

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

ОТОРВІН СЕМЕН ПАВЛОВИЧ

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему Вивчення технології отримання безобпалювальних залізородних окатишів та аналіз їх металургійних характеристик
(повна назва теми)

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

науковий керівник

к.т.н., доцент
(наук. ступінь, вчене звання)


(підпис)

Коренко М.Г.
(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. ступень, вчене звання

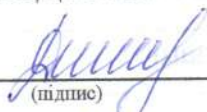
Д.О. Кассім
Ініціали, прізвище

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)
« 04 » 04

проф. Д.О. Кассім
(посада, вчене звання,
прізвище ініціали)
20 25 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ(КИ)

ОТОРВІНУ СЕМЕНУ ПАВЛОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра:
Вивчення технології отримання безобпалювальних залізородних
окатишів та аналіз їх металургійних характеристик
керівник кваліфікаційної роботи Коренко Марина Георгіївна, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені 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: аналіз технології виробництва безвипалювальних
автоклавованих окатишів; аналіз умов формування якісних
автоклавованих окатишів; результати дослідів металургійних
властивостей автоклавованих окатишів

4.2. Основна частина: огляд установки для виробництва безобпалювальних
окатишів; аналіз пуско-налагоджувальних робіт і характеристика
проведених реконструкцій окремих вузлів і агрегатів установки;
металургійні властивості безвипалювальних окатишів із гравітаційного
концентрату за методом Гренсколд

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	Коренко М.Г., доцент		
2 Основна частина	Коренко М.Г., доцент		
3 Охорона праці	Коренко М.Г., доцент		

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



(прізвище)

Оторвін С.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи







(підпис)

Коренко М.Г.

(прізвище та ініціали)

ВІДОМІСТЬ дипломної роботи бакалавра
(назва випускної кваліфікаційної роботи)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	К-сть. лис- тів	№ екз	Примітка
			<u>Документація загальна</u>			
1	A4	ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.ПЗ	Пояснювальна записка	53		
			Слайди			
2	A4	ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.01	Схема ланцюга апаратів дослідно-промислової установки з виробництва безвипалювальних автоклавованих окатишів	1		
3	A4	ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.02	Хімічний склад концентратів (чисельник) і окатишів із них (знаменник)	1		
4	A4	ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.03	Міцність окатишів на стиск при нагріванні в окислювальному середовищі	1		
5	A4	ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.04	Температури розм'якшення і плавлення різних окатишів і агломерату, °С	1		
6	A4	ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.05	Ступінь відновлення залізорудних окатишів газовими сумішами CO – CO ₂ – N ₂ за різних температур та Зміна міцності окатишів у процесі відновлення за різних температур у середовищі CO – CO ₂ – N ₂	1		
7	A4	ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ.06	Зміна об'єму окатишів у процесі відновлення за різних температур у газовому середовищі складу CO – CO ₂ – N ₂	1		

					ННТІ ДУЕТ.136.ВРБ			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Оторвін С.П.		07.06.25	Відомість випускної роботи бакалавра	Літ.	Лист	Листів
Керівник		Коренко М.Г.		07.06.25		Д	Т	1
Н.контр.		Кассім Д.О.		07.06.25	ННТІ ДУЕТ, каф. Металургійних технологій гр. МТ-21			
Затв.		Кассім Д.О.		07.06.25				

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка: 53 сторінки, 7 рисунків, 6 табл., 25 джерел.

Об'єкт дослідження – технологія та обладнання для отримання безобпалювальних залізородних окатишів.

Мета роботи – аналіз технології отримання безобпалювальних залізородних окатишів та дослідження їх металургійних характеристик з метою розробки рекомендацій щодо застосування в доменному виробництві.

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

Досліджено інноваційний метод виробництва залізородних окатишів без застосування високотемпературного випалу, відомий як процес «Гренгколд». Основна увага зосереджена на аналізі функціонування дослідно-промислової установки, спроектованої Шведським університетом, річною продуктивністю 150-170 тис. тонн.

Проаналізовано хімічний склад вихідних концентратів та отриманих окатишів. Встановлено, що для задовільного огрудкування гравітаційний концентрат потребує попереднього подрібнення до вмісту класу мінус 0,05 мм понад 60 %. Визначено оптимальний вміст тонкомолотого негашеного вапна (10-13 %) для забезпечення необхідної міцності сирих окатишів (7-8 кг/окатиш) та їхньої стійкості до механічних впливів. Досліджено міцність на стиск автоклавованих окатишів (в середньому 150-220 кг/окатиш), їхню морозостійкість та водостійкість, а також стійкість до стирання за різних температур.

Проведено порівняльні випробування міцності окатишів різних типів (автоклавованих з сирого та дегідратованого концентратів, а також промислових окатишів ПівнГЗК та ЦГЗК) при нагріванні в окислювальному та відновлювальному середовищах у діапазоні температур до 900 °С. Оцінено ступінь відновлення окатишів в атмосфері відновного газу (H₂) при 600 та

800 °С. Визначено температурні інтервали розм'якшення та температури плавлення досліджуваних окатишів та агломерату з концентрату ПівніГЗК в окислювальному та відновлювальному середовищах.

ОКАТИШІ, ГРЕНГКОЛД, БЕЗВИПАЛЬНІ ОКАТИШІ, АВТОКЛАВ, СПО-
ЛУЧНА ДОБАВКА, АГЛОМЕРАТ, ЗАЛІЗОРУДНА СИРОВИНА

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1. Аналіз технології виробництва безвипалювальних автоклавованих окатишів	10
1.2 Аналіз умов формування якісних автоклавованих окатишів	12
1.3 Результати дослідів металургійних властивостей автоклавованих окатишів	16
Висновки по аналітичній частині	22
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	24
2.1 Огляд установки для виробництва безобпалювальних окатишів	24
2.2. Аналіз пуско-налагоджувальних робіт і хараактеристика проведених реконструкцій окремих вузлів і агрегатів установки	26
2.3. Металургійні властивості безвипалювальних окатишів із гравітаційного концентрату за методом Гренгколд	28
Висновки по основній частині	44
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	46
3.1 Вступ	46
3.2 Законодавство в сфері охорони праці	47
3.3. Розрахункова частина	47
Висновки по Охороні праці	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	51
Перелік бібліографічних джерел	55

ВСТУП

Сучасна металургійна промисловість характеризується постійним зростанням вимог до якості залізорудної сировини, а також до екологічності та економічності процесів її підготовки до металургійного переділу. Одним із перспективних напрямів у цій галузі є виробництво безобпалювальних залізорудних окатишів, які отримують шляхом твердіння зв'язуючих речовин без застосування високотемпературного випалу. Серед різних методів безобпалювального зміцнення окатишів особливе місце займає автоклавна обробка.

Автоклавування як метод інтенсифікації процесів твердіння та гідратації зв'язуючих набуває все більшої актуальності у виробництві будівельних матеріалів та агломерованої залізорудної сировини. Застосування автоклавної обробки для зміцнення залізорудних окатишів дозволяє досягти високих показників їх міцності, пористості та відновлюваності при значному зниженні енергозатрат та викидів шкідливих речовин в атмосферу порівняно з традиційним випалом.

Актуальність дослідження безобпалювальних (автоклавованих) окатишів зумовлена необхідністю розробки енергоефективних та екологічно чистих технологій підготовки залізорудної сировини, здатної забезпечити високу продуктивність доменного процесу та якість кінцевої продукції. Вивчення впливу різних факторів на процес автоклавного твердіння окатишів, оптимізація складу зв'язуючих та режимів обробки є важливим науково-практичним завданням, спрямованим на вдосконалення існуючих та розробку нових конкурентоздатних технологій виробництва залізорудної сировини.

У зв'язку з цим, метою даної дипломної роботи є дослідження процесу отримання безобпалювальних залізорудних окатишів з використанням

автоклавної обробки, вивчення впливу основних технологічних параметрів на їх якість та визначення оптимальних умов для їх виробництва.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технології виробництва безвипалювальних автоклавованих окатишів

У даній дипломній роботі проаналізовано технологію отримання автоклавованих окатишів із гравітаційно-магнітних концентратів збагачення бурих залізняків [1]. Окатиші призначені для доменного виробництва.

Гравітаційно-магнітний концентрат із бурих залізняків містить рудні оолітові зерна гідрогетиту, гетиту й гідрогематиту; нерудні представлені переважно кварцом. Крупність основної маси концентрату становить 0,2-0,6 мм.

Дослідження показали, що для отримання міцних окатишів вміст частинок крупністю мінус 0,05 мм у дослідженому концентраті має бути не менше 60 %. Нижче наводиться гранулометричний склад концентрату, підданого огрудкуванню, %:

Клас, мм	Кількість фракції, %
0,40-0,315	0,01
0,315-0,20	0,63
0,20-0,16	0,15
0,16-0,10	7,72
0,10-0,063	17,72
0,063-0,05	7,90
<0,05	65,87

Концентрат містить до 13 % гідратної води, яку доцільно видаляти до огрудкування. Хімічний склад вихідних шихтових матеріалів і окатишів наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Хімічний склад вихідних матеріалів і автоклавованих окатишів

Матеріал	Вміст, %									
	Fe _{заг}	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO	S _{заг}	P ₂ O ₅	H ₂ O _{гідр.}	в. п. п.
Дегідратований концентрат	53,32	1,64	0,24	14,04	4,73	0,29	–	2,30	0,38	0,38
Вапно негашене	0,35	93,0	0,96	0,85	0,27		Сл.	Н.д.	–	2,89
Автоклавовані окатиші	46,83	10,84	0,20	9,70	4,87		0,03	1,40	3,21	3,74

1.2 Аналіз умов формування якісних автоклавованих окатишів

Негашене вапно, що вводиться в шихту, в процесі огрудкування слугує пластифікуючою і вологоємною добавкою, що сприяє гарному огрудкуванню й отриманню міцних сирих окатишів. У процесі автоклавної обробки вапно взаємодіє з кремнеземом, залізними та іншими мінералами в концентраті, утворюючи мінеральні новоутворення, які цементують і зміцнюють окатиші [2-4].

Для отримання високоміцних автоклавованих окатишів необхідно застосовувати високоякісне вапно. У досліджах використовували вапно активністю 90-91 %. Основність окатишів становила 0,7-1,2, у зв'язку з чим вміст вапна в шихті коливався від 8 до 14 %.

Встановлено, що зі збільшенням вмісту вапна міцність автоклавованих окатишів зростає (рис. 1.1). У процесі підготовки шихти додається вода, при цьому оптимальна вологість шихти розраховується за формулою

$$W_{\text{ш}} = \frac{W_{\text{к}} - K_1 D - 0,2K_2 D}{1 + 0,01D(1 + K_1)},$$

де $W_{\text{ш}}$ – вологість шихти, %;

$W_{\text{к}}$ – вихідна вологість концентрату, %;

D – вміст вапна в шихті, % (за сухою вагою);

K_1 – коефіцієнт, що характеризує активність вапна по відношенню до води;

K_2 – відносний вміст у вапні вільного СаО (активність вапна, %);

0,2 – коефіцієнт випаровування (за вологості суміші 10-20 % становить 0,17-0,23).

Абсолютне зменшення вологості шихти після гасіння вапна становить у середньому 0,5-0,6 % на кожен відсоток введеного вапна [5].

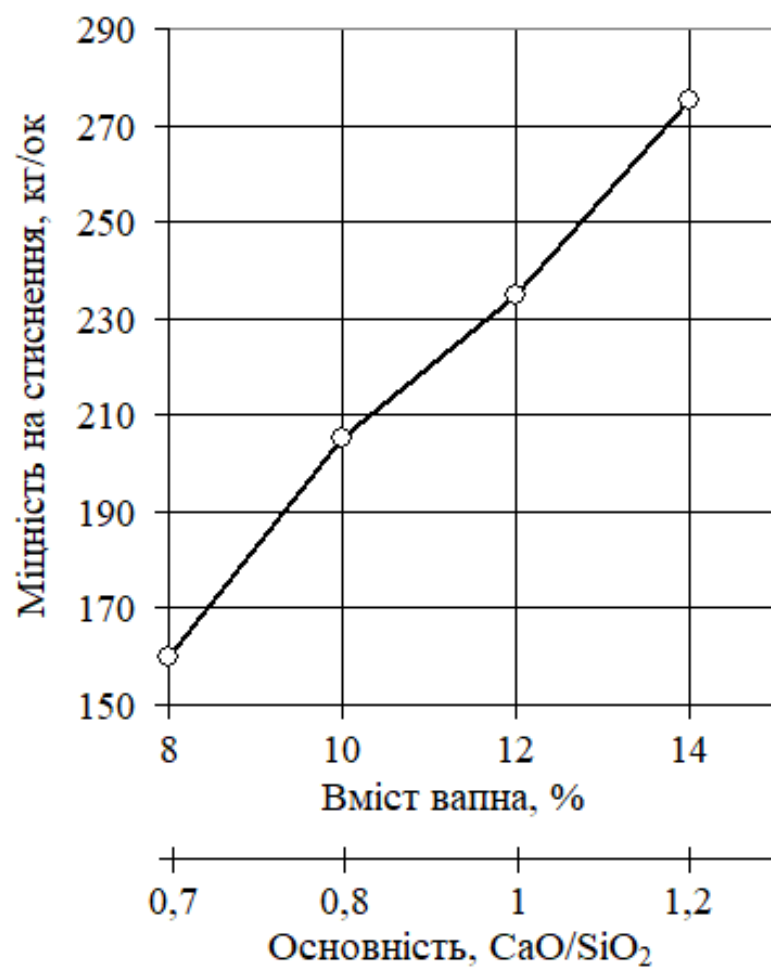


Рис. 1.1. Залежність міцності автоклавованих окатишів від вмісту вапна

Перемішана і зволожена шихта для гасіння вапна, що міститься в ній, піддається силосуванню, під час якого температура її підвищується до 80-100 °С.

Повністю погашене вапно є тонкодисперсним, пластичним гідрофільним; «клейкі» властивості його збільшуються. Це полегшує процес огрудкування і сприяє отриманню міцних сирих і готових автоклавованих окатишів.

Повнота гасіння вапна залежить насамперед від тонини його помелу; великі частинки вапна можуть не повноцінно погаситися в силосі, а гасіння їх буде продовжуватися в автоклаві, приводячи до розтріскування та знеміцнення окатишів. Для повноти гасіння важливі також вологість шихти до гасіння, температура і тривалість гасіння шихти і швидкість заповнення силосу.

Після гасіння шихту перемішують вдруге.

Огрудкування підготовленої шихти проводиться в чашовому огрудкувачі. Діаметр окатишів 10-24 мм.

Міцність сирих окатишів на стиск при середньому діаметрі 17-20 мм становила 7-8 кг/окатиш. Вони витримували без руйнування понад 10 скидань на плиту з висоти 500 мм, 6-10 з висоти 750 мм, 2-3 з висоти 1000 мм і понад 10 скидань з висоти 1000 мм на «подушку» із запарених окатишів (рис. 1.2).

Процес обробки окатишів в автоклаві (запарки) здійснюється в три стадії. На першій стадії підвищують тиск пари від 0 до 10-12 атм, у другій стадії окатиші витримують при цьому тиску пари і температурі 183-191 °С, на третій стадії спускають тиск пари в автоклаві до 0 атм.

На першій і третій стадіях обробки окатиші піддаються значним механічним і термічним впливам, опірність яким визначається фізико-механічними властивостями окатишів.

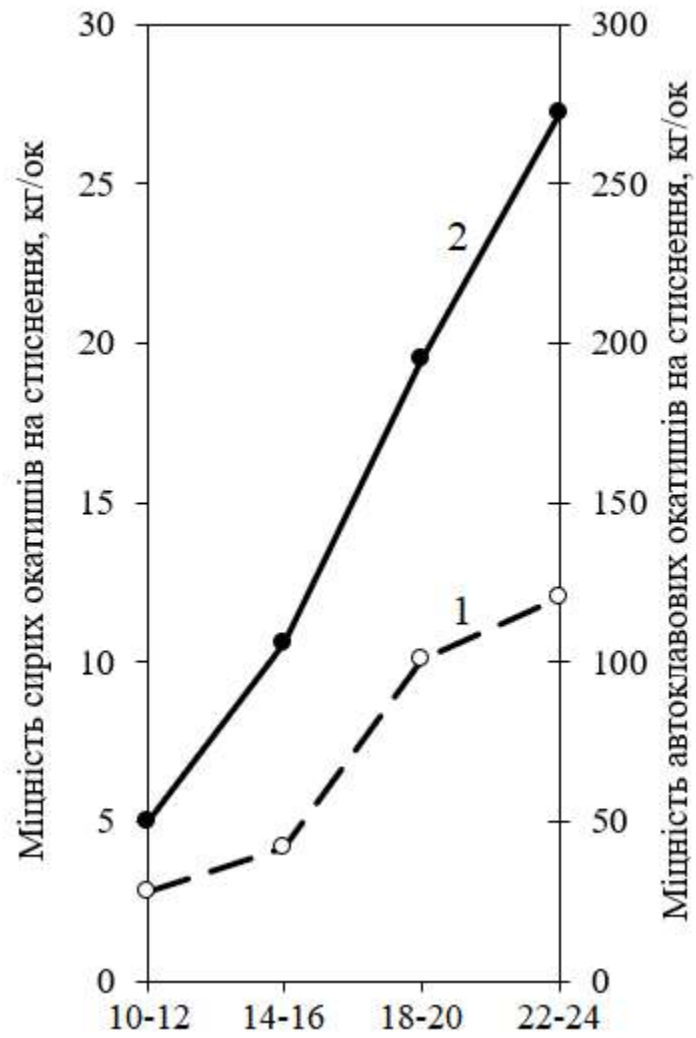


Рис. 1.2. Залежність міцності окатишів від їх крупності:
1 – сирі окатиші; 2 – автоклавовані

Усі основні фізико-хімічні реакції, в результаті яких відбувається зміцнення окатишів, протікають у другій стадії обробки.

Під час ізотермічної витримки міцність запарюваних окатишів змінюється: то підвищується, то знижується, що пояснюється зміною фазового складу новоутворень у процесі запарювання. Міцність автоклавованих окатишів за оптимального режиму запарювання коливається від 200 до 280 кг/окатиш і становить у середньому 220-250 кг/окатиш (табл. 1.2).

У промислових умовах сирі окатиші мають перевантажуватися під час подачі в автоклави не менш як двічі (з огрудкувача на конвеєр, з конвеєра у вагони), у зв'язку з цим досліджували вплив навантажень, яким піддаються сирі окатиші під час транспортування, на міцність автоклавованих окатишів. Сирі окатиші скидали з висоти 1000 і 500 мм на бетонну плиту і «подушку» із запарених окатишів, а потім запарювали. Для порівняння запарювали контрольні окатиші, не піддані випробуванням.

1.3 Результати дослідів металургійних властивостей автоклавованих окатишів

Результати дослідів показали, що перевантаження не впливають на міцність автоклавованих окатишів [6-8]; міцність дослідних окатишів становила 240-290 кг/окатиш, а середня міцність контрольних окатишів 285 кг/окатиш. Міцність на стирання окатишів, що мають міцність на стиск 200-230 кг/окатиш, становить 1,5-2,5 % класу мінус 0,25 мм. У промислових умовах готові автоклавовані окатиші мають піддаватися грохоченню і потім відправлятися на відкритий склад. Встановлено, що тривалість зберігання не впливає на властивості окатишів – автоклавовані окатиші через два роки зберігання не втрачали міцність (табл. 1.3).

Таблиця 1.2

Показники міцності автоклавованих окатишів

Но- мер проби	Діаметр ока- тишів, мм	Міцність сирих окатишів				Міцність автокла- вованих ока- тишів на стиск, кг/ок
		на стис- нення, кг/ока- тиш	на скидання на бетонну плиту з висоти, мм			
			500	750	1000	
1	18-20	7,1	8	5	2	180
2	15-16	5,8	8	5	5	231
3	18-20	9,7	7	5	2	253
4	16-18	10,0	7	6	3	292
5	18-20	6,4	4	3	2	265
6	18-20	6,4	4	3	2	340
7	18-20	7,0	5	2	1	231
8	16-17	7,7	>10	>10	7	224

У всіх випадках окатиші витримували понад 10 скидань на «подушку» із запарених окатишів; такі самі показники під час скидання на бетонну плиту: у автоклавованих окатишів – з висоти 2000 мм, в сирих окатишів – з висоти 300 мм.

Таблиця 1.3

Міцність автоклавованих окатишів після різних термінів зберігання

Склад шихти, %			Середня міцність автоклавованих окатишів	
концентрат	вапно негашене	подрібнене повернення	на стиск (кг/окатиш) через	
			24 ч	2 года
83,5	11,5	5	162	264
88,0	12,0	—	206	241
90,0	10,0	—	169	211
81,0	9,0	10	207	251

Дослідження металургійних властивостей автоклавованих окатишів показало, що волога з окатишів видаляється при температурі до 600 °С. Міцність окатишів на стиск під час нагрівання у відновлювальному середовищі до 800 °С становить 130 кг/окатиш (за вихідної їх міцності 180 кг/окатиш). Міцність окатишів на стирання висока – від 0,6 до 2,3 % класу 0-0,25 мм.

Температурний інтервал плавлення у відновлювальному середовищі становить 59 °С за температур початку розм'якшення окатишів 1081 °С і початку плавлення 1140 °С. Встановлено високу відновлюваність автоклавованих окатишів, яка дорівнює 55 % для окатишів діам. 18-20 мм за тривалості відновлення 1 год, за температури 800 °С і витрати водню 300 л/год.

Випробування за методом Ліндера підтверджують високу відновлюваність і міцність при відновленні автоклавованих окатишів [9, 10].

Порівняльні дані про відновлюваність і міцність окатишів під час випробувань за методом Ліндера наведено нижче:

Показники	Окатиші	
	автоклавовані	ПівнГЗК
Діаметр окатишів, мм	18-20	13-15
Вміст (%) класів, мм:		
<1	0,5	29,55
3-1	–	11,11
5-3	–	10,78
8-5	–	15,79
>8	99,5	32,77
Відновлюваність:		
ступінь відновлення, %	75,0	70,8
тривалість, хв	5	5
кінцева температура відновлення, °С	1000	1000

Максимальне розбухання автоклавованих окатишів у процесі відновлення становить 2 % і відбувається в інтервалі температур 500-600 °С. Починаючи з температур 800-900 °С об'єм окатишів стає меншим за першопочатковий і до 1000 °С зменшення об'єму окатишів становить 9 % від вихідного.

Для визначення економічної ефективності виробництва автоклавованих окатишів складено ТЕО фабрики огрудкування продуктивністю 8 млн. т окатишів на рік [11]. Визначення техніко-економічних показників проведено в порівнянні з проектними показниками фабрики огрудкування ПівнГЗК. Нижче наведено дані, що характеризують порівняння техніко-економічних показників фабрики автоклавованих окатишів з фабрикою окатишів ПівнГЗК (показники за 2021 рік):

Показники	Для виробництва окатишів	
	автоклавованих	Обпалених ПівнГЗК
Продуктивність, млн т/рік	8,103	8,400
Капітальні витрати, млн. \$	69,6	115,2
Експлуатаційні витрати, млн. \$/рік	22,7	30,2
Питомі капітальні витрати, \$/т	65	72
Вартість переділу, \$/т	74	81

Дані розрахунків, наведених вище, показують, що вартість переділу автоклавованих окатишів нижча і за відповідного обладнання становить 74 \$/т.

За проектом промислової фабрики для виробництва автоклавованих окатишів зміцнення буде виконуватись у великогабаритних автоклавах завдовжки 27 м і діаметром 3,6 м, які використовуються в силікатній промисловості. В автоклав входять три залізничні вагони, в яких одночасно

запарюється 180 т окатишів по 60 т у кожному. Розрахунки показали, що за одних і тих самих витрат на виготовлення випалювальної машини і на спорудження автоклавного запарювального комплексу продуктивність останнього буде в 1,5 раза вищою.

Дослідження показали можливість використання гравітаційно-магнітного концентрату, отриманого з буро-залізнякових руд, для виробництва безвипалювальних автоклавованих окатишів.

Автоклавовані окатиші з концентрату мають високу механічну міцність і міцність у процесі відновлення, низький ступінь набухання, стійкі проти кліматичних впливів, внаслідок чого можуть зберігатися на відкритих складах; водночас зберігаються їхні металургійні властивості.

Виробництво автоклавованих окатишів економічно вигідніше за виробництво випалювальних окатишів.

Висновки по аналітичній частині

Проведений аналіз технології виробництва безобпалювальних автоклавованих окатишів із гравітаційно-магнітних концентратів бурих залізняків дозволяє зробити наступні висновки.

1. Дослідження підтвердили принципову можливість ефективного використання гравітаційно-магнітного концентрату з бурозалізнякових руд для виробництва безобпалювальних автоклавованих окатишів, призначених для доменного виробництва.

2. Для отримання міцних окатишів критично важливим є вміст дрібної фракції (менше 0,05 мм) у концентраті на рівні не менше 60 %.

3. Негашене вапно відіграє подвійну роль у технологічному процесі: на стадії огрудкування воно є пластифікатором та вологоємною добавкою, сприяючи формуванню міцних сирих окатишів, а на стадії автоклавної обробки взаємодіє з мінералами концентрату, утворюючи цементуючі новоутворення, що забезпечують високу міцність готових окатишів.

4. Встановлено пряму залежність міцності автоклавованих окатишів від вмісту негашеного вапна в шихті. Оптимальна основність окатишів становить 0,7-1,2, що відповідає вмісту вапна 8-14 %.

5. Повнота гасіння вапна є ключовим фактором для запобігання розтріскуванню та знеміцненню окатишів під час автоклавної обробки. На цей процес впливають тонина помелу вапна, вологість шихти, температура та тривалість гасіння, а також швидкість заповнення силосу.

6. Сирі окатиші, отримані за оптимальних умов, мають достатню міцність на стиск (7-8 кг/окатиш при діаметрі 17-20 мм) та стійкість до скидання.

7. Процес автоклавовання здійснюється в три стадії (підвищення тиску, ізотермічна витримка, зниження тиску) і саме друга стадія є

визначальною для формування міцності окатишів. Оптимальний режим забезпечує міцність 220-250 кг/окатиш.

8. Дослідження показали, що перевантаження сирих окатишів під час транспортування не впливають на міцність готових автоклавованих окатишів. Також встановлено, що тривале зберігання (до двох років) не призводить до втрати їх міцності.

9. Автоклавовані окатиші характеризуються високою міцністю при нагріванні у відновлювальному середовищі, високою міцністю на стирання та високою відновлюваністю (до 55 % за 1 годину при 800 °С). Максимальне розбухання під час відновлення є незначним (2 %).

10. Техніко-економічне обґрунтування показало, що виробництво автоклавованих окатишів є економічно вигіднішим порівняно з виробництвом обпалених окатишів за рахунок нижчих капітальних та експлуатаційних витрат, а також вищої продуктивності автоклавного комплексу.

Таким чином, дослідження підтверджує перспективність технології виробництва безобпалювальних автоклавованих окатишів як економічно вигідної та екологічно прийнятної альтернативи традиційному випалу, що забезпечує отримання високоякісної залізорудної сировини з високими металургійними властивостями.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд установки для виробництва безобпалювальних окатишів

В основній частині дипломної роботи проаналізовано метод «Гренгколд», у рамках якого освоєно виробництво безвипалювальних окатишів на дослідно-промисловій установці річною продуктивністю 150-170 тис. т. Проект установки виконаний Шведським університетом для розробленого способу виробництва окатишів [12-22].

В якості сировини використовують залізорудний концентрат випалювально-магнітного збагачення із вмістом заліза 61,4 % і більше, негашене вапно із вмістом активних оксидів кальцію і магнію 75-95 % і повернення (відсів дрібноти автоклавованих окатишів). Передбачена також можливість введення в шихту цементного клінкеру, вуглецевмісних та інших добавок для отримання окатишів комплексного складу. Окатиші можуть бути приготувані як з місцевих, так і з привізних концентратів і пилюватих руд.

Установка (рис. 2.1) включає приймальні бункери, пристрої для приготування, автоклавування і сортування окатишів, склад готових окатишів і повернення, адміністративно-побутові будівлі та галереї. Сирі матеріали залізничним транспортом (іноді автотранспортом) подають у приймальний бункерний склад із 18 бункерів загальною ємністю близько 2000 м³. У корпусі приймальних бункерів здійснюють дроблення вапна, цементного клінкеру та інших добавок до фракції мінус 13 мм у молотковій дробарці. Тонке подрібнення вапна або клінкеру (за необхідності з добавками) здійснюють у двокамерному кульовому млині сухого подрібнення розмірами 1500×5600 продуктивністю 5-7 т/год. Для подрібнення вугілля і повернення (з підсушуванням) встановлено кульовий млин ШБМ-207/265 продуктивністю 4 т/год.

Після подрібнення матеріали стрічковими конвеєрами подають у витратні бункери корпусу приготування сирих окатишів. Компоненти шихти на всіх стадіях її приготування дозуються ваговими пристроями безперервної дії за автоматичної підтримки заданого співвідношення компонентів. Шихту огрудковують на чашовому огрудкувачі діаметром 5,5 м. Сирі окатиші завантажують у запарочні вагони спеціальним нахиленим конвеєром із двостороннім розподільником окатишів (на кінці конвеєра). В якості запарочних вагонів тимчасово використовують металеві чотиривісні піввагони МПС, недоліком яких є ручне відкривання люків під час розвантаження і відносно мала ємність (на зчепленні з двох вагонів завантажується в автоклав не більше 140 т окатишів). Просування вагонів у зоні завантаження здійснюється автоматичним маневровим пристроєм, а їхнє переміщення в автоклав – рейковим штовхачем, установленим на електропередальному мосту і пристосованим для вагонів МПС.

Окатиші зміцнюють в автоклаві прохідного типу в середовищі насиченої водяної пари за надлишкового тиску 1,2 МПа і температури 190,7 °С; тривалість циклу запарювання, включно з операціями по завантаженню і розвантаженню автоклава, коливається від 6 до 8 год. Закривання і відкривання кришок автоклава та управління режимом запарювання окатишів здійснюються автоматично.

Грохочення окатишів з виділенням повернення (фракція мінус 5 мм) здійснюється на інерційному грохоті.

Усі тракти надходження матеріалів, що пилять, вузли перевантажень, помольні та змішувальні агрегати вкрито і підключено до аспіраційно-технічних установок.

Управління процесом здійснюють з операторського пункту, оснащеного сучасними засобами дистанційного керування механізмами, автоматичного контролю, сигналізації та регулювання.

2.2. Аналіз пуско-налагоджувальних робіт і характеристика проведених реконструкцій окремих вузлів і агрегатів установки

У період пуско-налагоджувальних робіт і відпрацювання технології було виявлено необхідність реконструкції окремих вузлів і агрегатів установки. Складено завдання на проектування спеціального запарочного вагона збільшеної ємності, виконано проект реконструкції пневмотранспорту шарового млина.

Суттєві зміни (порівняно з проектом) внесено в схему ланцюга апаратів на стадії підготовки шихти. Здійснено роздільне подання концентрату і в'язучого в перший змішувач, що значно скоротило тракти їхнього надходження й утворення при цьому просипу і пилу. Натомість дезінтеграторів, які не забезпечували тривалу безперервну роботу технологічної лінії, встановлено змішувальний комплекс із двох двовальних змішувачів і стрижневого змішувача. Реконструйовано розвантажувальну частину реактора. Обладнано й успішно випробувано скорочені схеми підготовки шихти.

Відведення конденсату з автоклава здійснюється двома автоматичними конденсатовідвідниками безперервної дії, встановленими замість заводського пристрою, що виявився неефективним, збільшено діаметр випускного паропроводу автоклава, тривалість ізотермічного періоду запарювання скорочено на 1 год порівняно з проектною.

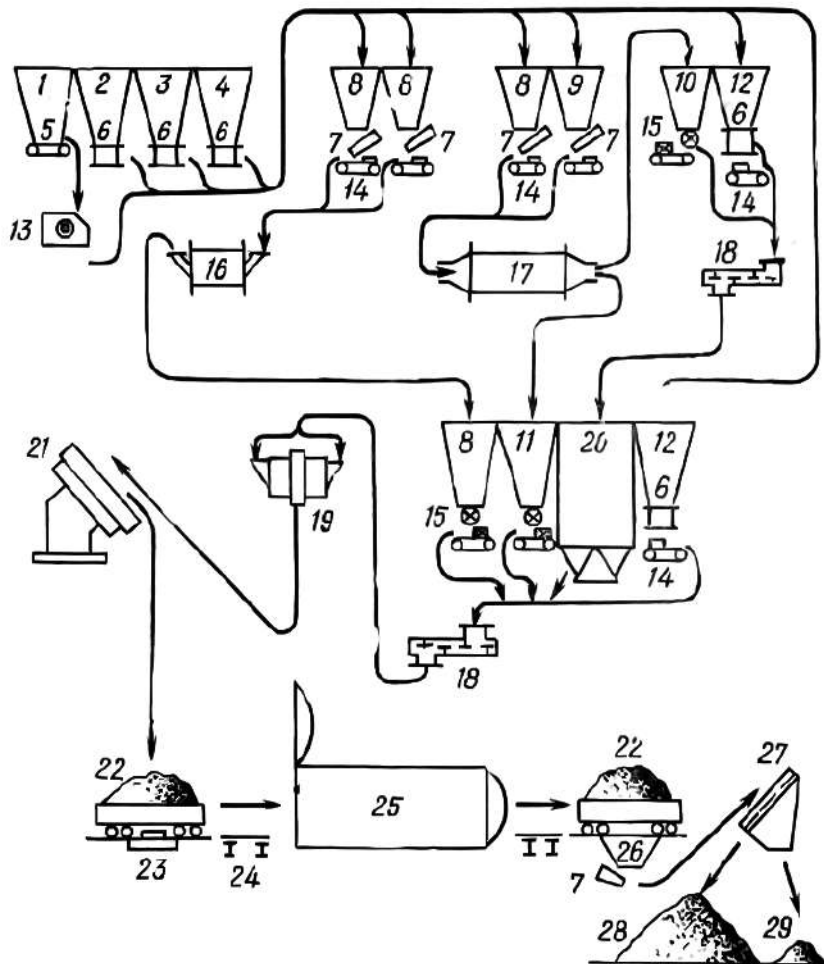


Рис. 2.1. Схема ланцюга апаратів дослідно-промислової установки з виробництва безвипалювальних автоклавованих окатишів:

1, 2, 3, 4 – приймальні бункери концентрату, вапна, цементного клінкеру, повернення та інших добавок; 5-7 – живильники: 5 – стрічковий; 6 – дисковий; 7 – вібраційний; 8-12 – витратні бункери: 8 – добавок; 9, 10, 11 – подрібненого і меленого вапна та клінкеру; 12 – концентрату; 13 – молоткова дробарка; 14 – стрічкові ваги; 15 – дозатор безперервної дії; 16 – млин із підсушуванням для повернення і вугілля; 11 – кульовий млин для вапна; 18, 19 – змішувачі: 18 – двовальний; 19 – стрижневий; 20 – реактор безперервної дії; 21 – чашовий огрудкувач; 22 – запарочний вагон; 23, 24 – пристрої: 23 – маневровий; 24 – передавальний; 25 – автоклав; 26 – бункер автоклавованих окатишів; 27 – інерційний грохот; 28, 29 – склади: 28 – готових окатишів; 29 – повернення

Завдяки цим змінам на установці досягнуто значної економії електроенергії та технологічної пари: витрата на 1 т окатишів становила 19,7 кВт·год електроенергії та 0,066 Гкал пари при проектній витраті 30 кВт·год і 0,124 Гкал.

Освоєно виробництво безвипалювальних окатишів на дослідно-промисловій установці річною продуктивністю 150-170 тис. т. У період пусконалагоджувальних робіт і відпрацьовування технології реконструйовано окремі вузли й агрегати, що забезпечило значну економію електроенергії та технологічної пари – відповідно 10,3 кВт·год і 0,058 Гкал під час виробництва 1 т окатишів.

2.3. Металургійні властивості безвипалювальних окатишів із гравітаційного концентрату за методом Гренгколд

У цьому розділі дипломної роботи проаналізовано дослідження металургійних властивостей безвипалювальних автоклавованих окатишів із гравітаційного концентрату, виготовлених за методом Гренгколд. Окатиші отримували зі звичайного (сирого) і попередньо дегідратованого концентратів [23-25].

Хімічний склад концентратів (чисельник) і окатишів із них (знаменник) наведено нижче, %:

Компоненти	Концентрат	
	сирий	дегідратований
SiO ₂	12,50 / 9,22	14,04 / 11,95
Fe _{заг}	46,66 / 41,19	53,32 / 49,98
CaO	1,66 / 10,99	1,64 / 10,02

MgO	0,24 / 0,23	0,24 / 0,23
Al ₂ O ₃	3,99 / 3,35	4,73 / 3,35
TiO ₂	0,23 / 0,23	0,29 / 0,23
P ₂ O ₅	2,05 / 1,47	2,30 / 1,48
S _{заг}	0,01 / 0,03	– / 0,03

Концентрат Voliden Mineral AB містить 90 % дрібних оолітоподібних рудних зерен розміром 0,63-0,20 мм і такої ж крупності зерна кварцу, польового шпату та кальциту. За такої крупності зерен і округлої їхньої форми гравітаційний концентрат без доподрібнення погано комкується.

Встановлено, що концентрат огрудковується задовільно за вмісту в ньому класу мінус 0,05 мм понад 60 %. Гранулометричний склад подрібненого гравітаційного концентрату, використовуваного для огрудкування, наводиться нижче:

Клас, мм	Вміст, %
0,315-0,20	1,20
0,20-0,16	1,50
0,16-0,10	15,20
0,10-0,063	15,35
0,063-0,05	5,00
<0,05	61,75

В якості флюсуючої добавки і для отримання зміцнювальної зв'язки в концентрат вводили тонкомолоте негашене вапно (10-13 %) для отримання окатишів основою 1,1-1,3.

Середня міцність на стиск сирих окатишів діам. 20-17 мм становила 7-8 кг/окатиш (від 5 до 12 кг/окатиш). Вони витримували без руйнування

понад 10 падінь на плиту з висоти 500 мм, 6-10 падінь з висоти 750 мм, 2-3 з висоти 1000 мм і 10 падінь під час скидання з висоти 1 м на «подушку» з тих самих окатишів. Досліди показали, що міцності сирих окатишів, приготованих з дегідратованого і звичайного концентратів, на скидання і стиснення відповідно однакові.

Міцність на стиск автоклавованих окатишів коливається в середньому від 150 до 220 кг/окатиш. Окатиші морозостійкі та водостійкі. Вони добре протистоять стиранню за низьких і високих температур.

Дослідження показали, що за металургійними властивостями автоклавовані окатиші з гравітаційного концентрату не поступаються обпаленим окатишам, а в деяких випадках перевершують їх.

Міцність окатишів під час нагрівання в окислювальному і відновлювальному середовищах визначали на спеціально сконструйованій установці, в якій за досягнення заданої температури досвіду окатиші витримували протягом 15 хв, після чого їх піддавали тиску до руйнування. Для порівняння в аналогічних умовах були випробувані окатиші ПівнГЗК і ЦГЗК.

Результати випробувань під час нагрівання в окислювальному середовищі наведено в табл. 2.1.

Дані табл. 2.1 показують, що з автоклавованих окатишів міцнішими при нагріванні є окатиші з дегідратованого концентрату (при 900 °С – 51 кг/окатиш.). Результати дослідів, проведених за 600 і 800 °С в атмосфері відновного газу (H₂), подано нижче (у чисельнику - міцність, кг/окатиш; у знаменнику – ступінь відновлення, досягнутий протягом 1 год):

Окатиші	Температура	
	600	800
Автоклавовані:		
з сирого концентрату	18 / 53,9	11,5 / 71,5
з дегідратованого концентрату	130 / 26,1	130 / 55,6
ПівнГЗК	181 / 45,0	225 / 70,0
ЦГЗК	139 / 39,6	90 / 52,5

Таблиця 2.1

Міцність окатишів на стиск при нагріванні в окислювальному середовищі

Окатиші	Діаметр окатишів, мм	Міцність окатишів, кг/окатиш, при температурі, °С									
		20	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Автоклавовані: зі звичайного концентрату	20-18	131	83	127	48	41	34	32	30	24	20
з дегідратованого концентрату	20-17	173	137	152	167	200	189	166	107	83	51
ПівнГЗК	13-10	168	195	242	226	240	240	330	246	350	135
ЦГЗК	13-10	340	145	208	244	178	306	306	230	260	263

Дослідження показали, що під час нагрівання у відновлювальному середовищі міцність автоклавованих окатишів із сирих концентратів знижується, тоді як окатиші з дегідратованих концентратів зберігають цілком задовільну міцність.

Слід зазначити, що руйнування під тиском окатишів з концентратів Boliden Mineral AB за різних температур як в окислювальному, так і у відновлювальному середовищі відбувається без утворення пилу.

Температурний інтервал розм'якшення і температуру плавлення визначали також на спеціально сконструйованій установці.

Результати дослідів наведено в табл. 2.2. Для порівняння в табл. 2.2 включено результати досліджень в аналогічних умовах окатишів ПівнГЗК і агломерату з концентрату ПівнГЗК.

З табл. 2.2 видно, що температура плавлення окатишів ПівнГЗК у відновлювальному середовищі на 170 °С вища за температуру плавлення окатишів, виготовлених з дегідратованого концентрату ПівнГЗК; температури плавлення агломерату й окатишів з концентрату Boliden Mineral AB близькі.

Досліди показали, що за температурою плавлення та інтервалом розм'якшення у відновлювальному середовищі окатиші з дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB мають деяку перевагу перед окатишами ПівнГЗК і агломератом.

Пористість окатишів була вивчена методом ртутної порометрії. Ці дослідження показали, що пори в автоклавованих окатишах мають радіус від 10 000 до 48 А, причому значна частка загального об'єму припадає в основному на дрібні пори радіусом менше 5000 А. У окатишів, зміцнених окислювальним випалюванням, практично немає пір менше 5000 А, внаслідок чого загальна поверхня пір у них у багато разів менша, ніж у автоклавованих. Це визначає вищу відновлюваність автоклавованих окатишів порівняно з окатишами ЦГЗК і ПівнГЗК.

Таблиця 2.2

Температури розм'якшення і плавлення
різних окатишів і агломерату, °С

Продукти	Температура, °С		температур- ний інтер- вал розм'як- шення
	розм'як- шення	плавлення	
Окатиші:			
з сирого концентрату Boliden Mineral AB	902 / 912	1148 / 1148	246 / 235
з дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB	1045 / 1081	1240 / 1140	195 / 59
ПівнГЗК	1272 / 1113	1375 / 1300	103 / 187
Агломерат з концентрата Boliden Mineral AB	1105 / 1085	1175 / 1195	70 / 110

* У чисельнику – в окисному середовищі, у знаменнику – у відновлюваль-
ному.

Відновлюваність окатишів, виготовлених з концентрату Boliden Mineral AB, визначали за різних умов: у струмі водню за режимом Ліндера, у струмі водню за температури 750 °С і у відновлювальному середовищі в суміші газів, що складається з CO, CO₂ і N₂, за температур від 300 до 1200 °С. Результати дослідів показали високий ступінь відновлення автоклавованих окатишів. Нижче наведено дані, що характеризують відновлюваність автоклавованих окатишів діаметром 16-17 мм, а також окатишів ПівнГЗК діаметром 8-10 мм, визначену в струмі водню за температури 750 °С:

Окатиші	Ступінь відновлення окатишів за 60 хв, %
Автоклавні: з сирого концентрату Boliden Mineral AB	79,0
з дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB	75,5
ПівнГЗК	65,2

З цих даних випливає, що ступінь відновлення автоклавованих котунів вищий, ніж у окатишів ПівнГЗК.

Застосування автоклавованих окатишів у доменних печах повинно супроводжуватися зменшенням ступеня прямого відновлення, а отже, і витрати коксу.

Дослідження металургійних властивостей окатишів проведено у струмі суміші газів CO, CO₂ і N₂.

Відновлення окатишів відбувалося при безперервному підвищенні температури в реакційній зоні від 300 до 1200 °С протягом 4 год за періодичної зміни складу газу-відновлювача CO – CO₂ – N₂ (табл. 2.3) і витраті його 4 л/хв.

Таблиця 2.3

Склад газової суміші, %

Компоненти газової суміші	Температура відновлення, °С		
	300-600	600-800	800-1200
CO	20	30	40
CO ₂	20	10	–
N ₂	60	60	60

Після нагрівання окатишів за цим режимом їх охолоджували в струмі азоту, після чого визначали ступінь відновлення, зміну міцності на стискання, опір стиранню і зміну об'єму окатишів. Ступінь відновлення визначали за зміною ваги зразка. Випробування на стирання проводили в циліндричному ребристому барабані діаметром 500 мм і шириною 200 мм, що обертається протягом 10 хв зі швидкістю 20 об/хв.

Результати досліджень подано в табл. 2.4 і на рис. 2.2-2.5. Для порівняння наведено дані для промислових окатишів комбінатів ЦГЗК і ПівнГЗК.

З наведених даних видно, що міцність автоклавованих окатишів з концентратів Voliden Mineral AB за критичної температури 900-1000 °C не нижча, ніж окатишів ЦГЗК, і вища, ніж окатишів ПівнГЗК.

Відновлюваність автоклавованих окатишів у суміші газів складу CO – CO₂ – N₂ вища, ніж окатишів ПівнГЗК і ЦГЗК.

За температури 1200 °C і тривалості відновлення 4 год окатиші із сирого концентрату Voliden Mineral AB відновилися повністю, а окатиші з дегідратованого концентрату – на 96,5 %, тоді як ступінь відновлення окатишів ПівнГЗК і ЦГЗК становив 84,4 і 91,8 % відповідно.

Міцність автоклавованих окатишів на стирання після відновлення за різних температур у 2 рази вища, ніж у окатишів ЦГЗК і ПівнГЗК.

Вельми характерною є зміна об'єму окатишів у процесі відновлення. Максимальне збільшення об'єму автоклавованих окатишів відносно початкового при температурі 1000 °C становить в окатишів з дегідратованого концентрату 8,4 %, а в окатишів із сирого концентрату всього лише 2,5 %. Окатиші ж ЦГЗК і ПівнГЗК за цієї температури сильно збільшуються в об'ємі – відповідно на 24,2 і 20,8 %. За подальшого підвищення температури об'єм автоклавованих окатишів стає меншим за початковий, а об'єм окатишів ЦГЗК і ПівнГЗК збільшується на 20 % відносно початкового (до відновлення).

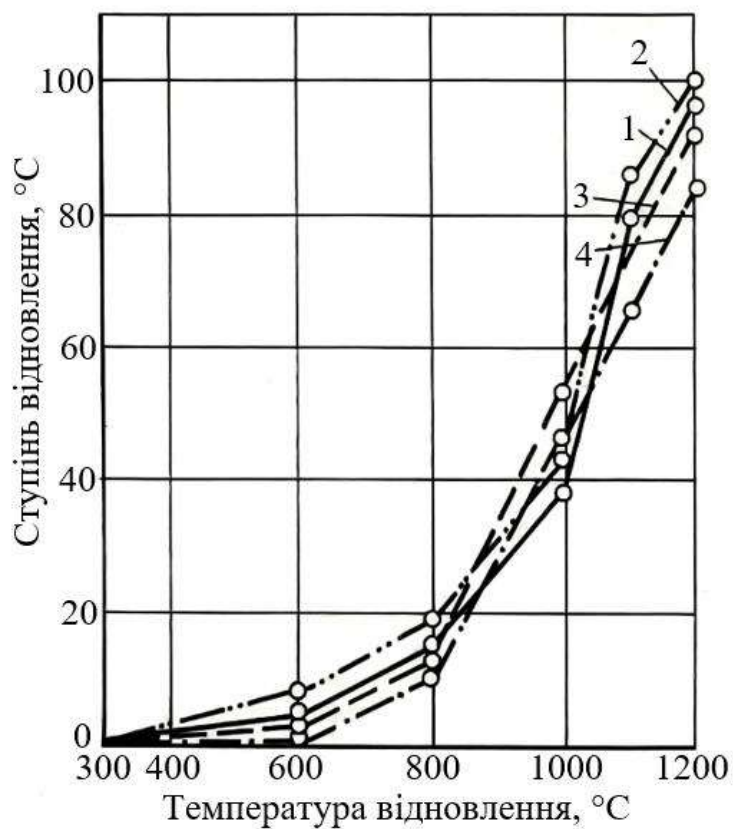


Рис. 2.2. Ступінь відновлення залізорудних окатишів газовими сумішами $\text{CO} - \text{CO}_2 - \text{N}_2$ за різних температур:
 1 – автоклавовані окатиші з дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB; 2 – автоклавовані окатиші із сирого концентрату Boliden Mineral AB;
 3 – окатиші ЦГЗК; 4 – окатиші ПівнГЗК

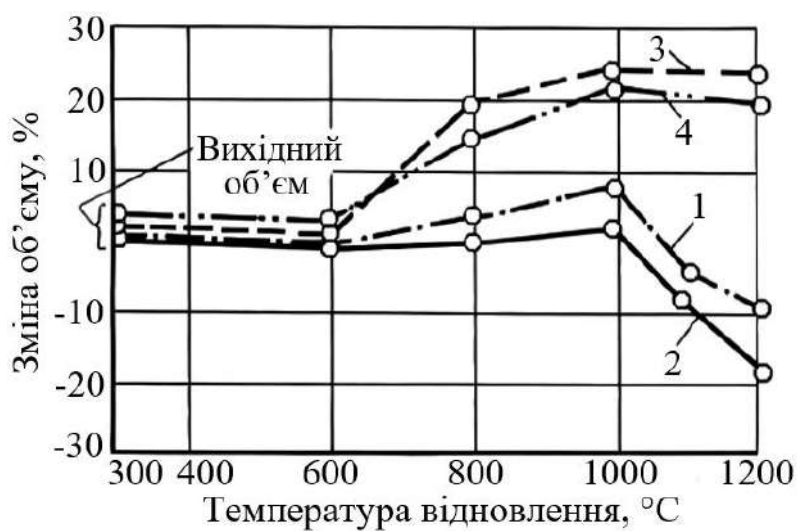


Рис. 2.3. Зміна об'єму окатишів у процесі відновлення за різних температур у газовому середовищі складу $\text{CO} - \text{CO}_2 - \text{N}_2$:
 1 – автоклавовані окатиші з дегідратованого концентрату Boliden Mineral АВ; 2 – автоклавовані окатиші із сирого концентрату Boliden Mineral АВ;
 3 – окатиші ЦГЗК; 4 – окатиші ПівнГЗК

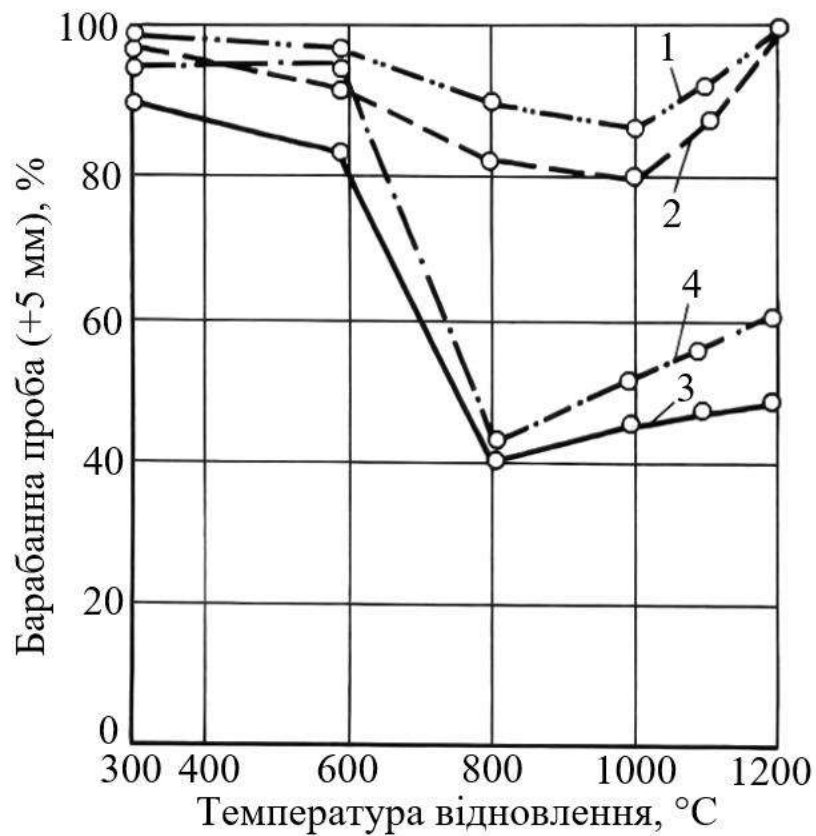


Рис. 2.4. Ступінь руйнування окатишів після відновлення

за різних температур у суміші газів $\text{CO} - \text{CO}_2 - \text{N}_2$:

1 – автоклавовані окатиші з дегідратованого концентрату Boliden Mineral

AB; 2 – автоклавовані окатиші із сирого концентрату Boliden Mineral AB;

3 – окатиші ЦГЗК; 4 – окатиші ПівнГЗК

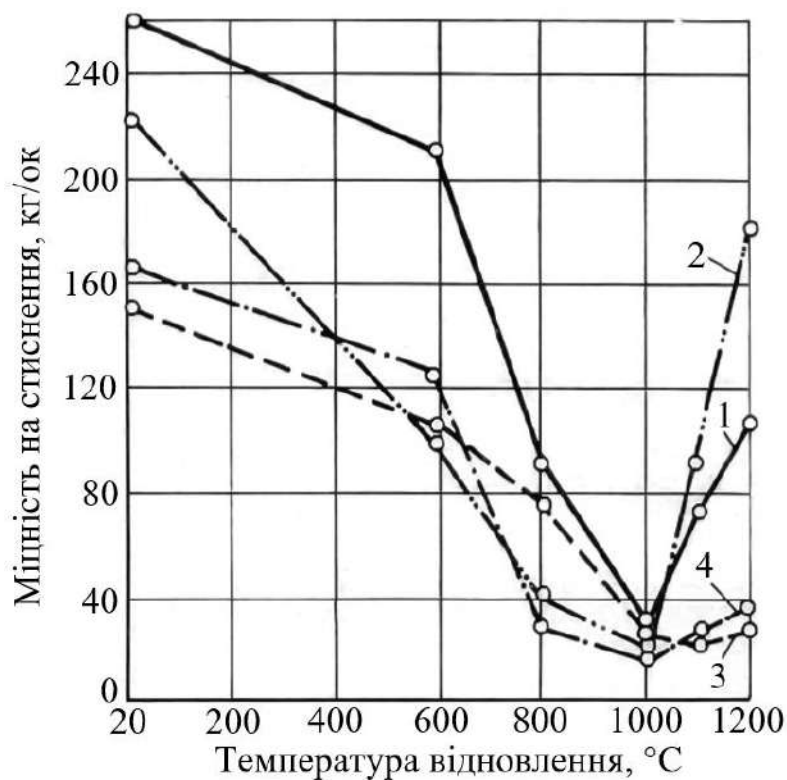


Рис. 2.5. Зміна міцності окатишів у процесі відновлення за різних температур у середовищі $\text{CO} - \text{CO}_2 - \text{N}_2$: 1 – автоклавовані окатиші з дегідратованого концентрату Voliden Mineral AB; 2 – автоклавовані окатиші із сирого концентрату Voliden Mineral AB; 3 – окатиші ЦГЗК; 4 – окатиші ПівнГЗК

Таблиця 2.4

Поведінка різних залізорудних окатишів під час відновлення в суміші газів CO – CO₂ – N₂

Кінцева температура відновлення, °C ¹	Тривалість відновлення, хв	Металургійні характеристики окатишів після відновлення			
		ступінь відновлення, %	Міцність на стиснення, кг/ок	вихід фракції >5 мм після стирання, %	зміна об'єму, %
Звичайні окатиші ³					
600	25	0,6 / 0,4	101 (151) / 127 (166)	82,5 (85) / 95,3 (95)	+0,9 / +1,5
800	50	13,1 / 7-12	75 / 28,5	40 / 41,5	+18,2 / +14,2
1000	110	52,5 / 42,5-48,9	27 / 12,1-22,8	45,5 / 50	+24,2 / +20,8
1100	170	74 / 61,4-67,1	22 / 22,6	–	–
1200	240	91,8 / 84,4	28 / 35	47,5 / 60	+22,6 / +19,3

Продовження табл. 2.4

Кінцева температура відновлення, °С ¹	Тривалість відновлення, хв	Металургійні характеристики окатишів після відновлення			
		ступінь відновлення, %	Міцність на стиснення, кг/ок	вихід фракції >5 мм після стирання, %	зміна об'єму, %
Звичайні окатиші ³					
600	25	0,6 / 0,4	101 (151) / 127 (166)	82,5 (85) / 95,3 (95)	+0,9 / +1,5
800	50	13,1 / 7-12	75 / 28,5	40 / 41,5	+18,2 / +14,2
1000	110	52,5 / 42,5-48,9	27 / 12,1-22,8	45,5 / 50	+24,2 / +20,8
1100	170	74 / 61,4-67,1	22 / 22,6	–	–
1200	240	91,8 / 84,4	28 / 35	47,5 / 60	+22,6 / +19,3

¹ При безперервному нагріві зразка до 300 °С

² Перше число – дані по окатишам з дегратованого концентрату, друге число – по сирих окатишам, в дужках – дані до відновлення окатишів

³ Перше число – дані по окатишам КЦГОКа, друге число – ССГОКа, в дужках – дані до відновлення окатишів

Таким чином, автоклавовані окатиші з концентрату Boliden Mineral AB за всіма характеристиками після відновлення в суміші газів $\text{CO} - \text{CO}_2 - \text{N}_2$ перевершують окатиші ПівнГЗК.

Гідратна волога, що міститься в концентраті Boliden Mineral AB, а отже, і в автоклавованих окатишах, виготовлених із сирого концентрату, практично вся видаляється при нагріванні окатишів до $500\text{ }^\circ\text{C}$. Це означає, що волога з окатишів буде видалятися у верхній частині шахти доменної печі під впливом тепла газів, що відходять. Використання цих окатишів не призведе до підвищення витрат коксу.

Дослідження металургійних властивостей безвипалювальних автоклавованих окатишів, отриманих за технологією Гренгколд з гравітаційного дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB, показали, що за металургійними властивостями вони не поступаються обпаленим окатишам.

Міцність на стиск автоклавованих окатишів під час нагрівання до $900\text{ }^\circ\text{C}$ в окисному середовищі становила 51 кг/окатиш , під час нагрівання до $800\text{ }^\circ\text{C}$ у відновлювальному середовищі – 130 кг/окатиш , температура розм'якшення становила 1045 і $1081\text{ }^\circ\text{C}$ в окисному і відновлювальному середовищі відповідно; температура плавлення – 1240 і $1140\text{ }^\circ\text{C}$ відповідно. Ступінь відновлення за 60 хв досягає $75,5\%$; максимальне збільшення об'єму відносно первісного в автоклавованих окатишів за температури $1000\text{ }^\circ\text{C}$ становило $8,4\%$.

Висновки по основній частині

1. Дослідно-промислова установка для виробництва безвипалювальних окатишів методом «Гренгколд» річною продуктивністю 150-170 тис. т успішно освоєна. В процесі пуско-налагоджувальних робіт проведено ряд реконструкцій окремих вузлів, що дозволило досягти значної економії електроенергії (до 19,7 кВт·год/т) та технологічної пари (до 0,066 Гкал/т) порівняно з проектними показниками.

2. Металургійні властивості автоклавованих окатишів з гравітаційного концентрату Boliden Mineral АВ виявилися конкурентоздатними порівняно з обпаленими окатишами.

3. Окатиші з дегідратованого концентрату показали кращі характеристики міцності при високих температурах в окислювальному середовищі (51 кг/окатиш при 900 °С) та зберігали задовільну міцність у відновлювальному середовищі.

4. За температурою плавлення та інтервалом розм'якшення у відновлювальному середовищі окатиші з дегідратованого концентрату Boliden Mineral АВ мали деяку перевагу перед окатишами ПівнГЗК та агломератом.

5. Автоклавовані окатиші характеризуються більш розвиненою пористою структурою з великою кількістю дрібних пор, що зумовлює їхню вищу відновлюваність порівняно з обпаленими окатишами ЦГЗК та ПівнГЗК. Ступінь відновлення автоклавованих окатишів у струмі водню за 750 °С становив 75,5-79,0 %, що вище за показник ПівнГЗК (65,2 %).

6. При відновленні в суміші газів CO – CO₂ – N₂ за температури 1200 °С автоклавовані окатиші з сирого та дегідратованого концентратів досягли високого ступеня відновлення (100 % та 96,5 % відповідно), що перевищує показники окатишів ПівнГЗК (84,4 %) та ЦГЗК (91,8 %).

7. Автоклавовані окатиші з концентратів Boliden Mineral АВ після відновлення в суміші газів CO – CO₂ – N₂ демонструють не нижчу міцність

за критичних температур (900-1000 °C) порівняно з окатишами ЦГЗК та вищу, ніж окатиші ПівнГЗК. Їхня стійкість до стирання після відновлення вдвічі вища, ніж у промислових зразків.

8. Зміна об'єму автоклавованих окатишів під час відновлення є меншою порівняно з окатишами ПівнГЗК та ЦГЗК, що є позитивним фактором для їх використання в доменній печі.

9. Видалення гідратної вологи з окатишів, виготовлених із сирого концентрату Boliden Mineral AB, відбувається при відносно низьких температурах (до 500 °C), що не повинно призвести до збільшення витрати коксу в доменній печі.

10. За сукупністю досліджених металургійних властивостей безвипалювальні автоклавовані окатиші, отримані за технологією Гренгколд з гравітаційного дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB, не поступаються обпаленим окатишам і можуть бути ефективно використані в металургійному виробництві.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Вступ

Виробництво залізорудних окатишів — це складна та енергоємна галузь, що охоплює низку взаємопов'язаних технологічних процесів: від видобутку сировини в кар'єрах та її транспортування, до подрібнення, збагачення, огрудкування та випалу в високотемпературних печах. Кожен з цих етапів, від роботи важкої техніки у відкритих гірничих виробках до експлуатації потужного обладнання на збагачувальних фабриках та обпалювальних машинах, несе в собі значні виробничі ризики. Це можуть бути небезпеки, пов'язані з рухомими механізмами, високими температурами, пилом, шумом, вібрацією, хімічними речовинами та потенційними падіннями з висоти. Ігнорування або недотримання правил безпеки в такому середовищі може призвести до серйозних наслідків: від травм різного ступеня тяжкості та професійних захворювань до масштабних аварій, що спричиняють зупинку виробництва, значні фінансові втрати та, найголовніше, загрозу життю та здоров'я працівників.

Саме тому охорона праці не є просто формальністю чи набором обов'язкових вимог, а становить фундамент безпечного, стабільного та ефективного функціонування будь-якого підприємства, що займається виробництвом залізорудних окатишів. Це не просто питання дотримання законодавства, а глибоке усвідомлення того, що безпека працівників є найвищим пріоритетом. Системне впровадження та неухильне дотримання правил безпеки дозволяє не тільки запобігти нещасним випадкам і професійним захворюванням, а й створює атмосферу довіри, підвищує мотивацію персоналу та сприяє загальному зростанню продуктивності праці. Ефективна система охорони праці передбачає постійний аналіз та оцінку ризиків, розробку та впровадження превентивних заходів, забезпечення працівників сучасними

засобами індивідуального та колективного захисту, а також безперервне навчання та підвищення кваліфікації всього персоналу з питань безпеки.

3.2 Законодавство в сфері охорони праці

Особливе місце в системі охорони праці посідає законодавче регулювання. В Україні, як і в інших розвинених країнах, діє розгалужена система нормативно-правових актів, що регламентують питання безпеки праці. Основним документом є Закон України "Про охорону праці", який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на безпечні і здорові умови праці. Цей Закон встановлює єдині вимоги до організації охорони праці на всіх підприємствах, незалежно від форм власності, і є основою для розробки галузевих та локальних нормативних актів. Доповнюють його численні підзаконні акти, такі як Правила охорони праці в гірничодобувній промисловості, Державні санітарні норми та правила, а також різноманітні стандарти та настанови, що деталізують вимоги до безпеки конкретних видів робіт, обладнання та виробничих процесів, які є невід'ємними у виробництві залізрудних окатишів. Неухильне дотримання цих законодавчих та нормативних вимог є обов'язковим для всіх учасників виробничого процесу — від роботодавців до кожного працівника. Відповідальність за порушення норм охорони праці передбачена чинним законодавством, що підкреслює її важливість.

3.3. 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 виконаний 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. Цех з виробництва залізорудних окатишів 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

Проведений аналіз технології виробництва безобпалювальних автоклавованих окатишів із гравітаційно-магнітних концентратів бурих залізняків дозволяє зробити наступні висновки.

1. Дослідження підтвердили принципову можливість ефективного використання гравітаційно-магнітного концентрату з бурозалізнякових руд для виробництва безобпалювальних автоклавованих окатишів, призначених для доменного виробництва.

2. Для отримання міцних окатишів критично важливим є вміст дрібної фракції (менше 0,05 мм) у концентраті на рівні не менше 60 %.

3. Негашене вапно відіграє подвійну роль у технологічному процесі: на стадії огрудкування воно є пластифікатором та вологоємною добавкою, сприяючи формуванню міцних сирих окатишів, а на стадії автоклавної обробки взаємодіє з мінералами концентрату, утворюючи цементуючі новоутворення, що забезпечують високу міцність готових окатишів.

4. Встановлено пряму залежність міцності автоклавованих окатишів від вмісту негашеного вапна в шихті. Оптимальна основність окатишів становить 0,7-1,2, що відповідає вмісту вапна 8-14 %.

5. Повнота гасіння вапна є ключовим фактором для запобігання розтріскуванню та знеміцненню окатишів під час автоклавної обробки. На цей процес впливають тонина помелу вапна, вологість шихти, температура та тривалість гасіння, а також швидкість заповнення силосу.

6. Сирі окатиші, отримані за оптимальних умов, мають достатню міцність на стиск (7-8 кг/окатиш при діаметрі 17-20 мм) та стійкість до скидання.

7. Процес автоклавовання здійснюється в три стадії (підвищення тиску, ізотермічна витримка, зниження тиску) і саме друга стадія є

визначальною для формування міцності окатишів. Оптимальний режим забезпечує міцність 220-250 кг/окатиш.

8. Дослідження показали, що перевантаження сирих окатишів під час транспортування не впливають на міцність готових автоклавованих окатишів. Також встановлено, що тривале зберігання (до двох років) не призводить до втрати їх міцності.

9. Автоклавовані окатиші характеризуються високою міцністю при нагріванні у відновлювальному середовищі, високою міцністю на стирання та високою відновлюваністю (до 55 % за 1 годину при 800 °С). Максимальне розбухання під час відновлення є незначним (2 %).

10. Техніко-економічне обґрунтування показало, що виробництво автоклавованих окатишів є економічно вигіднішим порівняно з виробництвом обпалених окатишів за рахунок нижчих капітальних та експлуатаційних витрат, а також вищої продуктивності автоклавного комплексу.

Таким чином, дослідження підтверджує перспективність технології виробництва безобпалювальних автоклавованих окатишів як економічно вигідної та екологічно прийнятної альтернативи традиційному випалу, що забезпечує отримання високоякісної залізорудної сировини з високими металургійними властивостями.

11. Дослідно-промислова установка для виробництва безвипалювальних окатишів методом «Гренгколд» річною продуктивністю 150-170 тис. т успішно освоєна. В процесі пуско-налагоджувальних робіт проведено ряд реконструкцій окремих вузлів, що дозволило досягти значної економії електроенергії (до 19,7 кВт·год/т) та технологічної пари (до 0,066 Гкал/т) порівняно з проєктними показниками.

12. Металургійні властивості автоклавованих окатишів з гравітаційного концентрату Voliden Mineral AB виявилися конкурентоздатними порівняно з обпаленими окатишами.

13. Окатиші з дегідратованого концентрату показали кращі характеристики міцності при високих температурах в окислювальному середовищі (51 кг/окатиш при 900 °C) та зберігали задовільну міцність у відновлювальному середовищі.

14. За температурою плавлення та інтервалом розм'якшення у відновлювальному середовищі окатиші з дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB мали деяку перевагу перед окатишами ПівнГЗК та агломератом.

15. Автоклавовані окатиші характеризуються більш розвиненою пористою структурою з великою кількістю дрібних пор, що зумовлює їхню вищу відновлюваність порівняно з обпаленими окатишами ЦГЗК та ПівнГЗК. Ступінь відновлення автоклавованих окатишів у струмі водню за 750 °C становив 75,5-79,0 %, що вище за показник ПівнГЗК (65,2 %).

16. При відновленні в суміші газів CO – CO₂ – N₂ за температури 1200 °C автоклавовані окатиші з сирого та дегідратованого концентратів досягли високого ступеня відновлення (100 % та 96,5 % відповідно), що перевищує показники окатишів ПівнГЗК (84,4 %) та ЦГЗК (91,8 %).

17. Автоклавовані окатиші з концентратів Boliden Mineral AB після відновлення в суміші газів CO – CO₂ – N₂ демонструють не нижчу міцність за критичних температур (900-1000 °C) порівняно з окатишами ЦГЗК та вищу, ніж окатиші ПівнГЗК. Їхня стійкість до стирання після відновлення вдвічі вища, ніж у промислових зразків.

18. Зміна об'єму автоклавованих окатишів під час відновлення є меншою порівняно з окатишами ПівнГЗК та ЦГЗК, що є позитивним фактором для їх використання в доменній печі.

19. Видалення гідратної вологи з окатишів, виготовлених із сирого концентрату Boliden Mineral AB, відбувається при відносно низьких температурах (до 500 °C), що не повинно призвести до збільшення витрати коксу в доменній печі.

20. За сукупністю досліджених металургійних властивостей безвипарувальні автоклавовані окатиші, отримані за технологією Гренгколд з гравітаційного дегідратованого концентрату Boliden Mineral AB, не поступаються обпаленим окатишам і можуть бути ефективно використані в металургійному виробництві.

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

22. Цех з виробництва залізорудних окатишів 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. Lotosh, V.E., Fatikhov, V.F., Komlev, A.M. et al. Production of autoclaved pellets at a pilot plant. *Metallurgist* 27, 115–119 (1983). <https://doi.org/10.1007/BF00739983>
2. Ramakgala C., Danha G. A review of ironmaking by direct reduction processes: Quality requirements and sustainability. *Procedia Manufacturing*. 2019. Vol. 35. P. 242–245. URL: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.05.034>.
3. Yur'ev, B.P., Dudko, V.A. Optimization of the Iron-Ore Pellet Annealing Process on Conveyor Machines Considering the Layer's Physicochemical Process Run. *Steel Transl.* 50, 611–617 (2020). <https://doi.org/10.3103/S0967091220090119>
4. Петрографический анализ самовосстанавливающихся окатышей, полученных на холодной связке из шламов доменного и конверторного цехов / Ковалев Д.А., Ванюков А.А., Купенко В.И. / *Металлургическая и горнорудная промышленность*. - 2013. - № 6. – С. 7-9.
5. Ванюков А.А., Ванюкова Н.Д., Дядин А.А. Влияние процессов низкотемпературного восстановления самовосстанавливающихся безобжиговых окатышей (СВО) на их металлургические свойства // *Сучасні проблеми металургії*. - 2014. - № 17. - С. 3-7.
6. Yur'ev, B.P., Spirin, N.A. Oxidation of iron-ore pellets. *Steel Transl.* 41, 400–403 (2011). <https://doi.org/10.3103/S0967091211050202>
7. Chernyshev, A.M., Khodak, L.Z., Likhov, V.K. et al. Utilization of unroasted carbonized pellets. *Metallurgist* 19, 863–867 (1975). <https://doi.org/10.1007/BF01088388>
8. Joseph A. Halt , Samuel C. Roache & S. Komar Kawatra (2015) Cold Bonding of Iron Ore Concentrate Pellets, *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 36:3, 192-197, DOI: 10.1080/08827508.2013.873863

9. Agrawal, B. B., Prasad, K. K., Sarkar, S. B., and Ray, H. S., 2000, “Cold bonded ore-coal composite pellets for sponge ironmaking: part 1 laboratory scale development.” *Ironmaking & Steelmaking*, 28(1), pp. 421–425.

10. Agrawal, B. B., Prasad, K. K., Sarkar, S. B., and Ray, H. S., 2001, “Cold bonded ore-coal composite pellets for sponge ironmaking: part 1 plant trials in rotary kiln.” *Ironmaking & Steelmaking*, 27(6), pp. 23–26.

11. Aota, J. and Morin, L., 2004, ““Cold bonded iron particulate pellets” Her Majesty the Queen in right of Canada as represented by the Minister of Natural Resources.” US Patent 6,676,725 B2.

12. Aota, J., Morin, L., Zhuang, Q., and Clements, B., 2006, “Direct reduced iron production using cold bonded carbon bearing pellets Part 1 – Laboratory metallization.” *Ironmaking and Steelmaking*, 33(5), pp. 426–428.

13. Chellan, R., Pocock, J., and Arnold, D., 2010, “Direct reduction of mixed magnetite and coal pellets using induction heating.” *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 26(1), pp. 63–76.

14. Dutta, D. K., Bordoloi, D., Gupta, S., Borthakur, P. C., Srinivasan, T. M., and Patil, J. B., 1992, “Investigation on cold bonded pelletization of iron ore fines using Indian slag-cement,” *International Journal of Mineral Processing*, 34, pp. 149–159.

15. Dwarapudi, S., Tathavadkar, V., Rao, B. C., Kumar, T. K. S., Ghosh, T. K., and Denys, M., 2013, “Development of cold bonded chromite pellets for ferrochrome production in submerged arc furnace.” *ISIJ International*, 53(1), pp. 9–17.

16. Goksel, M. A. and French, L. L., 1979, “Blast furnace test of Pelletech cold bond pellets.” SME-AIME Preprint No. 79–93, AIME Annual Meeting New Orleans, Louisiana, February 18–22.

17. Graham, R. K., 1983, “Cold bonding mineral pelletization” N.B. Love Industries Pty. Ltd., US Patent 4,402,736.

18. Halt, J. A. and Kawatra, S. K., 2013, “Review of organic binders for iron ore agglomeration.” *Minerals & Metallurgical Processing*, 31(2), pp. 73–94.

19. Hassler, B. and Kihlstedt, P. G., 1977, “Cold bonding agglomeration.” In: *Proceedings of the 2nd International Symposium on Agglomeration, Agglomeration 77* (K. V. S. Sastry, Ed.), NY: Iron and Steel Society of AIME, pp. 901–909.

20. Miyashita, T., Yoshikoshi, H., Nishio, H., and Takeuchi, O., 1987, “Method for continuously manufacturing non-fired pellets.” *Nippon Kokan Kabushiki Kaisha*, US Patent 4,636,342.

21. Xilun, H., 1980, “Pellet production by cold bonding and low temperature bonding methods.” *SME-AIME Preprint No. 80–65*, Paper presented at the AIME Annual Meeting, Las Vegas, Nevada, February 24–28, 1980.

22. Xilun, H., 1983, “Pellet production by cold bonding and low temperature bonding methods.” *Mining Engineering*, February, pp. 143–145.

23. Чернышев А.М., Ходак Л.З., Кудрявцев В.С. и др. Безобжиговые карбонизированные окатыши для доменной плавки // *Металлург.* — 1975. — №10. — С. 7-10.

24. Чернышев А.М., Ходак Л.З., Лихов В.К. и др. Использование карбонизированных безобжиговых окатышей // *Металлург.* — 1975. — №12. — С. 8-12.

25. Чесноков А.А., Лотош В.Е. Об эффективности использования окатышей различного типа при комплексной переработке лисаковских обжиг-магнетитовых концентратов // *Изв. АН СССР и Каз. ССР. КИМС.* — 1980. — №10. — С. 37-39.

Звіт подібності

метадані

Назва організації

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Заголовок

Оторвін Семен Павлович

Автор

Науковий керівник / Експерт

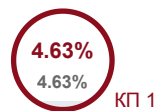
Оторвін Семен Павлович Чупринов Є.В.

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

6861

Кількість слів

50620

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	Ⓡ	11
Інтервали	A→	0
Мікропробіли	␣	0
Білі знаки	Ⓡ	0
Парафрази (SmartMarks)	a	23

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)	127 1.85 %
2	Щербак Ігор Сергійович 1/14/2025 STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY (STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY)	31 0.45 %

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

ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

бакалавра
(бакалавра, магістра)

Студента Оторвіна Семена Павловича
(прізвище, ім'я та по-батькові)
групи МТ-21

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра
(бакалавра, магістра)

Вивчення технології отримання безобпалювальних
залізорудних окатишів та аналіз їх металургійних характеристик

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

пояснювальна записка	<u>53</u>
таблиць	<u>7;</u>
схем і рисунків	<u>7;</u>
листів графічної частини (демонстраційного матеріалу)	<u>6.</u>

Якісні відмінності кваліфікаційної роботи бакалавра
(бакалавра, магістра)

Досліджено інноваційний метод виробництва залізорудних окатишів без застосування високотемпературного випалу, відомий як процес «Гренгколд». Основна увага зосереджена на аналізі функціонування дослідно-промислової установки, спроектованої Шведським університетом, річною продуктивністю 150-170 тис. тонн. Проаналізовано хімічний склад вихідних концентратів та отриманих окатишів. Встановлено, що для задовільного огрудкування гравітаційний концентрат потребує попереднього подрібнення до вмісту класу мінус 0,05 мм понад 60 %. Визначено оптимальний вміст тонкомолотого негашеного вапна (10-13 %) для забезпечення необхідної міцності сирих окатишів (7-8 кг/окатиш) та їхньої стійкості до механічних впливів. Досліджено міцність на стиск автоклавованих окатишів (в середньому 150-220 кг/окатиш), їхню морозостійкість та водостійкість, а також стійкість до стирання за різних температур.

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 Оторвін П.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 – відмінна

Керівник Коренко Марина Георгіївна
(прізвище, ім'я та по-батькові)

доцент, к.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 _____ Оторвіна Семена Павловича
(прізвище, ім'я та по-батькові)

групи	
Тема кваліфікаційної роботи	бакалавра (бакалавра, магістра)
<u>Вивчення технології отримання безобпалювальних залізородних окатишів та аналіз їх металургійних характеристик</u>	
Тема спеціальної частини кваліфікаційної роботи	бакалавра (бакалавра, магістра)
<u>Металургійні властивості безвипалювальних окатишів із гравітаційного концентрату за методом Гренгколд</u>	
Переваги кваліфікаційної роботи	бакалавра (бакалавра, магістра)
<u>Дипломна робота спрямована на аналіз технології отримання безобпалювальних залізородних окатишів та дослідження їх металургійних характеристик з метою розробки рекомендацій щодо застосування в доменному виробництві.</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

«~~Вивчення~~ Технічної оцінки безпечності металургійних технологій до аналіз їх ^(назва) металургійних характеристик»

автором/авторами або виконавцем якої є:

Ортин Євген Павлович

(ПІБ)

Каф. металургійних технологій

(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом 53 сторінок друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом «Strike Plagiarism».

Рівень оригінальності становить 95,37 %.

При перевірці посилань програмою визначено окремі співпадіння із:

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

Матеріали було розглянуто та рекомендовано до захисту в 9к на засіданні

(подальшого розгляду, друку, опублікування тощо)

Каф. металургійних технологій

(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія тощо)

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

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, Отарвін Семан Павлович, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота «Вивчення технології отримання безотшлюєвального заповнювача скатинів та аналіз їх металургійних характеристик» 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 досліджень. 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» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025



Отарвін С.П.
(ініціали, прізвище, власноруч)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА
про підготовку студента-випускника

Оторвіна Семена Павловича
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Металургійних технологій

Спеціальність 136 – Металургія

(шифр, назва)


Тема кваліфікаційної
роботи магістра

Вивчення технології отримання безобпалювальних
залізорудних окатишів та аналіз їх металургійних
характеристик

Керівник кваліфікаційної роботи:

доцент, к.т.н., Коренко М.Г.
(посада, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Оцінки по розділах роботи

№ з/п	Найменування розділу проекту (роботи)	Консультант	Зараховано / не зараховано	Дата	Підпис консультанта	Примітка
1	Аналітична частина	Коренко М.Г.	зарах	07.06		
2	Основна частина	Коренко М.Г.	зарах	07.06		
3	Охорона праці	Коренко М.Г.	зарах	07.06		

Завідувач кафедри


(підпис)

Д.О. Кассім

(ініціали, прізвище)

« 07 » 06 20²⁵ р.