної добавки. Присутність 3 % негашеного вапна в шихті огрудкування дає можливість одержати з концентрату окатиші, які мають міцність на стиск у сирому і сухому стані 14,0 і 32,0 Н/окатиш відповідно. Застосування вапна в шихті огрудкування спричиняє зміну рН водного середовища, що позитивно впливає на процес колоїдоутворення і міцність окатишів.

Дослідженнями, виконаними НМетАУ спільно з Північним ГЗК, встановлено принципову можливість одержання міцних не тільки сирих і сухих, а й обпалених окатишів із шихти, в якій бентоніт повністю замінений вапном [2, 3]. Окатиші основністю 0,6 отримували з концентрату ПівнГЗК з добавкою вапняку і негашеного вапна. Вміст класу мінус 0,05 мм у вапні становив 50, а активного оксиду кальцію 70 %. Витрата вапна в шихту дорівнювала 1,5 %. На чашовому огрудкувачі діаметром 1 м було отримано сирі окатиші вологістю 9,4-9,5 %, які мають міцність на стиск 10,0-12,0 Н/окатиш і міцність на скидання з висоти 500 мм 5,0-5,5 раза. Ці показники міцності відповідають технічним умовам ПівнГЗК на сирі окатиші, одержувані з використанням бентоніту. Потім окатиші обпалювали на конвеєрній машині площею 278 м². Режим роботи машини в період випалювання окатишів з вапном відповідав діючій на огрудкувальній фабриці режимній карті.

Середня міцність обпалених окатишів становила 2090 Н/окатиш за вмісту в них 1,8 % FeO. У процесі зберігання міцність обпалених окатишів змінюється незначно, але дещо перевищує зниження міцності окатишів з бентонітом [2]. Після 40 діб зберігання міцність обпалених окатишів з вапном знизилася на 8,6 %, а окатишів з бентонітом на 6,3 %.

Здатність негашеного вапна до поглинання води робить цей вид вапна ефективною добавкою при огрудкуванні вологих концентратів (12-13 %). Експериментальними дослідженнями показано можливість виробництва сирих і обпалених окатишів із вологоємного залізорудного концентрату з використанням негашеного вапна як осушувальної добавки [4].

Встановлено також, що під час заміни бентоніту вапном, поряд з підвищенням вмісту заліза в окатишах і збільшенням міцності сирих окатишів, підвищується стійкість сирих окатишів під час швидкого нагрівання.

Таким чином, останніми роками отримано досить переконливі докази доцільності застосування вапна в шихті для виробництва окатишів. Водночас існує низка серйозних проблем, що стримують швидке впровадження технології виробництва окатишів з використанням вапна. Деякі експериментальні дані свідчать про негативний вплив добавки вапна на температурний рівень сушіння окатишів. Допустима температура теплоносія під час сушіння окатишів, офлюсованих вапном, менша, ніж неофлюсованих або офлюсованих вапняком (300 і 350-400 °С відповідно). Можливе руйнування окатишів з вапном у зоні сушіння (головним чином під час підігріву) під час виділення пари води, що утворюється в результаті розкладання гідроксиду кальцію. Лабораторними експериментами, проведеними в Словаччині, встановлено, що додавання оксиду кальцію до залізорудної шихти не менше ніж за 2 год до початку огрудкування підвищує міцність обпалених окатишів, але зменшує стійкість сирих окатишів проти теплового удару. Отже, застосування вапна в шихті огрудкування вимагає м'якшого режиму сушіння окатишів або розроблення заходів, спрямованих на підвищення температури «шоку» окатишів. Негативний вплив вапна на термостійкість окатишів можна виключити введенням у шихту 0,5 % сульфату заліза ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) [5].

Іншою характерною особливістю технології одержання окатишів з використанням вапна замість бентоніту, як показують промислові випробування, є підвищена чутливість процесу випалу, особливо процесу огрудкування, до коливань складу і властивостей сировини, а також параметрів технологічного режиму. Стабільний перебіг процесу огрудкування із задовільними показниками міцності та гранулометричного складу окатишів забезпечується в меншому інтервалі коливань вмісту вапна і вологи в шихті, ніж бентоніту, що пояснюється меншою вологопоглинаючою здатністю вапна порівняно з бентонітом. Таким чином, застосування вапна як сполучної добавки в шихті огрудкування вимагає

досить суворого дотримання вимог до якості шихтових компонентів і всіх параметрів технологічного процесу.

При введенні в шихту огрудкування негашеного вапна певні труднощі викликає забезпечення якомога повнішого гасіння вапна до подачі шихти в огрудкувач. Недотримання цієї умови призводить до порушень процесу огрудкування, різкого погіршення якості окатишів, особливо міцності висушених окатишів. Для забезпечення повного засвоєння вапна в шихті необхідне витримування шихти протягом кількох годин у спеціальних гасильних бункерах великої місткості, що пов'язано з додатковими капітальними витратами. Дослідженнями НМетАУ встановлено, що тривалість гасіння тонкозернистого активного вапна в залізорудній шихті вологістю близько 10 % може бути скорочено в кілька разів шляхом багаторазового (не менш як 3-4 стадії) перемішування шихти. Прискорення процесу гасіння вапна вологою шихти під час перемішування відбувається внаслідок періодичної зміни структури мікроб'ємів шихти і створення нових контактів між частинками вапна і вологими зернами концентрату. На дослідно-промисловій фабриці Центрального ГЗК (ЦГЗК), де шихта змішується в одну стадію шнековим змішувачем, оптимальна тривалість витримки шихти становить 6-8 год, а в умовах дослідно-промислової установки Північного ГЗК, де на тракті подачі шихти є три роторних і один барабанний змішувач, високий ступінь гасіння вапна в шихті досягається за 40-50 хв [6]. Для періодичного перемішування шихти з вапном ефективні роторні змішувачі, встановлення яких порівняно просте і не потребує додаткових площ під змішувальне обладнання.

Впровадження технології виробництва окатишів з вапном залежить від наявності високопродуктивних і економічних випалювальних печей для одержання вапна на огрудкувальних фабриках. Розроблення та впровадження таких печей для випалювання вапна є одним із найважливіших напрямів вирішення проблеми виробництва залізорудних

окатишів з використанням вапна як сполучного [7]. Поліпшення техніко-економічних показників виробництва окатишів з вапном можливе шляхом зниження собівартості одиниці активного оксиду кальцію, що міститься у вапні.

Ефективним агрегатом для виробництва вапна, використовуваного в процесах огрудкування, може слугувати циклонно-вихрова піч (ЦВП), розроблена в НметАУ. Обладнати таку піч можна шляхом невеликої реконструкції наявних на огрудкувальних фабриках топкових агрегатів кульових млинів для подрібнення бентоніту і вапняку.

Застосування вапна в шихті для виробництва окатишів вимагає додаткових заходів щодо забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці і охорони навколишнього середовища [5].

1.2. Типи вапна та способи його застосування

У НМетАУ розроблено й випробувано два варіанти технології виробництва окатишів з використанням негашеного вапна: на основі активованого карбонатного й активного оксидного вапна. Карбонатне вапно є продуктом випалювання вапняку з переважним вмістом у ньому карбонату кальцію та меншим вмістом оксиду кальцію (зазвичай вміст вільного оксиду кальцію в карбонатному вапні не перевищує 25-30 %). Карбонатне вапно може бути отримано в результаті слабкого випалу вапняку або змішування високого випаленого і необпаленого вапняків. Внаслідок малого вмісту в карбонатному вапні активних складових воно має невисокі сполучні властивості, які, однак, можуть бути значно підвищені шляхом механічного активування карбонатного вапна. У результаті механічного впливу та хімічних реакцій під час подрібнення карбонатного вапна можливе зв'язування вільного оксиду кальцію.

За відповідного режиму випалювання тонко-подрібненого вапняку можна отримати активне оксидне вапно, що має високі в'язучі властивості та придатне для введення до шихти огрудкування без попереднього актування. У цьому полягає одна із суттєвих переваг оксидного вапна перед карбонатним, оскільки спільне подрібнення у вентильованому млині двох продуктів різної густини (карбонату й оксиду кальцію) пов'язане зі значними труднощами.

Недоліком технології виробництва окатишів з використанням карбонатного вапна є також введення вапняку в шихту тільки у вигляді карбонатного вапна, що обмежує можливість регулювання процесу в разі відхилення хімічного складу і властивостей компонентів шихти. Необхідність у збільшенні витрати карбонатного вапна як сполучної добавки при погіршенні огрудкування може призвести до небажаного підвищення основності шихти і, навпаки, коригування зміни основності окатишів витратою сполучної добавки викличе порушення стабільності процесу огрудкування. У зв'язку з цим очевидна перевага оксидного вапна, зумовлена можливістю його застосування під час виробництва низькофлюсованих окатишів, що важливо під час огрудкування концентратів з високим вмістом кремнезему, наприклад, на Полтавському ГЗК.

Поряд з вапном, отриманим зі звичайного кальциту, для виробництва окатишів може застосовуватися вапно з доломітизованого вапняку або доломіту. В Японії запропоновано вводити в шихту для одержання окатишів 0,2-5,0 % доломіту, обпаленого при 1000 °С. Таке вапно рекомендується при огрудкуванні руд з високим вмістом глинозему [8].

Для виробництва обпалених окатишів з піритних недогарків, шламів, що утворюються під час одержання нікелю, та інших промислових відходів, у складі яких є сірка, в Словаччині запропоновано застосовувати подрібнену й усереднену суміш, що містить 1-5 % Ca(OH)_2 . Як джерело

гідроксиду кальцію використовують вапно сухого гасіння, вапняне молоко або негашене вапно. Суміш містить 60-80 % фракцій із розміром зерна 0,001-0,06 мм. Застосування такої суміші сприяє десульфурації окатишів у процесі випалу і забезпечує їхню міцність 2000-2500 Н/окатиш [9].

Ефективне використання вапна в шихті огрудкування можливе і за наявності в шихті інших сполучних добавок – бентоніту, залізного купоросу, металізованої залізовмісної сировини.

У лабораторних умовах досліджували можливість застосування вапна як сполучної добавки разом із бентонітом [10]. При одержанні окатишів із залізної руди добавка вапна в шихту, що містить 0,8 % бентоніту, призводить до підвищення міцності обпалених окатишів з 2100 до 2700 Н/окатиш.

Зв'язувальну речовину, що містить металеве залізо і вапно у співвідношенні 2:3 (за масою), запропоновано інститутом «Механобрчермет» для огрудкування залізовмісних матеріалів», при цьому забезпечується підвищення міцності сирих окатишів [11].

Оскільки під час огрудкування велике значення має взаємна коагуляція двох золів із протилежними знаками заряду, грудкувальні властивості вапна, що має колоїди з негативними зарядами, посилюються під час його використання разом із речовинами, що утворюють позитивно заряджені колоїди. Як таку речовину рекомендується використовувати залізний купорос, що є відходом виробництва під час травлення металу [45]. Дослідженнями, проведеними в інституті «Механобрчермет», встановлено позитивний вплив добавки залізного купоросу на міцність сирих і сухих окатишів із різних концентратів, що містять вапно. Так, за вмісту в шихті з Лебединського концентрату 2 % гашеного вапна введення 0,2 % залізного купоросу призводить до отримання сирих окатишів міцністю 14, а сухих - 27 Н/окатиш. Збільшення витрати залізного купоросу до 0,6-0,8 % підвищує міцність сухих окатишів до 47 Н/окатиш. Переважно вводити купорос у

вигляді розчину (а не у вигляді порошку) безпосередньо в процес огрудкування, що скорочує його витрату і значно підвищує якість одержуваних окатишів.

Важливою позитивною властивістю залізного купоросу в шихті є його здатність підвищувати стійкість окатишів проти теплового удару, а недоліком - наявність у ньому сірки - шкідливої домішки в окатишах. Шихта на основі пилу 20-40 % і окалини (5-15 %) металургійних заводів додатково містить доменний (20-40 %) і сталеплавильний (10-30 %) шлами, сталеплавильний шлак (5-15 %) і вапно (5-20 %). При цьому поряд з підвищенням якості окускованої сировини скорочуються витрати на утилізацію залізовмісних відходів у результаті виключення операції сушіння вологих шламів і додаткових сполучних для окускування [13].

Шихта для виробництва офлюсованих окатишів, що містить, окрім залізорудного концентрату, вапно (2-8 %), сидеритову руду (2-15 %), хлористий магній (0,2-1,0 %), забезпечує зменшення стирання окатишів під час відновлення [14].

З метою інтенсифікації виробництва, зменшення вторинного окиснення металевого заліза, підвищення щільності та зменшення злипання окатишів розроблено спосіб одержання металізованих окатишів із шихти, яка містить 0,2-5,0 % СаО, який містить огрудкування, сушіння, окислювальне випалювання, відновлення за 800-1100 °С у шахтній печі та охолодження [15].

Вапно знаходить застосування при окускуванні залізних руд і концентратів безвипалювальними способами [16]. Особливо широко використовують різні типи вапна в процесах окускування методами карбонізації, в основу яких покладено зміцнення в результаті взаємодії гідрату оксиду кальцію і вуглекислого газу. Наприклад, способи виробництва окатишів, запропоновані в Словаччині, передбачають подачу в шихту гашеного, негашеного або доломітизованого вапна; у воду, що

застосовується під час огрудкування, також додають вапно і насичують її під тиском вуглекислим газом [17, 18].

Можливе зміцнення окатишів у водоповітряному середовищі за звичайної температури, для чого до залізородного матеріалу перед огрудкуванням додають 5-15 % цементу і 3-15 % гашеного вапна [19].

З методів автоклавного зміцнення окатишів із застосуванням вапна слід зазначити технологію, яка пройшла промислове випробування [20]. Вона передбачає змішування і витримку шихти до повного гасіння вапна, огрудкування та обробку окатишів в автоклаві. Особливістю технології є введення в шихту заздалегідь підготовленої суміші вапна і концентрату, що забезпечує вміст 4-15 % флюсу в окатишах, причому кількість вапна в суміші не менш як 12 % і в 1,3-3 рази більша за його вміст у шихті.

За кордоном виробництво окатишів із використанням вапна в шихті огрудкування сконцентровано в країнах Латинської Америки (Бразилії, Мексиці та інших), де в період 1970-1978 рр. побудовано 11 фабрик огрудкування, що працюють без застосування бентоніту. Загальний обсяг виробництва обпалених залізородних окатишів із застосуванням вапна становить близько 37 млн т/рік. Відсутність розубожуючої крем'янистої добавки в шихті (бентоніту) дає змогу виготовити з багатої залізної руди окатиші, придатні не тільки для доменного виробництва, а й для прямого відновлення. Наприклад, одна з перших огрудкувальних фабрик, де почали застосовувати вапно як зв'язувальну добавку, розташована в Колімі (Мексика), виробляє окатиші, які містять 67,2 % Fe за основності 1,14, міцності 2900 Н/окатиш та вмісту дрібноти близько 2 % [21-25]. Ці окатиші відповідають вимогам до сировини для металізації та використовуються в процесі прямого відновлення за методом Охалата і Ламіна.

На зарубіжних огрудкувальних фабриках використовують гашене вапно в кількості від 0,5 до 3,5 %, що зумовлено деякими його технологічними перевагами перед негашеним вапном – відсутністю

коливань ступеню гасіння вапна в шихті, що приводить до стабілізації процесу огрудкування та випалювання окатишів, а також можливістю проведення процесу гасіння вапна в оптимальному режимі, що підвищує в'язучі властивості гідроксиду кальцію [26]. Водночас застосування гашеного вапна виключає можливість використання вологопоглинаючої здатності вапна, яка особливо важлива при огрудкуванні перезвожених концентратів. Крім того, застосування гашеного вапна пов'язане з необхідністю організації відділення гасіння вапна.

В Україні промислове впровадження технології виробництва окатишів з використанням вапна в шихті здійснюється на основі застосування негашеного вапна. Під час виробництва офлюсованих окатишів основністю 0,85 на Полтавському ГЗК (ПГЗК) використовують свіжообпалене вапно, отримане в шахтних печах. Застосування негашеного вапна замість бентоніту призвело до зниження виходу дрібноти класу 3-0 мм у готовому продукті на 1,5 % і збільшення вмісту загального заліза в окатишах на 0,5 %. Ступінь вигорання сірки з окатишів збільшився на 4,0 % [27].

Розрахунок поточних і капітальних витрат на виробництво окатишів з вапном показав, що використання вапна як сполучного призводить до збільшення собівартості та капіталомісткості окатишів на 15 і 8,6 грн/т відповідно. Це спричинено подорожчанням виробництва вапна порівняно з підготовкою сирого вапняку, а також збільшенням питомої витрати залізорудного концентрату у зв'язку зі зміною витрат флюсу та виведенням з шихти бентоніту. На ММК ім. Ілліча було визначено економічну ефективність проплавлення окатишів, отриманих із застосуванням вапна і бентоніту; порівняння проводили за аналізом наведених витрат на виплавку чавуну. Вміст окатишів у рудній частині шихти було прийнято рівним 50 %, а показники гарячої міцності окатишів з вапном і бентонітом однаковими. Спільне врахування факторів, що здорожують (збільшення

витрат на виробництво окатишів) і здешевлюють (підвищений вміст заліза та знижений вміст сірки в окатишах), показало, що наведені витрати на виплавку чавуну знижуються на 4 грн/т у разі використання в шихті огрудкування вапна.

На дослідно-промисловій фабриці огрудкування ЦГЗК було випробувано технологію виробництва обпалених окислених окатишів з використанням оксидного вапна як сполучної добавки [6]. Випробовували вапно трьох типів: отримане в обертових печах металургійного комбінату ПАТ «Арселорміттал Кривий Ріг», у циклонній печі НКГЗК і на випалювальній машині конвеєрного типу дослідно-промислової фабрики ЦГЗК. Окатиші основою 0,6 одержували із суміші концентратів ЦГЗК, вапняку і вапна. Вміст $(\text{CaO}+\text{MgO})_{\text{акт}}$ в шихті становив 1,2 %, що відповідало витраті вапна в шихту на рівні 1,5-2,0 % .

Сирі окатиші отримували в чашовому огрудкувачі діам. 5,5 м. Окатиші вологістю 8,8-9,4 % мали середню міцність на скидання і стиснення відповідно 2,8 раза і 13 Н/окатиш. Вміст фракції 5-20 мм у сирих окатишах становив 85,6-90,5 %. При випалюванні на машині конвеєрного типу площею 18 м² було отримано окатиші із середньою міцністю на стиск близько 2000 Н/окатиш і вмістом дрібноти 5-0 мм близько 3,0 %. Барабанні показники такі: дробимість 90 %, стираність 8 %.

Порівняння сирих і обпалених окатишів, отриманих з використанням вапна різних типів, показало, що якість окатишів з вапном, отриманим в обертових печах, поступається якості окатишів з вапном двох інших досліджених типів. Цей висновок можна пояснити порівняно низьким коефіцієнтом активності ($\Delta T_5 = 3,9 \text{ }^\circ\text{C}$) вапна обертових печей, яка є значно нижчою, ніж у вапна циклонної печі (25,2 °C) та вапна, обпаленого на конвеєрній машині (20,2 °C). З цієї причини ступінь засвоєння активних складових вапна обертової печі був нижчим, що позначилося на міцнісних властивостях окатишів.

Випробування показали важливість забезпечення повної гідратації вапна в шихті перед огрудкуванням; досягнення цієї мети спрощується в разі використання високоактивного вапна і стабілізації його фізико-хімічних властивостей.

Промислове випробування технології виробництва окатишів, офлюсованих карбонатним вапном, без застосування в шихті бентоніту проводилося на огрудкувальній фабриці ЦГЗК [28]. Карбонатне вапно одержували шляхом часткового випалу вапняку крупністю 5-25 мм на конвеєрній машині дослідно-промислової фабрики ЦГЗК. Вміст у карбонатному вапні активних оксидів кальцію і магнію становив відповідно 14,7-19,2 і 1,5-1,7 %.

Під час випробувань було відзначено позитивний вплив збільшення основності окатишів з 0,68 до 1,08 на гранулометричний склад і механічну міцність необпалених окатишів, що пояснюється підвищенням вмісту в'язучої речовини в шихті та зниженням вологості шихти до оптимального рівня. Підготовка і введення карбонатного вапна в шихту огрудкування супроводжувалися певними труднощами через залягання його в трактах подачі та недосконалість дозування. Через нерівномірне дозування вапна і пов'язані з цим коливання вологості шихти процес огрудкування протікав нестійко.

Характеристики міцності сирих і обпалених окатишів з вапном залишалися на рівні окатишів з бентонітом, за винятком помітно збільшеної міцності на стиск сухих і обпалених окатишів. Під час плавки дослідної партії окатишів, отриманих із застосуванням активованого карбонатного вапна, отримано зниження витрати коксу на 5,3 % і підвищення продуктивності доменної печі на 3,5 %.

На дослідно-промисловій установці ПівнГЗК отримано близько 20 тис. т офлюсованих окатишів основою 0,6 з використанням активного оксидного вапна в шихті замість бентоніту [29]. Вапно для випробувань

отримували шляхом випалювання тонкоподрібненого вапняку в ЦВП. Вміст вапна в шихті огрудкування становив близько 1,5 %, що забезпечувало введення в шихту 0,9-1,1 % активних складових.

Сирі окатиші одержували в чашовому огрудкувачі діам. 7,5 м, а обпалювали на конвеєрній машині площею 108 м². У результаті заміни бентоніту вапном вміст заліза в обпалених окатишах збільшився на 0,5 %; міцнісні властивості окатишів практично не змінилися.

Позитивні результати випробувань на дослідно-промисловій установці ПівнГЗК дали змогу впровадити на випалювальній машині технологію виробництва обпалених офлюсованих окатишів з використанням в якості сполучної добавки активного оксидного вапна.

На дослідно-промисловій установці Лисаківського ГЗК продуктивністю 150-170 тис. т/рік освоєно виробництво безвипалювальних автоклавованих окатишів. Першу дослідну партію окатишів проплавлено в доменній печі Карагандинського металургійного комбінату [30]. Для виробництва окатишів використовують лисаківський концентрат випалювання-магнітного збагачення, негашене вапно, що містить 75-95 % активних складових, і повернення готових окатишів. Основне завдання підготовки шихти полягає в забезпеченні максимальної гідратації вапна вологою концентрату, для чого застосовують спеціальний реактор і три стадії змішування шихти. Після огрудкування в чашовому огрудкувачі сирі окатиші обробляють в автоклаві за температури 191 °С і надлишкового тиску 1,3 МПа за таким режимом: підвищення тиску протягом 0,5-1,5 год, ізотермічна витримка 2 год, зниження тиску за 0,5-2,5 год.

Дослідження процесу отримання автоклавованих окатишів показало, що на їхню міцність найбільше впливають властивості сирих окатишів (міцність, вологість, крупність), а також якість сировинних матеріалів - активність вапна, вологість і фізико-хімічний склад концентрату. Для отримання досить міцних автоклавованих окатишів необхідна відповідність

якості сировинних матеріалів технічним умовам і стабілізація процесу отримання сирих окатишів. Ці вимоги повністю збігаються з вимогами під час виробництва окатишів з вапном, що зміцнюються високотемпературним випалюванням.

Висновки по аналітичній частині

1. Вапно (як гашене, так і негашене) ефективно застосовується при отриманні основних видів окислених залізородних матеріалів – агломератів і окатишів. Введення вапна в шихту окатишів здійснюється з метою підвищення їх металургійних властивостей (виведення з шихти висококремністого бентоніту) з одночасним їх офлюсуванням. За кордоном у шихті для отримання окатишів, як правило, застосовують гашене вапно, що сприяє стабілізації процесу окомкування і випалу, але вимагає організації додаткової ділянки гасіння.

2. В Україні розвиток технології огрудкування із застосуванням вапна здійснюється шляхом використання негашеного вапна, головною перевагою якого є застосування не тільки сполучної, а й вологопоглинаючої здатності вапна. Заміна бентоніту негашеним вапном вимагає створення умов для повного гасіння вапна в шихті до початку огрудкування, більш жорстких вимог до стабільності якості сировини і параметрів технології, коригування температурного режиму випалу, а також забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці.

3. Потенціал та переваги вапна як сполучної добавки: Аналіз тексту переконливо демонструє значний потенціал вапна як ефективною та економічно вигідною альтернативою бентоніту у виробництві залізородних окатишів. Ключова перевага полягає в тому, що вапно виступає одночасно як сполучний компонент і як основний флюс, що дозволяє зменшити вміст кремнезему в шихті. Це, своєю чергою, призводить до ряду позитивних металургійних ефектів, таких як зниження витрат коксу та підвищення продуктивності доменних печей за рахунок зменшення виходу шлаку. Крім того, використання вапна може підвищити вміст заліза в готових окатишах та покращити їх десульфурацію.

4. Незважаючи на численні переваги, впровадження технології виробництва окатишів з вапном стикається з низкою серйозних технологічних проблем. Основними з них є підвищена чутливість сирих окатишів до теплового удару в зоні сушіння, що вимагає м'якших режимів термообробки або застосування спеціальних добавок (наприклад, сульфату заліза). Також виникають труднощі із забезпеченням повного та рівномірного гасіння вапна до огрудкування, що може призвести до нестабільності процесу та погіршення якості окатишів. Це вимагає додаткових стадій перемішування шихти або значних капітальних витрат на гасильні бункери.

5. Для успішного застосування вапна критично важливим є забезпечення його високої якості та активності. Текст підкреслює необхідність низькотемпературного випалу вапняку для отримання високоактивного вапна та тонкого його помелу для рівномірного розподілу в шихті. Різні типи вапна (активоване карбонатне, активне оксидне) мають свої особливості та переваги, причому активне оксидне вапно є більш перспективним завдяки високим в'яжучим властивостям без попередньої активації. Важливим є також забезпечення стабілізації фізико-хімічних властивостей вапна та його повної гідратації перед огрудкуванням.

6. Хоча використання вапна може призвести до незначного збільшення собівартості та капіталомісткості виробництва окатишів (за рахунок удорожчання вапна та зміни витрат концентрату), загальна економічна ефективність для металургійного підприємства виявляється позитивною. Зниження витрат коксу в доменній печі, підвищення її продуктивності, а також покращення якості чавуну (за рахунок зниження вмісту сірки та збільшення вмісту заліза в окатишах) компенсують початкові витрати. Це підтверджується промисловими випробуваннями та розрахунками, що вказують на загальне зниження наведених витрат на виплавку чавуну.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Вплив крупності вапняку на міцність офлюсованих окатишів

Офлюсовані окатиші часто мають у порівнянні з неофлюсованими підвищений залишковий вміст сірки і нижчу міцність. При малому часі перебування окатишів у зоні випалу в них може залишатися неперетравлене вапно, гідратація якого на повітрі супроводжується збільшенням його обсягу на 150-350 % [31], що викликає ослаблення міцності скелета окатиша і навіть руйнує його.

Введення флюсу в шихту окатишів призводить до утворення при випалюванні сполук сірки з кальцієм (CaSO_4 , CaS), що визначає в кінцевому рахунку залишковий вміст сірки в офлюсованих окатишах [32, 33]. Випал таких окатишів при високих температурах (1290-1320 °C) супроводжується їх оплавленням і розвитком шлакових зв'язків, які набагато слабші за гематитові [34].

Крупність введеного флюсу істотно впливає на кінетику реакцій у твердій фазі, міцність сирих і обпалених окатишів. Однак наявні літературні дані показують вплив крупності вапняку тільки на вміст залишкової сірки в окатишах [34].

2.2 Опис умов дослідження, обраного для аналізу

У моїй дипломній роботі проаналізовано дослідження, в якому вивчено вплив крупності вапняку на міцність сирих окатишів, вміст вільного CaO і міцність обпалених окатишів. Для отримання окатишів у лабораторному барабані-окомковачі діам. 600 мм з лінійною швидкістю обертання 55 м/хв використовували шихту, що складається з 92 %

концентрату, 7 % вапняку і 1 % бентоніту, що відповідає основності окатишів CaO/SiO_2 порядку 1,1-1,2.

Сирі матеріали мали таку фізико-хімічну характеристику:

| Найменування матеріалів | Добавки, % | Вологість, % | Вміст класу -0,074 мм, % | Fe, % | S, % | FeO, % | CaO, % | SiO ₂ , % |
|-------------------------|------------|--------------|--------------------------|-------|------|--------|--------|----------------------|
| Концентрат | 92 | 9,7 | 94,0 | 65,8 | 0,49 | 27,65 | 1,07 | 4,74 |
| Вапняк | 7 | 0,2 | – | – | – | – | 54,0 | 1,04 |
| Бентоніт | 1 | 4,5 | 87,0 | – | – | – | 3,8 | 61,0 |

У різних дослідах застосовували вапняк крупністю 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,8; 0,8-1,25; 1,25-1,6; 1,6-3,0 мм. Якість сирих окатишів оцінювали за міцнісними властивостями і виходом кондиціонованого класу 10-16 мм.

2.3 Дослідження впливу характеристик вапняку на властивості сирих і термозміцнених окатишів

Окатиші, попередньо висушені в сушильній шафі, випалювали у вертикальній трубчастій печі діам. 55 мм в потоці повітря (швидкість повітря 15 см/сек) за режимом з дискретним нагріванням і витримками при температурах 300 і 800 °С відповідно 1 і 5 хв і випалювали при температурах 1225-1300 °С (з інтервалом 25 град). Час витримки окатишів у зоні випалу становив 5, 10 і 15 хв. Якість випалених окатишів оцінювали за вмістом FeO, CaO і міцністю окатишів на роздавлювання (кГ/ок).

При промислових випробуваннях тривалістю п'ять діб у двох дослідних періодах використовували вапняк із середнім вмістом класу -0,08 мм 71,5 і 79,6 %. При поступовому збільшенні крупності вапняку, що

призводить до деякого зменшення вмісту дрібнодисперсних фракцій в шихті, міцність окатишів на роздавлювання знижується з 1,44 до 1,22 кГ/окатиш (рис. 2.1); особливо помітне зниження міцності спостерігається в початковий момент, коли при збільшенні крупності флюсу до 0,1-0,2 і 0,2-0,4 мм різко знижується частка вносимих ним тонких фракцій, що визначають схильність шихти до окомкування і міцність сирих окатишів.

Великі шматочки вапняку (1 мм і більше) розташовуються, як правило, в центрі окатиша. Це свідчить про те, що вони переважно є центрами зародження окатишів. Шматочки вапняку менше 1 мм розташовуються майже рівномірно по всьому перетину окатиша. При промислових випробуваннях перехід на вапняк дещо більш грубого подрібнення не вплинув на міцнісні характеристики і гранулометричний склад сирих окатишів, що містять класи 8-10, 10-12 і 12-16 мм у кількості відповідно 8, 2-8,3; 42-44,2 і 36,4-41,7 %. Окатиші діаметром 14 мм мали міцність на роздавлювання 1,43 кГ/окатиш і витримували 15,6 падінь без руйнувань з висоти 300 мм.

До окатишів висуваються особливо жорсткі вимоги щодо вмісту СаО. Його вміст 0,1 % і вище слід вважати небезпечним для міцності окатишів, оскільки при витримці їх на повітрі відбувається «гасіння» СаО парами вологи зі збільшенням обсягу при утворенні гідрату окису кальцію, що призводить до виникнення внутрішніх напружень в окатишах і руйнування їх.

Як відзначають Д. А. Кіссін і Т. І. Литвинова [35], в процесі агломерації шихти з основністю 1,3 зі збільшенням її крупності від 0,01 до 1,0 мм також зберігаються окремі шматочки вапна аж до температур 1300-1350 °С, що призводить до руйнування спека.

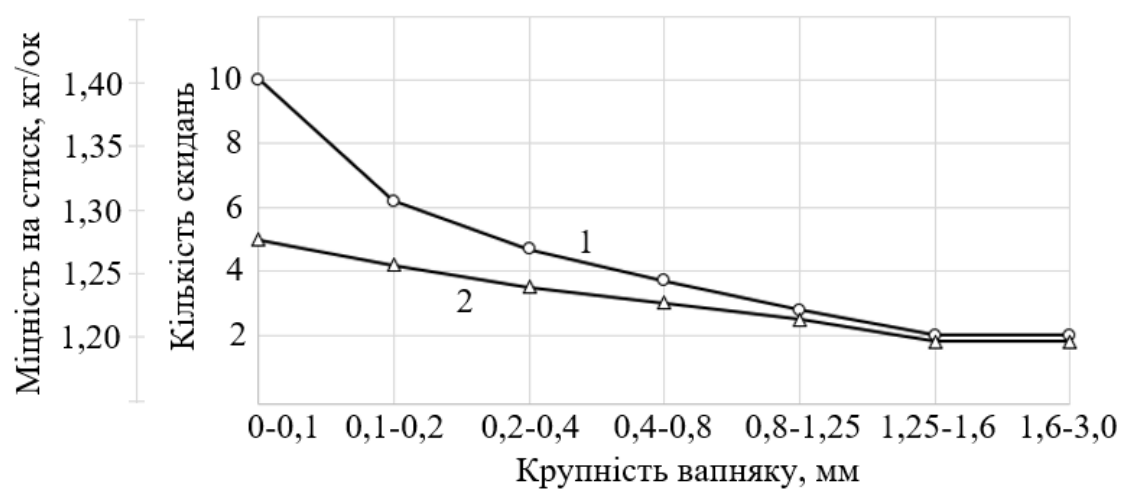


Рис. 2.1. Залежність міцності сирих окатишів на роздавлювання (1) і кількості скидань з висоти 300 мм без руйнування окатишів (2) від крупності вапняку

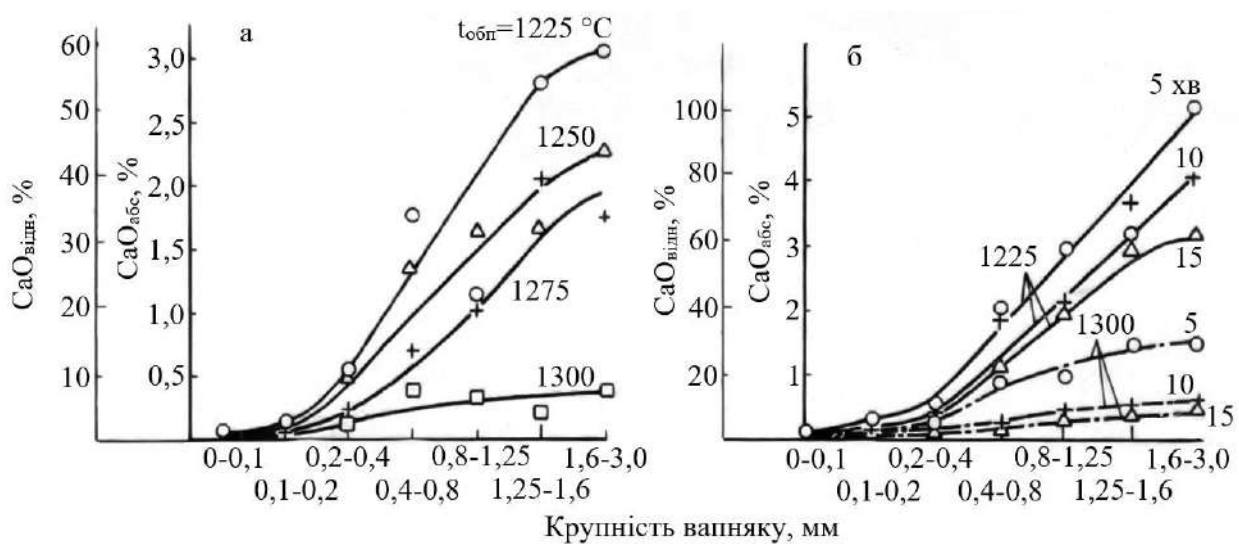


Рис. 2.2. Залежність вмісту CaO в окатишах від крупності вапняку при випалюванні протягом 15 хв (а) і при різній тривалості випалювання при температурах 1225 і 1300 °C (б)

Проведені лабораторні випробування з визначення залежності CaO від крупності введених в шихту вузькочасифікованих фракцій вапняку при різних температурах і часі витримки показали, що збільшення крупності вапняку призводить до різкого збільшення вмісту CaO в окатишах (рис. 2.2). Особливо значна кількість CaO при флюсі крупністю 0,2-0,4 мм і вище спостерігається в окатишах, обпалених при низьких температурах (1225 °C) і малому часі випалу (5 хв).

Збільшення температури випалу сприяє засвоєнню CaO в окатиші більшою мірою, ніж збільшення тривалості випалу при постійній температурі. Збільшення температури випалу з 1250 до 1275 °C не має такого впливу на зниження CaO, як збільшення температури випалу з 1275 до 1300 °C. Значне падіння вмісту CaO в окатишах при температурі випалу 1300 °C пояснюється швидким утворенням при цій температурі рідкої фази в мікрообсягах окатишів, в якій відбувається засвоєння CaO за рахунок розчинення її в розплаві. В окатишах, що містять великі фракції вапняку, при недостатній тривалості випалу (5 хв) (навіть в окатишах, випалених при температурі 1300 °C) виявляється підвищена кількість CaO (до 26,5 % всього CaO окатишів, рис. 2.2, б). При використанні в шихті окатишів дрібних фракцій вапняку (розміром менше 0,1 мм) вміст CaO в окатишах залишається досить низьким незалежно від температури випалу (1250-1300 °C).

Промислові випробування підтвердили дані лабораторних досліджень: із збільшенням частки тонких класів (-0,08 мм) у вапняку з 70 до 83 % кількість не засвоєного вапна в окатишах знизилася в 4,5 раза: з 5,5 до 1,2 % від усього вмісту CaO в окатишах (рис. 2.4).

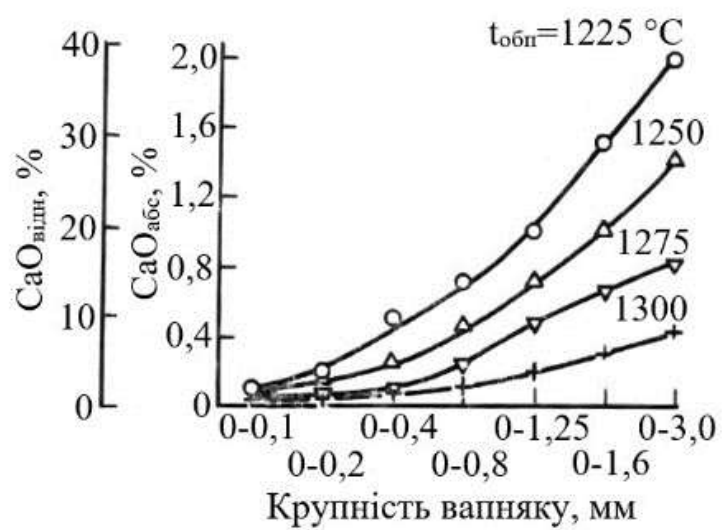


Рис. 2.3. Залежність CaO в окатишах від крупності вапняку

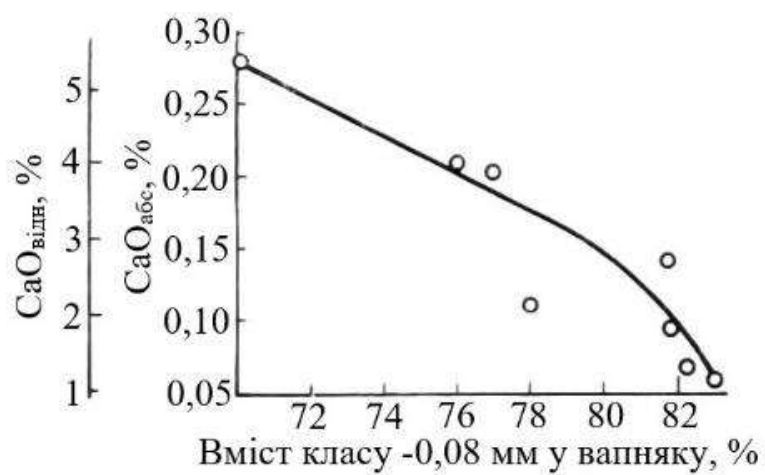


Рис. 2.4. Залежність вмісту CaO в окатишах від крупності вапняку (промислові випробування)

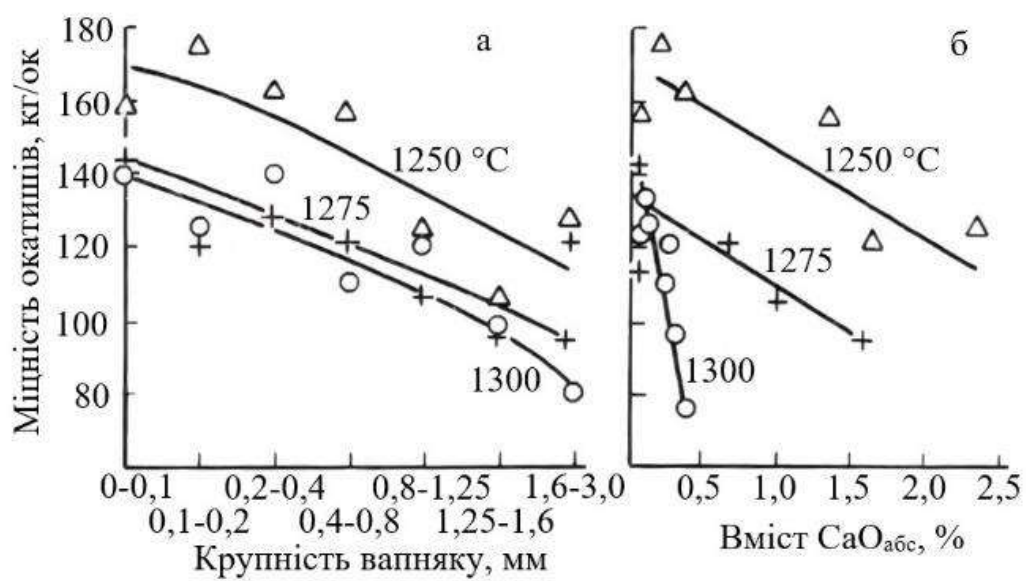


Рис. 2.5. Залежність міцності обпалених окатишів від крупності вапняку (а) і вмісту CaO в окатишах (б) при часі випалу 15 хв.

Цифри біля кривих – температура випалу

Для засвоєння CaO при використанні в шихті фракцій вапняку більше 0,2-0,4 мм температура 1250 °С недостатня навіть при тривалому часі випалу (15 хв). Для відносно повного засвоєння CaO великих фракцій необхідна температура 1300 °С і вище при тривалості випалу 15 хв і більше. Аналогічні закономірності встановлені і при використанні фракцій вапняку з різною верхньою межею крупності (0-0,1; 0-0,2; 0-0,4; 0-0,8; 0-1,25; 0-1,6 і 0- 3,0 мм). Результати наведені на рис. 2.3.

Введення в шихту грубих фракцій вапняку (більше 0,1 мм) призводить до ослаблення як сирих, так і обпалених окатишів. Міцність обпалених окатишів падає при збільшенні крупності вапняку від 0-0,1 мм до 1,6-3,0 мм з 130-180 до 140-90 кг/окатиш (тобто на 10-30 %, рис. 2.5). Залежність міцності окатишів від вмісту CaO наведена на рис. 2.5. У промислових випробуваннях міцність обпалених окатишів також знизилася при збільшенні крупності вапняку в середньому з 251 до 238 кг/окатиш. Витримка окатишів обох режимів у воді протягом доби знизила міцність окатишів до 190 кг/окатиш.

Проведені випробування дозволили зробити наступні висновки.

Міцність сирих окатишів зменшується із збільшенням крупності вапняку, що вводиться в шихту.

Збільшення крупності частинок вапняку з 0,01 до 1,6-3,0 мм призводить до різкого збільшення вмісту не засвоєного вапна в офлюсованих окатишах з 0,07-0,15 до 2-4 % (з 1,5-3,0 до 40-80 % від загального вмісту CaO). Збільшення температури випалу з 1225 до 1300 °С сприяє засвоєнню CaO більшою мірою, ніж збільшення тривалості випалу при температурах 1225-1250 °С з 5 до 15 хв. Для створення умов інтенсивного засвоєння великих частинок вапняку в реальних умовах випалу необхідно утворення рідкої фази в мікрообсягах окатишів, що може призвести до утворення спеків і зниження відновлюваності гранул.

Міцність обпалених окатишів зменшується зі збільшенням крупності вапняку з 0-0,1 до 1,6-3,0 мм на 10-30 %.

Висновки по основній частині

1. Дослідження чітко демонструють, що міцність сирих офлюсованих окатишів обернено пропорційна крупності вапняку, що вводиться в шихту. Збільшення розміру частинок вапняку призводить до помітного зниження міцності сирих окатишів на роздавлювання. Це пояснюється зменшенням частки дрібнодисперсних фракцій у шихті, які відіграють ключову роль у процесі окомкування та формуванні початкової міцності сирих гранул. Таким чином, для забезпечення високої міцності сирих окатишів критично важливим є використання максимально тонкоподрібненого флюсу.

2. Найбільш значущим висновком є встановлення прямої залежності між крупністю вапняку та вмістом незасвоєного оксиду кальцію (СаО) в обпалених окатишах. Чим більші частинки вапняку, тим вищий залишковий вміст СаО, що становить серйозну загрозу для міцності готових окатишів. Це пов'язано з гідратацією вільного СаО на повітрі, що супроводжується значним збільшенням об'єму (на 150-350%), створюючи внутрішні напруження і руйнуючи скелет окатиша. Відповідно, підвищений вміст вільного вапна призводить до зниження міцності обпалених окатишів на 10-30% і більше.

3. Дослідження переконливо показують, що ефективність засвоєння СаО значною мірою залежить від параметрів випалу. Збільшення температури випалу (особливо перехід від 1275 до 1300 °С) є більш ефективним для зниження вмісту вільного СаО, ніж просто збільшення тривалості випалу при нижчих температурах. При високих температурах відбувається інтенсивне утворення рідкої фази в мікрооб'ємах окатишів, що сприяє розчиненню і засвоєнню СаО. Для повного засвоєння великих фракцій вапняку необхідна температура 1300 °С і вище, а також тривалий час випалу (15 хв і більше). Проте, надмірне утворення рідкої фази може

мати негативні наслідки, такі як утворення спеків і зниження відновлюваності.

4. Зібрані дані, як лабораторні, так і промислові, підтверджують, що крупність вапняку є критичним фактором, що впливає на комплекс властивостей офлюсованих окатишів, включаючи міцність сирих гранул, ступінь засвоєння СаО та кінцеву міцність обпалених окатишів. Використання тонкоподрібненого вапняку (розміром менше 0,1 мм) є оптимальним рішенням, оскільки це забезпечує низький вміст вільного СаО незалежно від температури випалу та зберігає високу міцність як сирих, так і обпалених окатишів, що є ключовою умовою для їх подальшого використання у металургійному виробництві.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Законодавство в області охорони праці

Основними законами України, визначаючими основні положення про охорону праці, є конституція України, Закон України «Про охорону праці» і Кодекс законів про працю України.

Закон України «Про охорону праці» є одним з найважливіших законодавчих актів і визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності. Стаття 155 закону України «Про охорону праці» свідчить: «Жодне підприємство, цех, ділянка виробництва не повинні бути прийняті і введені в експлуатацію, якщо на них не створені безпечні і нешкідливі умови праці».

У основі технологічного процесу, що розглядається в даній випускній кваліфікаційній роботі магістра лежить процес підготовки металургійної сировини з піритних огарків. Нормованими параметрами технологічного процесу є маса початкових матеріалів, що переробляються, швидкість їх переміщення, об'єм, тиск і температура на різних стадіях процесу. У зв'язку з високотемпературною переробкою великої кількості матеріалів виробниче середовище сталеплавильного цеху характеризується наявністю ряду шкідливих і небезпечних чинників, таких як: підвищена температура, загазованість і запиленість повітря робочих зон.

3.2. Розрахункова частина

У цеху площею $100 \times 40 \text{ м}^2$ з середнім виділенням пилу, кіптяви і диму мінімальна освітленість по нормі складає 50 лк. Освітлення здійснюється

світильниками прямого світла. Напруга в освітлювальній мережі 127 В. Потужність вживаних електроламп 500 Вт.

Визначимо потужність освітлювальної установки і кількість ламп, необхідну для створення загального рівномірного освітлення. Розрахунок вироблений методом ватів.

Потужність освітлювальної установки по методу ватів визначається за допомогою наступної формули:

$$W = E \cdot s \cdot k / 1000 \cdot E_{\text{ср}}, \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

де E – нормована освітленість, лк; s – площа освітлюваного приміщення, м^2 ; k – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення ламп і освітлювальної арматури, а також через поглинання частини світлового потоку нальотом вольфраму, що осідає на стінках колби лампи. Для приведеного прикладу при середніх виділеннях кіптяви, пилу і диму коефіцієнт запасу для ламп розжарювання $k = 1,5$; $E_{\text{ср}}$ – середня горизонтальна освітленість в лк при рівномірному розміщенні освітлювальних приладів загального освітлення при витраті $1 \text{ Вт}/\text{м}^2$. При потужності ламп 500 Вт, напрузі 127 В і світильниках прямого світла приймаємо $E_{\text{ср}} = 4,15$.

Підставивши цифрові значення у формулу (3.1), одержимо:

$$W = 50 \cdot 100 \cdot 40 \cdot 1,5 / 1000 \cdot 4,15 = 72,3 \text{ кВт}.$$

Необхідна кількість ламп вибраної потужності визначається за виразом:

$$N = W_1 / W_2, \text{ шт}, \quad (3.2)$$

де W_1 – потужність освітлювальної установки, Вт; W_2 – потужність однієї лампи, Вт.

При потужності однієї лампи 500 Вт, необхідна кількість ламп дорівнює:

$$N = 72300 / 500 = 145 \text{ шт.}$$

Таким чином, для створення загального рівномірного освітлення потужність освітлювальної установки повинна складати 72,3 кВт, необхідна кількість ламп – 145 штук, при потужності однієї лампи 500 Вт.

Висновки по охороні праці

1. У роботі передбачено застосування прогресивного устаткування, що дозволяє локалізувати шкідливі викиди в навколишнє середовище і забезпечити умови праці, що відповідають санітарним нормам.

2. Агломераційний цех по ступеню пожежної небезпеки відноситься до категорії «Г», як виробництво, пов'язане з обробкою матеріалів, що не згорають, в розплавленому стані і супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вапно (як гашене, так і негашене) ефективно застосовується при отриманні основних видів окислених залізорудних матеріалів – агломератів і окатишів. Введення вапна в шихту окатишів здійснюється з метою підвищення їх металургійних властивостей (виведення з шихти висококремнистого бентоніту) з одночасним їх офлюсуванням. За кордоном у шихті для отримання окатишів, як правило, застосовують гашене вапно, що сприяє стабілізації процесу окомкування і випалу, але вимагає організації додаткової ділянки гасіння.

2. В Україні розвиток технології огрудкування із застосуванням вапна здійснюється шляхом використання негашеного вапна, головною перевагою якого є застосування не тільки сполучної, а й вологопоглинаючої здатності вапна. Заміна бентоніту негашеним вапном вимагає створення умов для повного гасіння вапна в шихті до початку огрудкування, більш жорстких вимог до стабільності якості сировини і параметрів технології, коригування температурного режиму випалу, а також забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов праці.

3. Потенціал та переваги вапна як сполучної добавки: Аналіз тексту переконливо демонструє значний потенціал вапна як ефективною та економічно вигідною альтернативою бентоніту у виробництві залізорудних окатишів. Ключова перевага полягає в тому, що вапно виступає одночасно як сполучний компонент і як основний флюс, що дозволяє зменшити вміст кремнезему в шихті. Це, своєю чергою, призводить до ряду позитивних металургійних ефектів, таких як зниження витрат коксу та підвищення продуктивності доменних печей за рахунок зменшення виходу шлаку. Крім того, використання вапна може підвищити вміст заліза в готових окатишах та покращити їх десульфуріацію.

4. Незважаючи на численні переваги, впровадження технології виробництва окатишів з вапном стикається з низкою серйозних технологічних проблем. Основними з них є підвищена чутливість сирих окатишів до теплового удару в зоні сушіння, що вимагає м'якших режимів термообробки або застосування спеціальних добавок (наприклад, сульфату заліза). Також виникають труднощі із забезпеченням повного та рівномірного гасіння вапна до огрудкування, що може призвести до нестабільності процесу та погіршення якості окатишів. Це вимагає додаткових стадій перемішування шихти або значних капітальних витрат на гасильні бункери.

5. Для успішного застосування вапна критично важливим є забезпечення його високої якості та активності. Текст підкреслює необхідність низькотемпературного випалу вапняку для отримання високоактивного вапна та тонкого його помелу для рівномірного розподілу в шихті. Різні типи вапна (активоване карбонатне, активне оксидне) мають свої особливості та переваги, причому активне оксидне вапно є більш перспективним завдяки високим в'яжучим властивостям без попередньої активації. Важливим є також забезпечення стабілізації фізико-хімічних властивостей вапна та його повної гідратації перед огрудкуванням.

6. Хоча використання вапна може призвести до незначного збільшення собівартості та капіталомісткості виробництва окатишів (за рахунок удорожчання вапна та зміни витрат концентрату), загальна економічна ефективність для металургійного підприємства виявляється позитивною. Зниження витрат коксу в доменній печі, підвищення її продуктивності, а також покращення якості чавуну (за рахунок зниження вмісту сірки та збільшення вмісту заліза в окатишах) компенсують початкові витрати. Це підтверджується промисловими випробуваннями та розрахунками, що вказують на загальне зниження наведених витрат на виплавку чавуну.

7. Дослідження чітко демонструють, що міцність сирих офлюсованих окатишів обернено пропорційна крупності вапняку, що вводиться в шихту. Збільшення розміру частинок вапняку призводить до помітного зниження міцності сирих окатишів на роздавлювання. Це пояснюється зменшенням частки дрібнодисперсних фракцій у шихті, які відіграють ключову роль у процесі окомкування та формуванні початкової міцності сирих гранул. Таким чином, для забезпечення високої міцності сирих окатишів критично важливим є використання максимально тонкоподрібненого флюсу.

8. Найбільш значущим висновком є встановлення прямої залежності між крупністю вапняку та вмістом незасвоєного оксиду кальцію (CaO) в обпалених окатишах. Чим більші частинки вапняку, тим вищий залишковий вміст CaO, що становить серйозну загрозу для міцності готових окатишів. Це пов'язано з гідратацією вільного CaO на повітрі, що супроводжується значним збільшенням об'єму (на 150-350%), створюючи внутрішні напруження і руйнуючи скелет окатиша. Відповідно, підвищений вміст вільного вапна призводить до зниження міцності обпалених окатишів на 10-30% і більше.

9. Дослідження переконливо показують, що ефективність засвоєння CaO значною мірою залежить від параметрів випалу. Збільшення температури випалу (особливо перехід від 1275 до 1300 °C) є більш ефективним для зниження вмісту вільного CaO, ніж просто збільшення тривалості випалу при нижчих температурах. При високих температурах відбувається інтенсивне утворення рідкої фази в мікрооб'ємах окатишів, що сприяє розчиненню і засвоєнню CaO. Для повного засвоєння великих фракцій вапняку необхідна температура 1300 °C і вище, а також тривалий час випалу (15 хв і більше). Проте, надмірне утворення рідкої фази може мати негативні наслідки, такі як утворення спеків і зниження відновлюваності.

10. Зібрані дані, як лабораторні, так і промислові, підтверджують, що крупність вапняку є критичним фактором, що впливає на комплекс властивостей офлюсованих окатишів, включаючи міцність сирих гранул, ступінь засвоєння СаО та кінцеву міцність обпалених окатишів. Використання тонкоподрібненого вапняку (розміром менше 0,1 мм) є оптимальним рішенням, оскільки це забезпечує низький вміст вільного СаО незалежно від температури випалу та зберігає високу міцність як сирих, так і обпалених окатишів, що є ключовою умовою для їх подальшого використання у металургійному виробництві.

11. У роботі передбачено застосування прогресивного устаткування, що дозволяє локалізувати шкідливі викиди в навколишнє середовище і забезпечити умови праці, що відповідають санітарним нормам.

12. Агломераційний цех по ступеню пожежної небезпеки відноситься до категорії «Г», як виробництво, пов'язане з обробкою матеріалів, що не згорають, в розплавленому стані і супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я.

Перелік бібліографічних джерел

1. Савельев С. Г., Каменев Р. Д. Развитие технологии получения сырых окатышей. – В кн.: Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции «Теоретические основы и технология подготовки металлургического сырья к доменной плавке». Днепропетровск, 1980, с. 92-93.

2. Исследование технологии получения окатышей с применением извести / С. Г. Савельев, О. Г. Федоров, А. П. Дениренко, В. Н. Соломаха. – Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация», 1983, вып. 9, с. 44-45.

3. Савельев С. Г., Федоров О. Г., Соломаха В. Н. О возможности замены бентонита известью при производстве окатышей. – Изв. вуз. Черная металлургия, 1983, № 12, с. 11-13.

4. Исследование процесса окомкования шихт из влагоемкого железорудного концентрата / В. Н. Билоус, С. А. Федоров, Н. Н. Бережной и др. – Изв. вуз. Черная металлургия, 1984, № 5, с. 21-24.

5. Milosevski S., Cadikovska V. Mogucnosti primene ferosulfata i kalcium oksida kao vezivna sredstva u procesu peletiziranja. – Metalurgija, 1979, N 1, s. 19-22.

6. Применение извести различного качества при производстве железорудных окатышей / С. Г. Савельев, О. Г. Федоров, В. Н. Соломаха, О. П. Литвинов – Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация», 1985, вып. 3, с. 30-31.

7. Производство и использование извести для окускования железорудных материалов / В. М. Воропаев, О. Г. Федоров, А. А. Арделян и др. – Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация», 1980, вып. 19, с. 3-13.

8. Jagannath PAL, Chelladurai ARUNKUMAR, Yamazala RAJSHEKHAR, Gautam DAS, Manik Chandra GOSWAMI, Thirumalachari VENUGOPALAN “Development on iron ore pelletization using calcined lime and MgO combined flux replacing limestone and bentonite” ISIJ international, vol. 54, 2014, pp. 2169-2178.

9. A.K. Mandal, O.P. Sinha “Characterization of fluxed iron ore pellets as compared to feed material for blast furnace”, Journal of Progressive Research in Chemistry [JPRC], vol. 2, 2015.

10. Mojtaba F. S. Herstellung von Pellets aus iranischen Eisenerzen in ungebranntem und gebranntem Zustand. – TIZ-Fachber., 1979, № 5, S. 264, 268, 270–271.

11. Chizhikov V.M., Vainshtein R.M., Zorin S.N., Zainetdinov T.I., Zinyagin G.A., Shevchenko A.A. “Production of iron ore pellets with an organic binder”, Metallurgist, 47, 2003, pp. 3-4.

12. Беляева Г. А., Быстрова Р. А. Использование железного купороса для интенсификации окомкования концентратов. – В кн.: Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции «Теоретические основы и технология подготовки металлургического сырья к доменной плавке». Днепропетровск, 1980, с. 95-96.

13. В.Н. Захарченко, М.В. Ягольник, К.В. Шмат, Ж.В. Свириденко «Пути повышения эффективности работы доменных печей», Металл и литье Украины, №5, 2014, с. 33-34.

14. Савельев С.Г. Применение извести при производстве окатышей /С.Г. Савельев, Р.Д. Каменев // Проблемы производства и использования извести в черной металлургии: тез. докл. Республ. научно-техн. конф. – Днепропетровск, 1979. – с. 60.

15. Firth A.R., Garden J.R., Douglas J.D. Phase equilibria and slag formation in magnetite ore of fluxed iron ore pellets ISIJ international, 48, 2008, pp. 1485-1492.

16. Лотош В. Е., Окунев А. И. Безобжиговое окускование руд и концентратов. – М.: Наука, 1980, 216 с.

17. De Souza R.P., de Mendonca C.F., Karter T., 1984, “Production of acid iron ore pellet for direct reduction using an organic binder”. *Mining Eng. Magn.*, 36, pp. 1437 – 1441.

18. Schmitt J. “A method for improving the process and quality of iron ore pellets made with organic binders”, in: 66th Annual University of Minnesota Mining Symposium, Duluth, MN, USA, 2005, pp. 19 – 20.

19. Прокопенко В.І., Лілова Д. П. Щодо питання встановлення факторів, що визначають собівартість продукції гірничо-збагачувальних підприємств. *Економічний Вісник, НГУ* 2004 № 1, с. 30-35.

20. Alok Sarkar, A.K. Mandal, O.P. Sinha “Palletization behavior of fluxed iron ore pellets of varying basicities made with waste fine”, *International Journal of science and engineering [IJSE]*, vol. 5, 2013.

21. Price I. F., Aparicio L. E. Making iron oxide pellets for direct reduction: the HYL process Alzada Pelbcase. – *Mining Engineering*, 1981, v. 33, № 4, p. 401-407.

22. Kitschen L. Aufbereitungs und Pelletieranlage Pena Colorada Mexico-Gesichtspunkte einer günstigen techn- schwirtschaftlichen Projektgestaltung. – *Aufbereitungs- Technik*, 1975, N 12, S. 621-625.

23. Тецу В. Фабрика окатишів для компанії «Небраско». – *Санге кікай*, 1979, № 344, с. 42-44.

24. Miller K. I. SIDOR’s experience with direct reduction. – *Iron and Steel Engineering*, 1982, № 9, p. 25-32.

25. Sisselman R. Chiles firs pellet plant incorporates heat recoup system and self-fluxing pellets. – *Engineering and Mining Journal*, 1978, v. 179, № 5, p. 90-103.

26. Савельев С. Г., Каменев Р. Д. Применение извести при производстве окатышей. – В кн.: Тезисы докладов Республиканской

научно-технической конференции «Проблемы производства и использования извести в черной металлургии». Днепропетровск, 1979, с. 60.

27. Сравнительная экономическая эффективность использования известняка и извести на офлюсование окатышей ССГОКа / Л. К-Антоненко, О. Д. Житников, В. А. Питателен и др. – В кн.: Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции «Проблемы производства и использования извести в черной металлургии». Днепропетровск, 1979, с. 68-69.

28. Промышленная апробация новой технологии производства окатышей офлюсованных карбонатной известью / Г.Г. Ефименко, Ж.В. Свириденко, А.А. Готовцев и др. – В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара «Состояние и перспективы производства извести для нужд черной металлургии». М.: ин-т «Черметинформация», 1984, с. 29-30.

29. Буланкин Н. И., Тыква П. Я. Освоение технологии производства окатышей. – Горный журнал, 1983. – №11. – С. 24–25.

30. Опытно-промышленная установка для производства безобжиговых окатышей / Н. Г. Анохина, А. А. Голубева, П. С. Грабко и др. – Черная металлургия. Бюл. ин-та «Черметинформация», 1982, вып. 7, с. 55–56.

31. Влияние качества флюса на процессы окускования и качество железорудных окатышей / Г.Г. Ефименко, Ж.В. Свириденко, А.И. Каракаш, К.В. Шмат // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. — Дніпропетровськ.: ІСМ НАН України, 2008. — Вип. 16. — С. 293-301.

32. Оценка металлургических свойств окатышей осн. 1.1, полученных добавкой различных флюсующих смесей / Г. А. Воловик, Н. А. Гладков, Васильев Г. П. и др. // Теория и технология подготовки мет. сырья к

доменной плавке: Тез. докл. Всесоюзн. научн. – техн. конф. – Днепропетровск, 1985. – С. 21.

33. Васильев П. Г., Алпаев Н. Е., Васюченко А. И. Некоторые особенности использования в доменной плавке окатышей КЦГОК основностью 1,0, офлюсованных карбонатной известью // Теория и технология подготовки металлургического сырья к доменной плавке: Тез. докл. Всесоюзной научн. – техн. конф. – Днепропетровск, 1985. – С. 27.

34. Промышленная апробация новой технологии производства окатышей, офлюсованных карбонатной известью / Ж. В. Свириденко, Г. Г. Ефименко, А. А. Готовцев и др. // Состояние и перспективы производства извести для нужд черной металлургии: Тез. докл. Всесоюзного научн. – техн. семинара. – Донецк, 1984. – С. 13.

35. Киссин Д. А., Литвинова Т. И. Сталь, 1990. – № 5. – С. 397.

Звіт подібності

метадані

Назва організації

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Заголовок

Поляков Владислав Станіславович

Автор

Науковий керівник / Експерт

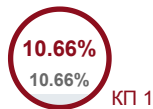
Поляков Владислав СтаніславовичЧупринов Є.В.

підрозділ

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

6820

Кількість слів

52426

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

| | | |
|------------------------|----|----|
| Заміна букв | Б | 2 |
| Інтервали | A→ | 0 |
| Мікропробіли | ␣ | 0 |
| Білі знаки | ␣ | 0 |
| Парафрази (SmartMarks) | a | 50 |

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ) | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---------------------|--|---|
| 1 | Щербак Ігор Сергійович 1/14/2025 STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY (STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY) | 268 3.93 % |

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

бакалавра
(бакалавра, магістра)

Студента Полякова Владислава Станіславовича
(прізвище, ім'я та по-батькові)
групи МТ-22ск

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра
(бакалавра, магістра)

Аналіз впливу характеристик вапняку на
металургійні властивості залізорудних окатишів

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

| | |
|---|-----------|
| пояснювальна записка | <u>52</u> |
| таблиць | <u>1;</u> |
| схем і рисунків | <u>5;</u> |
| листів графічної частини (демонстраційного матеріалу) | <u>6.</u> |

Якісні відмінності кваліфікаційної роботи бакалавра
(бакалавра, магістра)

Розглянуто економічні та технологічні переваги заміни традиційного бентоніту на вапно, головним чином, через зниження вмісту кремнезему у шихті та потенційне зменшення витрат коксу в доменному виробництві. Описано вимоги до якості вапна (низькотемпературний випал, тонкий помел) та представлені результати лабораторних і промислових досліджень, що підтверджують можливість отримання міцних сирих, сухих та обпалених окатишів із заміною бентоніту вапном. Проаналізовано відомі проблеми офлюсованих окатишів, такі як підвищений залишковий вміст сірки та знижена міцність, що пов'язано з неперетравленим вапном і формуванням слабких шлакових зв'язків. Окрему увагу було приділено важливості крупності флюсу для кінетики твердофазних реакцій та кінцевої міцності окатишів, відзначаючи прогалини у попередніх дослідженнях щодо прямого впливу крупності вапняку на міцність.

Недоліки кваліфікаційної роботи

бакалавра

(бакалавра, магістра)

Проаналізовані результати досліджень, які стали основою дипломної роботи, можливо, не розкриті у повній мірі, що, тим не менше, не впливає на цінність роботи. Також наявні деякі стилістичні та пунктуаційні помилки.

Характеристика загальної, спеціальної і виробничої підготовки автора кваліфікаційної роботи бакалавра, ступінь самостійності виконання:

Під час написання дипломної роботи Поляков В.С. проявив себе, як спеціаліст у галузі металургії. Всі поставлені завдання були виконані вчасно та у повній мірі. Дипломна робота виконана самостійно студентом із незначною допомогою наукового керівника щодо оформлення та напрямків пошуку інформації.

Можливість використання кваліфікаційної роботи бакалавра

Робота може бути використана в якості теоретичної бази для впровадження нових технологічних рішень у процес виробництва окатишів.

Оцінка кваліфікаційної роботи бакалавра – добра

Керівник

Кассім Дар'я Олександрівна

(прізвище, ім'я та по-батькові)

професор, д.т.н.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

« 07 » 06 2025 р.

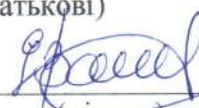
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу _____ бакалавра
(бакалавра, магістра)
Студента _____ Полякова Владислава Станіславовича
(прізвище, ім'я та по-батькові)

| | |
|---|---|
| групи | |
| Тема кваліфікаційної роботи | бакалавра (бакалавра, магістра) |
| <u>Аналіз впливу характеристик вапняку на металургійні властивості залізорудних окатишів</u> | |
| Тема спеціальної частини кваліфікаційної роботи | бакалавра (бакалавра, магістра) |
| <u>Дослідження впливу характеристик вапняку на властивості сирих і термозміцнених окатишів</u> | |
| Переваги кваліфікаційної роботи | бакалавра (бакалавра, магістра) |
| <u>Дипломна робота присвячена аналізу впливу характеристик вапняку на металургійні властивості залізорудних окатишів з метою покращення умов їх виробництва</u> | |
| Недоліки кваліфікаційної роботи | бакалавра (бакалавра, магістра) |
| Суттєвих недоліків не виявлено | |
| Рекомендації: робота рекомендується до захисту в екзаменаційній комісії | |
| | |
| | |
| Рецензент | Чупринов Євген Валерійович (прізвище, ім'я та по-батькові) |

доцент, к.т.н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Д О В І Д К А
про перевірку тексту роботи програмно-технічними засобами

Текст (вибрати необхідне):

- кваліфікаційної роботи;
- навчальної/наукової праці;
- наукових матеріалів

«Аналіз впливу характеристик ватняку на металургію»,
властивості димоворудних (назва) окатів

автором/авторами або виконавцем якої є:

Поляков Владислав Станіславович
(ПІБ)
каф. металургійних технологій
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом 52 сторінок друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом
«Strike Plagiarism».

Рівень оригінальності становить 89,34%.

При перевірці посилань програмою визначено окремі співпадіння із:

- власними публікаціями;
- термінологією;
- посиланнями на літературу, праці вчених;
- посиланнями на законодавство;
- загальноновживаними фразами.

Матеріали було розглянуто та рекомендовано до

захисту в ЗК на засіданні
(подальшого розгляду, друку, опублікування тощо)
каф. металургійних технологій
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія тощо)

№ 12 Державного університету економіки і технологій від «12» 06 2025р. протокол

Керівник підрозділу

(підпис)

Ініціал, ПРІЗВИЩЕ

Дата 12.06.2025

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Поліков Владислав Стякіславович, підтримую політику
Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Аналіз впливу
характеристик вапняку на металургійні властивості залізко-
рудних окислів» виконана самостійно та
не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену
допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних дослі-
джень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату
в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій
ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі
порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або
оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій
(електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазна-
чена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії
ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025



Поліков В.С

(ініціали, прізвище, власноруч)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА

про підготовку студента-випускника

Полякова Владислава Станіславовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Металургійних технологій

Спеціальність 136 – Металургія

(шифр, назва)

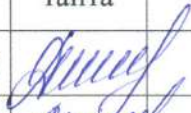
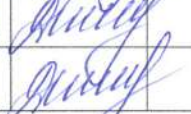

Тема кваліфікаційної роботи магістра Аналіз впливу характеристик вапняку на металургійні властивості залізородних окатишів

Керівник кваліфікаційної роботи:

професор, д.т.н., Кассім Д.О.

(посада, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Оцінки по розділах роботи

| № з/п | Найменування розділу проекту (роботи) | Консультант | Зараховано / не зараховано | Дата | Підпис консульта | Примітка |
|-------|--|-------------|----------------------------|-------|---|----------|
| 1 | Аналітична частина | Кассім Д.О. | зарах | 07.06 |  | |
| 2 | Основна частина | Кассім Д.О. | зарах | 07.06 |  | |
| 3 | Охорона праці | Кассім Д.О. | зарах | 07.06 |  | |

Завідувач кафедри


(підпис)

Д.О. Кассім

(ініціали, прізвище)

« 07 » 06 2025 р.