

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ МЕТАЛУРГІЇ

Кафедра металургії
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз особливостей технології випалки селенієвої марганцю з використанням у шихті металоконцентрату та вуглів шихтопородки

Виконав: студент 2м курсу, групи МЕТ-18-Ам

Спеціальності 136 - Металургія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Металургія чорних металів

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Є. Д. Єгоров

(ініціали та прізвище)

Керівник доц. кафедри металургії

канд. техн. наук, доцент Боренікова О. С.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. кафедри металургії

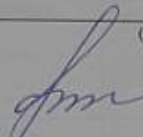
канд. техн. наук, доцент Харченко О. В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет металургії
Кафедра металургії
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 136 - Металургія (код та назва)
Освітня програма Металургія горючих металів (код та назва)
Спеціалізація _____ (код та назва)

 **ЗАТВЕРДЖУЮ** Терещак Ю.Ф.
Завідувач кафедри
« 10 » 01 20 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Сидорова Євгена Олександрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Аналіз способів виготовлення вилляти формованих пористих з'єднань металів у процесі металургічного виробництва на основі аналізу роботи керівника роботи
Воденнікова Оксана Сергіївна, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «10» вересня 20 19 року № 15040-С

1 Строк подання студентом роботи 28.12.2019 р.

Вихідні дані до роботи Надійшло матеріал література, статті у спеціальних журналах, тези доповідей на міжнародних та українських конференціях, інформація щодо патентів, дисертаций, ДСТУ, ГОСТ, ТУ, ІСО, АСТ, СП, та НПА ОДП.

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Введення та уривки параграфів. Аналіз способів та технологій виготовлення вилляти формованих пористих з'єднань металів. Складання технологічної картки виготовлення вилляти формованих пористих з'єднань металів. Розрахунок технологічних параметрів виготовлення вилляти формованих пористих з'єднань металів. Аналіз роботи керівника роботи. Завдання виконати. Перелік джерел посилань.

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Титульний лист - 1. Матриця роботи. Завдання роботи - 1. Об'єкт дослідження. Вступ до роботи. Матриця дослідження - 1. Вступні розділи наукової роботи. Матриця - 1. Методологія дослідження. Матриця - 1. Перелік складу металургічного виробництва - 1. Аналіз способів виготовлення вилляти формованих пористих з'єднань металів. Матриця - 1. Технологія виготовлення вилляти формованих пористих з'єднань металів. Матриця - 1. Аналіз роботи керівника роботи. Матриця - 1. Склад пористих з'єднань металів. Матриця - 1. Хімічний склад шихтового матеріалу, що використовується для виготовлення.

Фрагменткамерально - 1. Склад камери та встановлення камернокамерально.
Технологія камерних камерних МнС19Р та встановлення камернокамерально - 1.
Технологія камерних камерних МнС19Р - 1. Завдання камернокамерально - 2.

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналіз енерго-тех ресурсів будівель	Введеннікова О.С.	11.09.2019р. <i>О.С.</i>	11.09.2019р. <i>О.С.</i>
2 Складання смет виробництва камернокамерально	Введеннікова О.С.	11.09.2019р. <i>О.С.</i>	11.09.2019р. <i>О.С.</i>
3 Вибір матеріалів та обладнання камернокамерально	Введеннікова О.С.	11.09.2019р. <i>О.С.</i>	11.09.2019р. <i>О.С.</i>
4 Встановлення технологічних особливостей камернокамерально з камернокамерально	Введеннікова О.С.	11.09.2019р. <i>О.С.</i>	11.09.2019р. <i>О.С.</i>
5 Вибір матеріалів та обладнання камернокамерально	Введеннікова О.С.	11.09.2019р. <i>О.С.</i>	11.09.2019р. <i>О.С.</i>
6 Технічний надгляд камернокамерально	Введеннікова О.С.	11.09.2019р. <i>О.С.</i>	11.09.2019р. <i>О.С.</i>

6 Дата видачі завдання 11.09.2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання технічної документації.	11.09.2019р. - 14.09.2019р.	
2	Аналіз енерго-тех ресурсів будівель камернокамерально	15.09.2019р. - 20.09.2019р.	
3	Складання смет виробництва камернокамерально	21.09.2019р. - 26.09.2019р.	
4	Вибір матеріалів та обладнання камернокамерально	27.09.2019р. - 30.09.2019р.	
5	Встановлення технологічних особливостей камернокамерально з камернокамерально	1.10.2019р. - 31.10.2019р.	
6	Вибір матеріалів та обладнання камернокамерально	1.11.2019р. - 22.11.2019р.	
7	Завдання камернокамерально. Перелік умов камернокамерально	23.11.2019р. - 7.12.2019р.	
8	Технічний надгляд камернокамерально	8.12.2019р. - 28.12.2019р.	

Студент *С.В. Бештій* (підпис) О.С. Введеннікова (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) *О.С.* (підпис) О.С. Введеннікова (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено
 Нормоконтролер *С.В. Бештій* (підпис) С.В. Бештій (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Єгоров Є.О. Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки.

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 136 – Metallurgy, науковий керівник О.С. Воденнікова. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет металургії, кафедра металургії, 2020.

Приведено аналіз сучасних енерго-та ресурсозберігаючих технологій в металургії. Розглянуто можливості вторинного використання марганецьвмісних відходів феросплавного виробництва. Визначено технологічну доцільність виплавки силікомарганцю марки MnC14P з використанням у шихті агломерату з доданням вторинних матеріалів, зокрема відсіву шлакопереробки та металоконцентрату.

Ключові слова: СИЛІКОМАРГАНЕЦЬ, ВТОРИННІ МАТЕРІАЛИ, МЕТАЛОКОНЦЕНТРАТ, ВІДСІВ ШЛАКОПЕРЕРОБКИ, АГЛОМЕРАТ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

ABSTRACT

Yehorov Ye.A. Analysis of features of ferrosilicomanganese smelting technology with the use of metal concentrate and fines breeze of slag processing.

Qualification work for obtaining a master's degree in higher education by specialty 136 – Metallurgy, scientific supervisor O.S. Vodennikova. Zaporizhzhia National University. Engineering Institute. Faculty of Metallurgy, Department of Metallurgy, 2020.

Current technologies for saving energy and resource in metallurgy are analyzed. The possibilities of recycling manganese-containing wastes of ferroalloy production are considered. The technological advantage of smelting MnC14P silicomanganese with the use of agglomerate in the charge with addition of secondary materials, in particular screenings of slag processing and metal concentrate is determined.

Keywords: SILICOMANGANESE, SECONDARY MATERIALS, METAL CONCENTRATE, SLAG SCREENING, SINTER, TECHNOLOGICAL PARAMETERS.

АННОТАЦИЯ

Егоров Е.А. Анализ особенностей технологии выплавки ферросиликомарганца с использованием в шихте металоконцентрата и отсевов шлакопереработки.

Квалификационная работа на получение степени высшего образования магистра по специальности 136 – Metallургия, научный руководитель О.С. Воденникова. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет металлургии, кафедра металлургии, 2020.

Приведен анализ современных энерго- и ресурсосберегающих технологий в металлургии. Рассмотрены возможности вторичного использования марганецсодержащих отходов ферросплавного производства. Определена технологическая целесообразность выплавки силикомарганца марки MnC14P с использованием в шихте агломерата с добавлением вторичных материалов, в частности отсева шлакопереработки и металоконцентрата.

Ключевые слова: СИЛИКОМАРГАНЕЦ, ВТОРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕТАЛЛОКОНЦЕНТРАТ, ОТСЕВ ШЛАКОПЕРЕРАБОТКИ, АГЛОМЕРАТ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ЕНЕРГО-ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕТАЛУРГІЇ.....	13
1.1 Вторинні ресурси підприємств чорної металургії.....	14
1.2 Сучасні енерго-та ресурсозберігаючі технології в чорній та кольоровій металургії.....	15
1.3 Висновки.....	17
2 СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ.....	18
2.1 Характеристика марганцевих руд і концентратів.....	18
2.2 Властивості та призначення феросилкомарганцю марки MnC17.....	21
2.3 Особливості технології виплавки феросилкомарганцю	24
2.4 Висновки.....	27
3 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
3.1 Матеріали та методика отримання марганцевого концентрату з використанням у шихті металоконцентрату.....	28
3.2 Матеріали та методика дослідження технології виплавки феросилкомарганцю з використанням дослідного агломерату та металоконцентрату.....	32
3.3 Висновки.....	35
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПЛАВКИ СИЛКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛІВ.....	37
4.1 Аналіз можливості вторинного використання марганцевмісних відходів феросплавного виробництва.....	37
4.1.1 Дослідження можливості вилучення марганцю і кремнію з	

	7
феросплавних шлаків та шламів.....	37
4.1.2 Дослідження вилучення марганцю з відходів виробництва відвальних шлаків та шламів мокрого газоочищення.....	38
4.2 Дослідження технології отримання марганцевого концентрату з використанням у шихті металоконцентрату.....	43
4.3 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням дослідного агломерату та металоконцентрату.....	46
4.5 Організація та витрати на виконання науково-дослідної роботи.....	47
4.5.1 Організація виконання НДР.....	49
4.5.2 Витрати на виконання НДР.....	51
4.6 Висновки.....	59
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ФЕРОСПЛАВНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ	61
5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів в феросплавній лабораторії.....	61
5.2 Заходи з поліпшення умов праці в лабораторії.....	62
5.3 Висновки.....	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67
ДОДАТКИ.....	75
ДОДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ МАГІСТРА ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	75

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

MnC14P та MnC17 – силікомарганець з вмістом кремнію 14% та 17%, відповідно;

США – Сполучені Штати Америки;

ВЕР – вторинні енергетичні ресурси;

ВМР – вторинні матеріальні ресурси;

МБЛЗ – машин безперервного лиття заготовок;

РПЗ-48 та РПЗ-63 – руднотермічна прямокутна закрита піч з номінальною потужністю 48 МВ·А, 63 МВ·А;

РКЗ-16,5 – руднотермічна кругла закрита піч з номінальною потужністю 16,5 МВ·А ;

АТ – акціонерне товариство;

ВАТ – відкрите акціонерне товариство;

НДПІ – науково-дослідний проектний інститут;

ССП – сульфід-спитрова барда;

НДР – науково-дослідна робота;

ФОП – фонд оплати праці;

ЗП – заробітна плата;

ЄСВ – соціальний внесок;

АТО – автономне територіальне об'єднання;

ПДФ – податок на доход;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ЗКЗ – засоби колективного захисту.

ВСТУП

На сьогоднішній день основна кількість (~70%) феросилікомарганцю виплавляється з вмістом фосфору більше 0,35%, оскільки вживані марганцеві оксидні концентрати I-го і II-го сортів мають високий питомий вміст фосфору. Отримання феросилікомарганцю з вмістом фосфору до 0,35% можна досягти введенням в шихту низькофосфористого шлаку, застосуванням марганцевого концентрату з пониженим вмістом фосфору [1].

Аналіз роботи феросплавних заводів України показує, що обсяги і сортамент виробництва феросплавів, традиційних для цих заводів, будуть змінюватися залежно від розвитку внутрішнього виробництва чавуну і сталі, її якісних і структурних змін, а також від кон'юнктури зовнішнього ринку та можливості експорту вироблених марганцевих і кременистих феросплавів. Багато в чому ці зміни будуть залежати від цін на сировинні матеріали та електроенергію [2].

Останнім часом пріоритетним напрямком використання відходів феросплавного виробництва стало їх максимальне залучення в технологічні процеси металургійного виробництва [3]–[13], що в свою чергу сприяє заощадженню матеріальних та енергетичних ресурсів, зниженню собівартості металопродукції. Так металургійний переділ шламів збагачувальних фабрик і відвальних шлаків феросилікомарганцю має важливе значення у вирішенні проблеми комплексного використання марганецьвмісної сировини, що дозволяє розширити рудносировинну базу та істотно знизити втрати марганцю на стадії збагачення і металургійного переділу.

Мета і задачі роботи. Розробка технології виплавки силікомарганцю марки MnC14P з використанням вторинних матеріалів.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні теоретичні та прикладні завдання:

1. Проаналізувати енерго-та ресурсозберігаючі технології в металургії та визначити шляхи удосконалення технології виплавки феросилікомарганцю з

використанням вторинних матеріалів.

2. Провести дослідження технології отримання марганцевого агломерату з використанням у шихті металоконцентрату.

3. Провести дослідження технології виплавки феросилікомарганцю марки MnC14P з використанням дослідного агломерату та металоконцентрату.

4. Проаналізувати потенційно-небезпечні та шкідливі фактори в процесі виплавки феросилікомарганцю марки MnC14P з використанням вторинних матеріалів.

Об'єкт дослідження: марганцевий концентрат II сорту, відсів шлакопереробки, металоконцентрат, агломерат марки АМНВ2 та силікомарганець марки MnC14P.

Предмет дослідження: технологія виплавки силікомарганцю марки MnC14P з використанням вторинних матеріалів.

Методи дослідження: дослідження хімічного складу марганецьвмісної сировини проводили за допомогою хімічного аналізу; обробку експериментальних даних проводили з використанням персонального комп'ютера.

Наукова новизна одержаних результатів. Запропонована технологія виплавки силікомарганцю марки MnC14P з використанням у шихті агломерату з додаванням вторинних матеріалів, зокрема відсіву шлакопереробки та металоконцентрату, яка в порівнянні з базовою технологією, підвищує вилучення марганцю в межах від 0,7% до 1,9%, продуктивність електропечі в межах від 4,4% до 8,9%, а також знижує питому витрату електроенергії в межах від 9,1% до 9,6% .

Практичне значення одержаних результатів. Результати експериментальних досліджень можуть бути використані при виплавці різних марок силікомарганцю в промислових умовах.

Особистий внесок дослідника. Основні результати, наведені в кваліфікаційній роботі магістра, отримані автором особисто. Ним виконано постановку завдань дослідження, обрано методику експериментальних

досліджень, проаналізовано та узагальнено результати досліджень, сформульовано загальні висновки.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором проаналізовано сучасні енерго-та ресурсозберігаючі технології в металургії [1] та досліджено технологічні особливості виплавки силікомарганцю з використанням металоконцентрату та відсіву шлакопереробки [2, 3].

Апробація результатів роботи. Основні висновки та результати кваліфікаційної роботи магістра доповідалися та обговорювалися на:

– The 8th International youth conference «Perspectives of science and education» (Mart 29, 2019, Now York);

– ХХІV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.);

– наукових семінарах кафедри металургії Інженерного інституту Запорізького національного університету (Запоріжжя, 2019 р.).

Публікації. Основні результати роботи знайшли відображення у 3-х публікаціях, серед них: 1 стаття у збірнику наукових праці магістрантів факультету металургії та 2-х тез доповіді на конференціях.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання та додатку. Загальний обсяг роботи становить 99 сторінок, з них 25 таблиць, 8 рисунків, 67 джерел посилання.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Воденнікова О. С., Лук'яненко Ю. В., Єгоров Є. О. Аналіз енерго-та ресурсозберігаючих технологія в металургії. The 8th International youth conference «Perspectives of science and education» (Mart 29, 2019, Now York). Now York: SLOVO \ WORD, 2019. С. 65–72.

2. Єгоров Є. О., Лук'яненко Ю. В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технологічних особливостей виплавки силікомарганцю з використанням металоконцентрату та відсіву шлакопереробки. *Збірник наукових праць магістрантів факультету металургії*. Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. Випуск 1 (15). С. 31–36.

3. Єгоров Є. О., Лук'яненко Ю. В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням металоконцентрату та відсіву шлакопереробки. Матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.). Том I. Металургія як основа сучасної промисловості. Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. С. 38–39.

1 АНАЛІЗ ЕНЕРГО-ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕТАЛУРГІЇ

В найближчі 10–15 років найбільш перспективною видається стратегія інвестування будівництва нових і реконструкція діючих виробничих потужностей, що спеціалізуються на виробництві металопродукції. Так на сьогоднішній день енерговитрати в Україні на виробництво 1 тони сталі від 1,5 разів до 1,8 разів вищі, ніж у США. Це пов'язано із застосуванням застарілого устаткування та технологій, а також неефективних методів управління матеріальними й енергетичними потоками у виробничому циклі і з суміжними виробництвами внутрішньогалузевої кооперації. На сьогодні більше ніж коли-небудь справедливо стверджувати, що міжнародна конкурентоспроможність чорної металургії визначається зниженням витрат за переділом розрахунку на 1 тону сталі, все ширше висувається вимога впроваджувати новаторство й удосконалювати процес виробництва з метою зниження витрат, ресурсо- та енергозбереження.

Одним із найбільш дорогих виробництв чорної металургії є електросталеплавильне, що істотно впливає на економіку галузі та результати виконання договірних зобов'язань. Встановлено світові тенденції, випереджальних темпів розвитку електрометалургії порівняно з виробництвом масових сталей. Нарощування обсягів виробництва електросталі відбувається за рахунок інтенсивних чинників. До найбільш поширених причин, які впливають на темпи розвитку електросталеплавильних виробництв, слід віднести порушення дисципліни постачань і зниження якості продукції (запобігання випуску браку). Незважаючи на те, що проблема підсилення економічних методів дії на механізм зниження виробничих витрат не вичерпана, актуальність підвищення якості продукції набуває першочергового значення. Тому в системі заходів з підвищення якості металопродукції велике значення має запобігання випуску браку та підсилення заходів господарської дії на робітників, що допустили його випуск [14].

1.1 Вторинні ресурси підприємств чорної металургії

Одним з шляхів підвищення ефективності металургійного виробництва є використання вторинних ресурсів (табл. 1.1), що забезпечує [3, 5, 15]:

- зменшення обсягів видобутих з надр первинних ресурсів;
- зниження матеріальних ресурсів і витрат на виготовлення продукції;
- скорочення витрат на спалювання та захоронення сміття внаслідок збільшення частки відходів, що перероблюються;
- зниження питомих витрат енергетичних ресурсів;
- заміщення в ряді випадків імпортованих матеріалів;
- поліпшення стану навколишнього середовища (зменшення забруднення ґрунту, водних ресурсів, повітряного басейну та інше).

Таблиця 1.1 – Вторинні ресурси підприємств чорної металургії

	Вид ресурсу	Вторинний ресурс
Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР)	Паливні	Коксовий газ, доменний газ, конверторний газ, газ дугових електросталеплавильних печей, газ феросплавних печей
	Теплові	Фізичне тепло технологічних газів металургійний агрегатів та печей, тепло гарячого коксу, тепло гарячого агломерату, тепло рідких шлаків, тепло металопродукції, тепло води, що охолоджує
	Енергія підвищеного тиску	Енергія колошникового газу, енергія природного газу
Вторинні матеріальні ресурси (ВМР)	Тверді	Металевий лом, відвальні шлаки, пил газоочищення, вогнетривкий брухт
	Рідкі	Шлаки, шлами газоочищення, стічні води, травильні розчини
	Газоподібні	Азот, діоксид вуглецю, діоксид сірки

До основних напрямлень енерго-та ресурсозберігаючих технологій у металургійному виробництві слід віднести:

- залучення у виробництво бідних по основному компоненту руд;
- організацію підготовки шихти (застосування агломерації, окатування та брикетування);
- використання вторинних енергетичних ресурсів для підігріву шихти;

- утилізацію промислових викидів та відходів в технологіях виробництва феросплавів;
 - застосування сучасних систем очищення технологічних газів;
 - заміну застарілих технологій та агрегатів для їх реалізації на більш ефективні за основними техніко-економічними показниками [4];
 - підвищення частки брухту в сталеплавильному виробництві та доцільність рафінувальних операцій в конвертері з використанням нагріву дуговим або плазмовим розрядом постійного струму;
 - застосування технологій вдування пиловугільного палива у доменному виробництві;
 - використання технологій переробки сталеплавильних шлаків;
 - удосконалення конструкції машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), зокрема, суміщення їх з прокатними станами [16].

1.2 Сучасні енерго-та ресурсозберігаючі технології в чорній та кольоровій металургії

Значний інтерес представляють дослідження різних способів переробки відвальних шлаків [8]–[11] та можливість використання відходів феросплавного виробництва для легування металу методом дугового глибинного відновлення [12].

Автори роботи [17] пропонують утилізацію залізоцинковмісних шлаків та пилу газоочищення сталеплавильних цехів шляхом їх попереднього окускування та рециклінгу (повернення) у власну плавку у вигляді шлакоутворюючих та малошихтових брикетів. Технологія використання промислових металевих відходів (шлаків) для виготовлення конструкційних деталей викладена у роботі [18].

Утилізації тонкодисперсних порошкових відходів чорної металургії присвячена робота [19], в якій запропонована технологія пресування двокомпонентних сумішей, одна з фаз яких є рідкою. Проблема витягу сполук хрому з відвалів хромітового виробництва досліджена у роботі [20].

Напрямки переробки шламів глиноземного виробництва з утилізацією димових газів печей спікання і витяганням рідкісних металів (ітрію, скандію, цирконію, титану) досліджені у роботі [21], при цьому додаткове виділення глинозему направлено на отримання збагаченого залізовмісного концентрату. Переваги та недоліки комплексної переробки червоного шламу з отриманням глинозему, заліза (чавуну) і цементу на майданчиках глиноземних заводів і способу отримання на них тільки транспортабельного червоного шламу для відвантаження і переробки нової товарної продукції на діючих підприємствах розглянуті у роботі [22].

Значний інтерес представляє робота [23], присвячена технології отримання конструкційних та інструментальних матеріалів з відходів шліфовального виробництва.

Дослідження процесу переробки дрібнозернистих відходів металургійного виробництва з отриманням гранульованого чавуну і витяганням цинку описані у роботі [24].

Розроблений спосіб утилізації дрібнозернистих цинквмісних металургійних відходів шляхом прямого відновлення з використанням елементів технології ITmk3 дозволяє отримувати гранульований чавун за 9–12 хв. з попутним витяганням цинку.

Енерго-та ресурсозберігаючі технології не оминули і конверторне виробництво. Так авторам [25] розроблена технологія виплавки сталі в кисневих конвертерах з використанням відпрацьованих автомобільних покришок, що дозволяє підвищити прихід тепла в конвертер за рахунок збільшення теплоти згорання палива і поліпшення умов теплопередачі внаслідок підвищення світності факела при згорянні сажистих частинок, що забезпечило зниження витрати палива в період попереднього нагріву брухту.

Застосування технології переробки тонкодисперсних залізовмісних відходів (шламів) аглодоменного та конверторного виробництва ВАТ «Северсталь» в міцні брикети дозволяє отримати економічний ефект за рахунок повернення металу, що входить в конверторний шлам та впровадження сквозної (безвідходної) технології [26]. Дослідниками [27]

розглянуто ефективність технології утилізації суспензій шламу конверторних виробництв. Після попередньої обробки шламу пропонується використовувати в агломераційній шихті, а також отримувати з відходів залізовмісний пігмент високої якості.

У ливарному виробництві запропоновано спосіб повернення в металооборот окалини, стружки та інших дисперсних металовідходів [28] та енергозбереження при виробництві відливок з алюмінієвих сплавів [29].

Енергозберігаюча технологія виготовлення стержнем, представлена у роботі [30] показує, що перехід на холодні технології виготовлення стрижнів замість технологій їх затвердіння із застосуванням теплової енергії забезпечує економію на кожній тонні не менше 50 кВт-год. електроенергії і близько 250 м³ природного газу, при цьому знижуються брак стрижнів, виливків, їх маса, а також підвищується розмірна точність.

У роботі [31] пропонуються напрямки утилізації замасленої окалини, в тому числі у вигляді добавки в кількості від 8 % до 12% в шихту для виготовлення будівельної цегли, що сприяє підвищенню міцності цегли та економії вуглецевмісних матеріалів, а також в асфальтобетонні суміші.

Таким чином, аналіз сучасних енерго-та ресурсозберігаючих технологій в металургійній галузі [32] (Додаток А) показує перспективність використання вторинних відходів, що дасть змогу знизити матеріало-та енергоємність металопродукції та зменшити негативний вплив металургії на стан навколишнього середовища.

1.3 Висновки

1. Застосування енерго-та ресурсозбереження в металургії шляхом використання вторинних відходів дасть змогу знизити матеріало-та енергоємність металопродукції та зменшити негативний вплив металургії на стан навколишнього середовища.

2 СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ

2.1 Характеристика марганцевих руд і концентратів

В Україні зосереджено 21% світових розвіданих родовищ марганцевих руд, найбільш великі з яких є Більшетокмакське та Нікопольське родовище. Марганцеві руди основних родовищ характеризуються порівняно високим вмістом фосфору (від 0,2 % до 0,3 %).

Окисні руди Нікопольського родовища представлені піролюзитом, манганітом, псиломеланом. Щільність зразків оксидних руд змінюється від 2,1 г/см³ до 4,2 г/см³, пористість - від 3 % до 47 %. Карбонатні руди відносяться до ізоморфного ряду манганокальцит-кальцієвого родохрозиту, який містить в середньому від 80 % MnCO₃ до 86 % MnCO₃, від 14 % CaCO₃ до 20% CaCO₃ та від 39,8 % Mn до 42% Mn).

Нерудні мінерали в марганцевих рудах представлені кварцем, польовим шпатом, опалом, халцедоном, глауконітом.

Окислені руди зосереджені в основному в Чіатурському басейні та вміщують від 15 % Mn до 43 % Mn; від 13 % SiO₂ до 58 % SiO₂; від 2,4 % Fe₂O₃ до 4,3 % Fe₂O₃; від 0,75 % Al₂O₃ до 5,2 % Al₂O₃. Середній вміст марганцю складає 27 %. Щільність рудних зразків складає від 1,7 г/см³ до 3 г/см³, пористість досягає 34 %.

Розглядаючи світові запаси марганцю, слід відмітити родовища в Австралії (13%), Бразилії (2,5%), Індії (1,6%) та Африці (табл. 2.1).

Марганцева руда, що добувається з надр, піддається збагаченню наступними методами: промиванням, гравітаційним, магнітним, флотацією. При цьому в отримуваних концентратах збільшується вміст марганцю в результаті відділення великої кількості порожньої породи.

Збагачена марганцева руда за хімічним, гранулометричним складом і фізичним властивостям, повинна відповідати нормам, приведеним в

табл. 2.2 [33].

Таблиця 2.1 – Усереднені хімічні склади марганцевих руд світових експортерів

Країна	Хімічний склад, % на суху масу							
	Mn	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	CaO	BaO	н.п.п
Бразилія	47,5	6,70	3,65	8,10	0,10	0,23	2,23	–
Габон	47,4	4,17	6,00	6,73	0,11	0,2	0,2	–
Австралія	48,3	5,3	9,30	3,10	0,07	0,3	1,06	8,3
ПАР	47,2	11,9	5,65	0,37	0,04	6,0	0,4	4,0
Казахстан	40,5	2,7	16,7	4,80	0,014	2,5	–	11,7
Грузія	40,7	1,40	8,65	2,83	0,208	2,35	–	11,0
Україна	46,6	6,2	5,60	0,46	0,203	0,92	–	15,1

Таблиця 2.2 – Хімічний, гранулометричний склад і фізичні властивості марганцевої збагаченої руди

Найменування продукції	Сорт	Хімічний склад, %		Фізичні властивості			
		крупність, мм	контрольний клас крупності, мм	масова доля контрольного класу крупності	масова доля Mn, %, не менше	розрахункова норма вологості, %	втрати мас при прожаренні, %
Руда марганцева	I	>50	+50	15	43,0	16,0	–
	ІБ	>50	+50	15	41,0	16,0	–
Руда окисна	II	>50	+50	15	34,0	22,0	н. б. 17,0
	ІБ	>50	+50	15	25,0	23,0	н. б. 14,0
Руда марганцева збагачена	I	>150	+50	15	26,0	18,0	17,0

Використання збагачених марганцевих руд (концентратів) знижує питому витрату електроенергії, підвищує витягання марганцю і покращує техніко-економічні показники виробництва марганцевих феросплавів в електродугах.

Агломерат марганцевий за хімічним і гранулометричним складом і фізичними властивостями повинен відповідати вимогам, вказаним в табл. 2.3.

Нормативною документацією, що діє, якість товарних марганцевих

концентратів Нікопольського басейну (табл. 2.4) регламентується вмістом марганцю і діоксиду кремнію, а також кількістю води в кожному сорті. Оскільки в рудних мінералах міститься фосфор, після збагачення марганцевих руд його вміст в товарних концентратах (співвідношення концентрацій фосфору і марганцю) практично не змінюється. В процесі промивання марганцевої оксидної руди у відмиті шлами витягується до 35 % фосфору від загальної його кількості у вихідній руді. Масова доля фосфору і діоксиду кремнію в класифікованій і некласифікованій рудах не є показниками бракувань і визначаються в середньомісячних пробах.

Таблиця 2.3 – Хімічний, гранулометричний склад і фізичні властивості марганцевого агломерату

Найменування показників якості	Норма		
	АМ 1	АМ 2	АМ 3
Вміст марганцю, %, не менше	43,0	40,0	37,5
Крупність, мм	5–200	5–200	5–200
Вміст класу мінус 5 мм, не більше	19,0	19,0	20,0
Показник міцності (по класу +5 мм)	74,0	74,0	72,0

Таблиця 2.4 – Склад концентратів Нікопольського марганцеворудного басейну згідно ТУ У 13.2- 00190911-001-2004

Сорт	Масова доля марганцю, %, не менше	Масова доля води, %	Масова доля фосфору, %	Масова доля діоксиду кремнію, %
I	43,0	16,0	0,135–0,245	12,0–17,0
ІБ	41,0	16,0	0,135–0,245	15,0–20,0
II	34,0	22,0	0,130–0,245	25,0–30,0
III	25,0	23,0	0,140–0,245	30,0–35,0

При виплавці різних видів марганцевих сплавів до якості марганцевої сировини пред'являються певні вимоги:

1. Вміст марганцю (%Mn).
2. Питомий вміст фосфору (модуль фосфору) $mP=(\%P/\%Mn)$.
3. Питомий вміст кремнезему (модуль кремнезему) $mSiO_2=(\%SiO_2/\%Mn)$.

4. Питомий вміст заліза (модуль заліза) $m_{Fe} = (\%Fe / \%Mn)$.
5. Основність рудної породи $B = (\%CaO + \%MgO / \%SiO_2)$.
6. Вологість ($\%H_2O$).
7. Гранулометричний склад.

Вміст марганцю є основним показником якості сировини, яка впливає на всі техніко-економічні показники плавки. У марганцевих рудах і концентратах Нікопольського і Чіатурського родовищ є певний зв'язок між вмістом марганцю і вмістом домішок (фосфор, кремнезем, залізо). Для металургійної практики найбільш коштовною є не абсолютна кількість домішок, а їх питомий вміст (модулі).

Величина модуля фосфору ($\%P / \%Mn$) вказує на можливість здобуття стандартного по фосфору сплаву. Модуль кремнезему ($\%SiO_2 / \%Mn$) визначає можливість здобуття сплаву із заданим вмістом кремнію і визначає умови шлакоутворення. Модуль заліза ($\%Fe / \%Mn$) вказує на можливість здобуття сплаву із стандартним вмістом марганцю.

Важливим показником якості марганцевої сировини є основність рудної породи ($\%CaO + \%MgO / \%SiO_2$), яка визначає кратність шлаку і міру відновлення марганцю в метал.

Вміст вологи в концентраті ($\%H_2O$) визначає необхідну міру сушки його і впливає на витрату електроенергії при плавці.

Велике значення для ведення плавки має гранулометричний склад концентратів. Наявність значної кількості дрібної фракції (> 5 мм) різко погіршує роботу печі і вказує на необхідність окускування концентрату [34, 35].

2.2 Властивості та призначення феросилікомарганцю марки MnC17

Феросилікомарганець є комплексним розкислювачем, що широко застосовується при виплавці спокійних і напівспокійних вуглецевих і ряду легованих сталей в кисневих конвертерах, електричних і мартенівських печах. Загально відомо, що розкислювання рідкої сталі комплексними

розкислювачами, такими як феросилікомарганець, забезпечує вищу якість металу. Це пов'язано з пониженням активності компонентів SiO_2 і MnO в продуктах реакції, що є сплавами системи MnO-SiO_2 . За умови застосовності феросилікомарганець в порівнянні з феромарганцем має певні достоїнства: меншою температурою плавлення, великою спорідненістю до кисню, кращим впливанням продуктів розкислювання сталі, меншим вмістом вуглецю, меншою витратою марганцю.

Феросилікомарганець має ряд теплофізичних, електричних, магнітних і механічних властивостей, які необхідно враховувати при розкислюванні і легуванні сталей і чавунів. Феросилікомарганець марки MnS17 з вмістом фосфору $< 0,35\%$ має наступні чисельні значення теплофізичних характеристик: середня теплоємність $\rho_{\text{ср}}$ у твердому стані складає $502 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, в рідкому стані $838 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; коефіцієнт теплопровідності $\lambda=56,3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{K})$; коефіцієнт температуропровідності $a=4,7 \text{ м}^2/\text{с}\cdot 10^3$; теплота плавлення $Q_{\text{пл.}}=648 \text{ кДж}/\text{кг}$. Встановлено, що термічний ефект розчинення феросилікомарганцю в рідкій сталі - слабо ендотермічний. При присадці в сталь 1% феросилікомарганцю зміна температури рідкої сталі складає мінус $8,1 \text{ }^\circ\text{C}$ для марки MnS17 . Той факт, що присадка феросилікомарганцю MnS17 навіть в невеликих кількостях знижує температуру сталевих ванн, необхідно враховувати особливо при ковшевому розкислюванні і легуванні сталі [36].

При виробництві і застосуванні феросилікомарганцю MnS17 важливе значення мають дані про наступні електричні і магнітні властивості: питомий електричний опір $\rho_{\text{ел.опір}}=3,1\cdot 10^{-6} \text{ Ом}\cdot\text{м}$; електрична провідність $\sigma_e=3,23\cdot 10^5 \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$; магнітна сприйнятливість $\nu=0,014$; магнітна проникність $\mu=1,014$.

Для характеристики механічних властивостей феросилікомарганцю MnS17 як і інших феросплавів, разом із загальноприйнятими для оцінки конструкційних матеріалів межею міцності на стискування $\sigma_{\text{сж}}$, який складає $107,2 \text{ МПа}$, визначають наступні показники: дробимість, тобто доля виходу

фракції менше 2,5 мм, $D=26,3-30,6\%$; коефіцієнт дробимості $f=4,62-5,47$, що характеризує лінійну міру руйнування феросплавів при однакових енергетичних витратах; стиранність $I=3,9-4,0\%$, тобто доля фракції менше 0,4 мм; відносна абразивність $A_{10-2,5}=0,05-0,06$, яка показує втрати маси сталевих пластинів, що піддаються стиранню при русі по їх поверхні зразків, подрібнених до меж від 10 мм до 12,5 мм [37, 38].

За хімічним складом феросилікомарганець МнС17 повинен задовольняти вимогам ДСТУ 3548–97 (табл. 2.5), гранулометричний склад феросилікомарганцю МнС 17 повинен відповідати класу крупності, приведеному в табл. 2.6 [35].

Таблиця 2.5 – Хімічний склад феросилікомарганцю МнС17 [39]

Марка основи сплаву	Масова доля елементів, %				
	Si	Mn, не менше	C, не більше	P, не більше	S, не більше
МнС17	15,0–20	65,0	2,5	0,1	0,03

Таблиця 2.6 – Гранулометричний склад феросилікомарганцю МнС17

Клас крупності	Розмір шматків феросилікомарганцю, мм	Масова доля шматків по розмірах в партії, % (не більше)		Максимальний розмір надситових шматків, мм
		над ситами	під ситами	
1	20-200	10	10	300
2	20-100	10	10	200
3	5-100	10	10	200
4	5-50	10	10	100
5	5-25	10	15	50
6	< 300	10	-	350

При постачанні феросилікомарганцю МнС17 шостого класу крупності вміст дрібниці до 5 мм не повинен перевищувати 10%.

На поверхні шматків феросилікомарганцю не повинно бути чужорідних матеріалів. Допускаються сліди протипригарних матеріалів (вапна, піску та ін.), шлакової плівки і виділення графіту. На 10% шматків феросилікомарганця від

маси партії допускається шлакова плівка і одиничні шлакові включення. У загальній масі феросилікомарганцю не повинне міститися чужорідних матеріалів [40].

2.3 Особливості технології виплавки феросилікомарганцю

Феросилікомарганець отримують в рудовідновних прямокутних закритих електропечах типа РПЗ-48, РПЗ-63І1, РПЗ-63 і РПЗ-63М2 (трансформатори потужністю 63 МВА) і круглих закритих печах типа РКЗ-16,5 (потужність трансформатора 16,5 МВА), а також в круглих герметичних печах РКГ-75 (трансформатори потужністю 81 МВА).

Добове виробництво феросилікомарганцю в печі РПЗ-63 при підвищеній якості марганцеворудної сировини може досягати до меж від 320 т до 340 т і більше. Електропечі типа РПЗ-48 обладнані установкою подовжньо-ємкісної компенсації, що забезпечує підвищення коефіцієнта потужності до меж від 0,90 до 0,92.

Всі рудовідновні електропечі обладнані електродами, що самообпалюються.

При виплавці феросилікомарганцю застосовують марганцеві оксидні концентрати, малофосфористий шлак, кварцит і вуглецевий відновник.

Феросилікомарганець є багатоконпонентним сплавом системи Mn - Si - Fe - C - P. Вміст вуглецю в ньому залежить від концентрації кремнію: чим більше кремнію в сплаві, тим нижче розчинність в сплаві вуглецю (рис. 2.1).

Оскільки утворення стандартного за кремнієм сплаву відбувається у напрямі поступового збагачення вуглецевих часток металу відновлюваним кремнієм, постійно змінюється склад часток сплаву.

На першій стадії розвиваються процеси відновлення вищих оксидів марганцю за участю монооксиду вуглецю, а потім оксиду марганцю MnO по реакції прямого відновлення до карбіду. У зоні високих температур помітний

розвиток отримує реакція відновлення кремнезему. Наявність металевого розплаву полегшує процес відновлення кремнію за реакцією:



і утворення феросилікомарганцю, що може бути описане хімічною схемою:

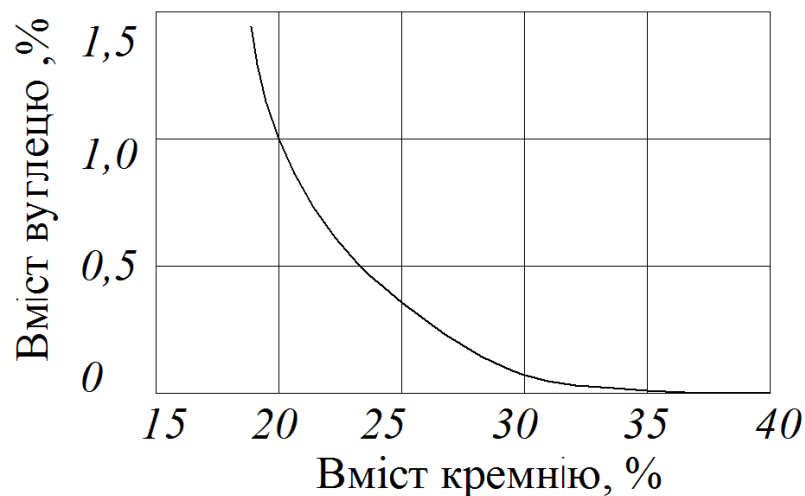
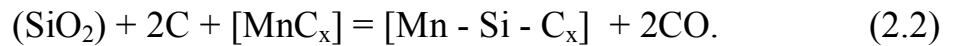


Рисунок 2.1 – Залежність вмісту вуглецю у феросилікомарганці від вмісту в ньому кремнію

Теоретична температура початку протікання цієї реакції визначається вмістом кремнію в сплаві.

Феросилікомарганець виплавляється в закритих трифазних електродугових печах безперервним процесом. Футерування печей вугільне. Шихта завантажується в піч безперервно самопливом по трубопроводах з бункерів. При пониженому вмісті кремнію в сплаві склад шихти коректується додаванням кварциту з коксом, а в разі підвищеної концентрації кремнію – марганцевого концентрату з коксом. Витрата шихтових матеріалів приведена в табл. 2.7:

Таблиця 2.7 – Витрата шихтових матеріалів для виплавки феросилікомарганцю

Марка сплаву	Склад колоші, кг/співвідношення					
	марганцевий агломерат II сорт	марганцевий концентрат II сорт (сухий)	шлак малофосфористий передільний	карбонатна руда (суха)	кварцит	коксик сухий
МнС17Р35	(20%) 125/0,42	(40%) 275/0,92	(40%) 300/1,00	–	30–40 0,10–0,13	110–140 0,37–0,47
	або суміш : 400/1,33					
МнС17Р30	(20%) 100/0,33	(30%) 165/0,55	(50%) 300/1,00	–	15–25 0,05-0,08	90–115 0,3–0,38
	або суміш : 265/0,88					
МнС17Р25	(15%) 65/0,22	(30%) 150/0,50	(55%) 300/1,00	–	7–10 0,02–0,03	80–105 0,27–0,35
	або суміш : 215/0,72					
МнС17Р20	(10%) 40/0,13	(30%) 135/0,45	(60%) 300/1,00	–	<5 <0,02	70–95 0,23–0,32
	або суміш: 175/0,58					

- відсоток в дужках (50% і тому подібне) вказує долю компонента в марганецьвмісній суміші в базових одиницях;
- максимальним використанням потужності печі на даному рівні напруги;
- тиск під склепінням від 0,5 мм вод. стовпа до 1 мм вод. стовпа;
- температура газу під склепінням має бути в межах від 350 °С до 700 °С, вимірювана термопарами (при розігріванні печі);
- постійною кількістю газів, що відходять: від 50% CO до 80% CO; не більше 8% H₂; не більше 1% O₂.

З пристроїв дозувань шихтові матеріали за системою транспортерів подаються в пічні бункери. Пічні бункери мають бути завжди заповнені шихтою не менше половини об'єму. Завантаження шихти в піч проводиться по трубохідкам через завантажувальні лійки.

Трубохідки і завантажувальні лійки мають бути постійно заповнені шихтою, яка самопливом поступає в піч. Проплавлення шихти у лійках недопустимо, оскільки це розгерметизує робочий простір і приведе до зростання температури під склепінням печі, унаслідок підсосу повітря [34].

2.4 Висновки

1. Проаналізовано сучасний стан виробництва феросилікомарганцю та розглянуті особливості технології виплавки феросилікомарганцю.
2. Надано характеристику марганцевих руд і концентратів, описано властивості та призначення феросилікомарганцю марки MnC17.

3 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Матеріали та методика отримання марганцевого концентрату з використанням у шихті металоконцентрату

Окускування марганецьвмісної сировини (рис. 3.1) з використанням вторинних матеріалів (металоконцентрату та відсіву шлакопереробки) здійснювалося в лабораторних умовах методом агломерації за двома серіями плавок:

- серія 1 – використання марганцевого концентрату II сорту та відсіву шлакопереробки;
- серія 2 – використання марганцевого концентрату II сорту та металоконцентрату.



Рисунок 3.1 – Марганецьвмісна сировина

Хімічний та гранулометричний склад металоконцентрату приведено в табл. 3.1 та 3.2. Дослідження хімічного складу шихтових матеріалів проводили за допомогою хімічного аналізу, а гранулометричний склад визначали за допомогою ситового аналізу.

Речовий склад відсіву шлакопереробки та металоконцентрату вивчали за допомогою хімічного і рентгеноструктурного аналізів. Мікроструктурний

аналіз дослідних зразків відсіву шлакопереробки проводила на оптичному мікроскопі МІМ-7 (рис. 3.2). Відсів шлакопереробки від 90 % до 95 % був представлений фракцією < 3 мм. Насипна вага вторинної сировини становила від $1,2 \cdot 10^3$ кг/м³ до $1,8 \cdot 10^3$ кг/м³.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад металоцентрату

№ проби зразка	Вміст компонентів, %								P/Mn	(%CaO+ %MgO)/ % SiO ₂
	Mn	Fe	C	P	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃		
1	66,11	8,31	1,97	0,45	33,2	1,83	0,60	0,62	0,00681	0,073
2	55,71	8,58	1,74	0,36	34,9	3,31	0,92	1,46	0,00646	0,120

Таблиця 3.2 – Гранулометричний склад метало концентрату, %

№ проби зразка	Фракція, мм								
	+5,0	3,0-5,0	1,0-3,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,1-0,25	0,08-0,1	0,05-0,08	-0,05
1	1,63	24,83	45,03	20,38	6,18	1,71	5,0	1,0	0,7
2	1,6	15,57	25,67	22,67	25,33	8,23	0,73	0,11	0,10



Рисунок 3.2 – Загальний вид металографічного вертикального мікроскопу МІМ-7

Процес збагачення відсіву шлакопереробки і відвальних шлаків феросилікомарганцю проводили гідровідсадкою, в результаті якої утворюється

металоконцентрат, що складається від 80% до 90% металевої фази та від 10% до 20% шлакової фази.

Щільність та хімічний склад проб металоконцентрату за фракціями приведено в табл. 3.3 та 3.4.

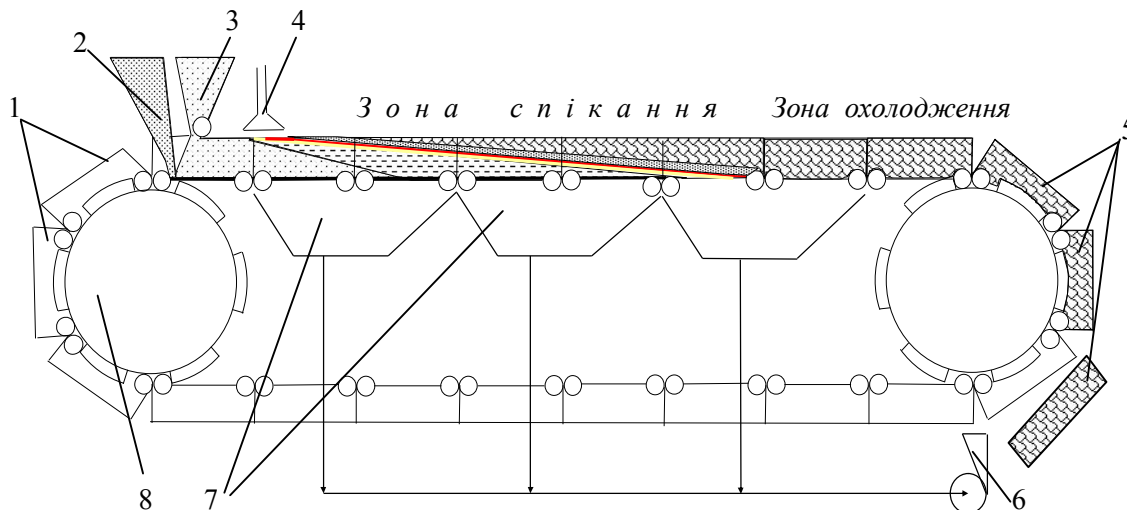
Таблиця 3.3 – Щільність металоконцентрату за фракціями

Фракція, мм	Щільність, 10 ³ кг/м ³	
	Металоконцентрат 1	Металоконцентрат 2
3,0–5,0	5,71	3,0–5,0
1,0–3,0	5,14	1,0–3,0
0,5–1,0	4,63	0,5–1,0
0,25–0,5	4,56	0,25–0,5
0,1–0,25	4,58	0,1–0,25

Таблиця 3.4 – Хімічний склад металоконцентрату за фракціями (чисельник – проба I, знаменник – проба II)

Фракція, мм	Содержание компонентов, %								P/Mn
	Mn	Fe	C	P	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	
+5	67,54	10,24	2,2	0,52	32,07	0,94	0,57	0,49	0,00770
	66,0	10,76	2,08	0,59	29,80	1,06	0,80	0,36	0,00894
4,5-5	69,74	8,56	2,14	0,51	30,20	0,94	1,43	0,29	0,00731
	65,56	10,76	1,9	0,57	31,92	1,02	0,73	0,65	0,00869
3,5-4,5	68,31	8,51	1,87	0,48	32,44	0,45	0,76	0,67	0,00703
	64,35	9,61	1,85	0,45	33,44	2,00	0,89	0,86	0,00699
2,5-3,5	66,49	8,29	1,84	0,45	33,08	1,79	0,76	0,72	0,00677
	62,37	8,42	1,62	0,45	34,14	2,48	0,97	1,12	0,00722
1,6-2,5	65,12	7,79	1,82	0,44	33,93	1,52	1,46	0,72	0,00676
	58,85	8,22	1,57	0,40	35,48	2,80	1,24	1,25	0,00680
1-1,6	62,70	7,36	2,07	0,42	34,16	2,33	1,01	1,09	0,00670
	54,39	7,91	1,45	0,36	36,68	3,89	1,22	1,73	0,00662
0,63-1	61,71	7,95	1,70	0,40	34,24	1,07	2,42	1,27	0,00648
	53,57	7,07	1,52	0,33	37,13	3,66	1,34	1,93	0,00616
-0,63	59,51	9,52	1,82	0,37	34,55	3,15	1,21	1,30	0,00622
	53,13	9,17	1,47	0,33	35,19	3,45	1,07	1,35	0,00621

Окусування марганцеворудної сировини здійснювалося в лабораторних умовах методом агломерації (рис. 3.3). Зважені матеріали перед спіканням зволожували (табл. 3.5, 3.6), усереднювати і попередньо огрудковали на обертовому тарілчастому грануляторі (рис. 3.4) діаметром 1 м, а потім змішували з поверненням і паливом.



1 – візки (палети) для спікання шихти з колосниковими решітками; 2 – укладач постелі; 3 – укладач шихти; 4 – запальний горн; 5 – готовий агломерат; 6 – ексгаустер (витяжний вентилятор-газовсмоктувач); 7 – вакуум-камери; 8 – провідна зірочка привода агломераційної стрічки

Рисунок 3.3 – Схема стрічкової агломераційної машини



Рисунок 3.4 – Тарілчастий гранулятор

Шихту вагою від 25 кг до 26 кг завантажували в чашу та проводили її спікання. Сушіння марганцевих концентратів проводять в печах з киплячим шаром (рис. 3.5). Встановлене на початку процесу розрядження становило від

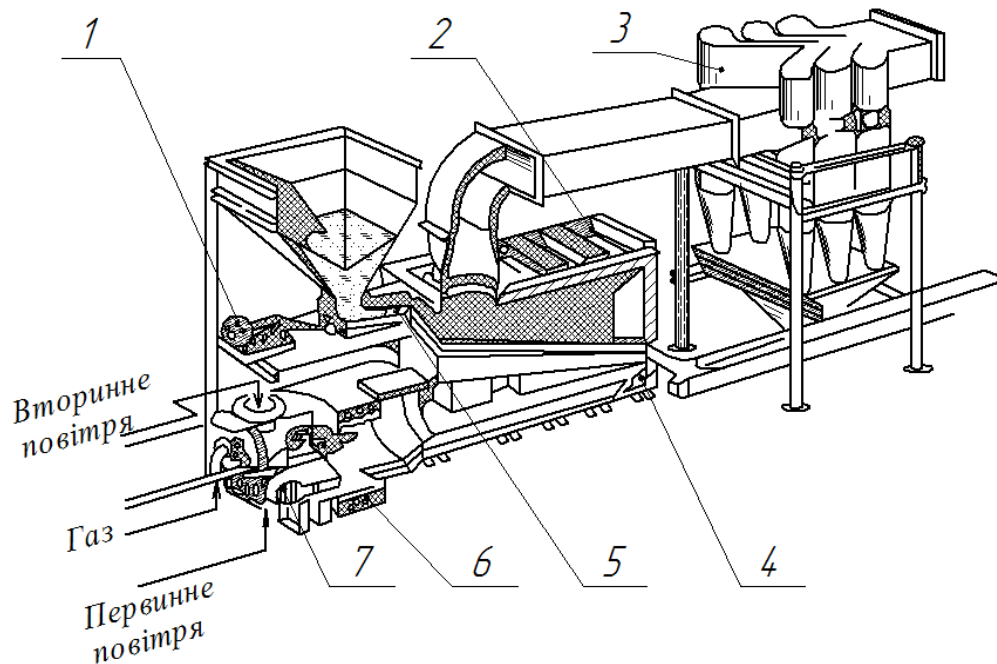
Таблиця 3.5 – Хімічний склад матеріалів, що використовуються для спікання агломерату

Матеріали	Вміст компонентів, %										$\frac{\%P}{\%Mn}$	$\frac{\%CaO + \%MgO}{\%SiO_2}$	н.п.п., %	W, %
	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	Fe	C	Na ₂ O	K ₂ O				
Концентрат II сорту	38,2	17,1	4,45	1,45	1,85	0,21	2,1	–	0,65	1,35	0,0055	0,345	11,4	10,4
Відсів шлакопереробки	16,9	47,0	12,2	3,68	5,6	0,05	1,7	1,55	1,0	2,6	0,0029	0,339	–	1,2
Металоконцентрат	56,1	33,1	3,5	0,96	1,2	0,35	7,2	1,8	–	–	0,0062	0,135	–	3,5
Коксик	–	–	–	–	–	–	–	84	–	–	–	–	–	5

Таблиця 3.6 – Гранулометричний склад матеріалів, що використовуються для спікання агломерату%

Матеріали	Фракція, мм									
	+5,0	3,0–5,0	13,0	0,5–1,0	0,25–0,5	0,16–0,25	0,10–0,16	0,071–0,10	0,05–0,071	-0,05
Концентрат II сорту	6,2	21,9	26,8	18,0	11,7	5,6	3,5	1,66	2,69	1,95
Відсів шлакопереробки	0,1	5,65	40,25	20,4	17,5	12,3	3,07	0,23	0,15	0,35
Металоконцентрат	–	19,6	37,6	37,4	3,3	0,6	0,8	0,4	0,1	0,2
Коксик	2,9	11,6	21,6	21,1	17,1	11,1	7,8	2,3	2,3	2,2

800 мм.вод.ст. до 1000 мм.вод.ст. Початок зниження температури газів, що відходять, свідчило про завершення процесу спікання.



- 1 – живильник; 2 – камера; 3 – циклони;
 4 – газорозподільні ґрати; 5 – направляючий лоток;
 6 – камера змішення продуктів згорання; 7 –
 пальники

Рисунок 3.5 – Установа для сушки марганцевих концентратів

Для визначення кількості фракції < 5 мм порцію агломерату скидали з висоти 2 м. Механічну міцність агломерату досліджували в барабані Рубіна.

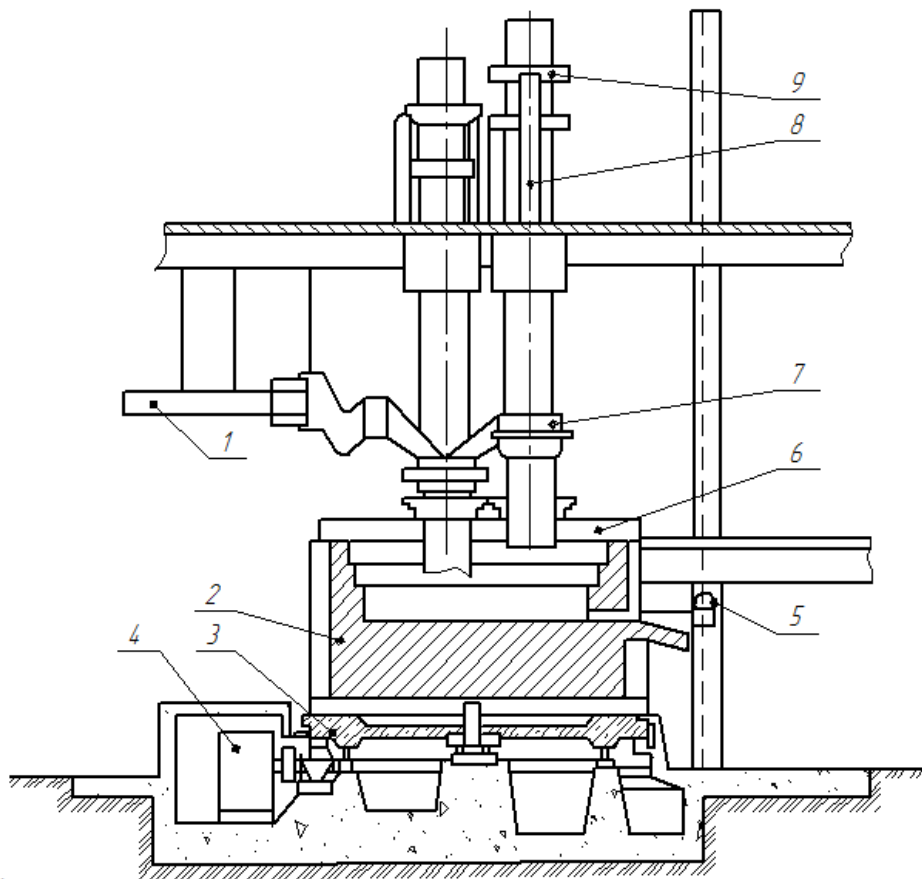
3.2 Матеріали та методика дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням дослідного агломерату та металоконцентрату

Виплавку силікомарганцю проводили безперервним процесом з закритим шихтою колошником в рудновідновній печі типу РКЗ-16,5 потужністю 16,5 кВА (рис. 3.6) при вторинній напрузі 37,5 В та силі струму 1,2 кА.

Виплавку силікомарганецю проводили за чотирма варіантами плавки:

- варіант 1 (базовий) – плавка на звичайному агломераті марки АМНВ2;
- варіант 2 – плавка з підшихтовкою до агломерату марки АМНВ2 металоконцентрату у кількості 9,6% (щодо ваги агломерату);
- варіант 3 – плавка з використанням дослідного агломерату, отриманого з 6,4% металоконцентрату;
- варіант 4 – плавка з використанням дослідного агломерату, отриманого з 6,2% відсіву шлакопереробки.

Хімічний склад шихтових матеріалів наведено в табл. 3.7, а склад колош за варіантами в табл. 3.8.



- 1 – коротка мережа; 2 – ванна печі; 3 – опорна плита;
 4 – механізм обертання ванни; 5 – апарат для пропалення льотки; 6 – склепіння; 7 – струмопідвід; 8 – гідропідйомник;
 9 – пристрій для перепускання електродів

Рисунок 3.6 – Загальний вигляд рудновідновної пічі типу РКЗ-16,5

Таблиця 3.7 – Хімічний склад шихтових матеріалів для виплавки силікомарганцю

Матеріал	Вміст компонентів, %							Вологість, %
	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	Fe	
Агломерат АМНВ2	36,5	26,8	6,6	2,0	2,1	0,21	2,4	–
Дослідний агломерат з відсівом шлакопереробки	34,3	30,1	6,8	1,94	1,7	0,17	2,8	–
Дослідний агломерат з металоконцентратом	41,7	22,9	7,2	2,3	2,4	0,24	3,0	–
Металоконцентрат	54,2	33,2	4,4	1,13	1,38	0,35	5,6	3,8
Кварцит	0,10	95,1	0,23	0,18	0,96	0,01	0,6	3,0
Зола коксу	0,22	35,0	6,2	1,6	24,4	0,18	17,3	–
Кокс			Зола–12%		Летучі – 3%			14,0

Таблиця 3.8 – Склад колоші при виплавці силікомарганцю

Матеріал	Склад колоші при виплавці феросилікомарганцю (по сухій вазі), кг			
	Варіант плавки			
	1	2	3	4
Агломерат АМНВ2	200	200	200	200
Дослідний агломерат з відсівами шлакопереробки	–	–	–	–
Дослідний агломерат з металоконцентратом	–	–	–	–
Металоконцентрат	–	–	–	–
Кварцит	29–34	29–34	29–34	29–34
Коксик	39–43	39–43	39–43	39–43

Технологічні параметри виплавки феросилікомарганцю за всіма варіантами були наступні:

- шихта на колошнику не спікалася і сходила рівно без зависань;
- виділення газів було рівномірним;
- навколо електродів підтримували конуса шихти заввишки від 3 см до 4 см;
- посадка електродів була глибокою і стійкою;
- витрата електроенергії на плавку становила від 1800 кВт·год. до 2340 кВт·год.;
- метал і шлак випускали з печі через 0,7 год. у виливницю та каскадно-розташовану шлаковню протягом від 4 хв. до 6 хв.

3.3 Висновки

1. Визначено методику отримання марганцевого концентрату з використанням у шихті металоконцентрату та методику дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням дослідного агломерату та металоконцентрату.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПЛАВКИ СИЛКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Аналіз можливості переробки марганецьвмісних відходів феросплавного виробництва

4.1.1 Дослідження вилучення марганцю з відходів виробництва відвальних шлаків та шламів мокрого газоочищення

Особливо актуальною задачею по переробці шлаків стоїть на підприємстві АТ «Нікопольський завод феросплавів», де при виробництві сотні тисяч тонн феросплавів на рік пропорційно зростають втрати металу у шлак. Аналіз відомих способів сортування шлаків феросилікомарганцю [41] показав, що на сьогоднішній день широко використовують пневматичне сортування, гідро відсадку, магнітну сепарацію, рентгенорадіометричну сепарацію, ручну виробітку та інші. Більшість рішень передбачає дорого вартісні капітальні будівництва. Тому в умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» запропоновано впровадження сенсорної технології сортування шлаків.

Технологія сенсорного сортування дозволяє вилучувати із фракційного феросплавного шлаку метало включення, що знаходяться в ньому, не залежно від їх фізичних властивостей (питомої ваги, магнітних властивостей та інші). Технологія має низькі показники по енергоспоживанню (витрата електроенергії менше 1 ккВт/т вихідної сировини) та не потребує водного ресурсу, що є значним аспектом на ряду з безпрецедентним для сухих методів якісними показниками сортування.

В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» річний об'єм переробки шлаків досягає 0,5 млн. тон на рік і більше. Використовується сировина фракції від 10 мм до 20 мм, від 20 мм до 40 мм та від 40 мм до 70 мм. Сукупне

вилучення металоконцентрату досягає 4%, з якістю на рівні від 32% $Mn_{заг}$ до 35% $Mn_{заг}$. Таким продукт використовується підприємством в складі шихтових компонентів при виплавці феросилікомарганцю [42, 43], що дозволяє скрізне вилучення марганцю, кремнію та знижує питому витрату електроенергії. Подібні якісні показники досягаються при сортуванні шлаків від виробництва феромарганцю.

Таким чином, запропонована технологія використовується для всього спектру феросплавних шлаків, найбільш доцільно її використання для вилученні зі шматків шлаків слабомагнітних та немагнітних феросплавів [43].

4.1.2 Особливості переробки вторинних відходів виробництва феромарганцю та силікомарганцю

При виплавці високовуглецевого феромарганцю та силікомарганцю утворюються відходи у вигляді шлаку, шламу та пилу.

Щорічний вихід шлаків марганцевих сплавів становить від 1,2 млн. тон до 1,5 млн. тон, основна кількість яких утворюється в умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів. Загальна схема переробки шлаків на АТ «Нікопольський завод феросплавів» включає: дроблення твердих шлаків з отриманням кускового шлаку різних фракцій і шлакового піску; грануляцію рідких шлаків; витяг з шлаків металовмісних включень; переробку шлаків на шлаколітну продукцію.

Для переробки на щєбінь використовуються шлаки від виплавки силікомарганцю. Шлаки з плавильних цехів транспортують в шлакових чашах ємністю 11 м³ залізничними коліями на ділянку переробки шлаків. Рідкий шлак зливають в шлакову траншею шарами від 0,1м до 0,15 м. Потім після охолодження на повітрі протягом від 10 хв. до 15 хв. включають систему гідрозрошення на протязі від 5 хв. до 10 хв. Цю операцію повторюють через кожні 10 хв. протягом часу від 1,5 годин до 2 годин до наступного зливання

рідкого шлаку. Витрата води на зрошення становить $0,8 \text{ м}^3/\text{т}$. Застиглі в ковшах кірки шлаку (гарнісажу) вивантажують в спеціально відведене місце для подальшої окремої переробки.

Шлакова траншея умовно розділена на три технологічних ділянки: дві з них для почергового зливу рідкого шлаку і формування шлакового “пирога”, охолодження, розробки подачі шлаку на дроблення, третя ділянка траншеї призначений для прийому застиглих корок шлаку.

Жужільний «пиріг» товщиною від $0,8 \text{ м}$ до $1,2 \text{ м}$ охолоджують до температури в межах від $100 \text{ }^\circ\text{C}$ до $200 \text{ }^\circ\text{C}$ і розбивають за допомогою вантажу масою 5 т , що скидається електромагнітом мостового крана. Розбитий на шматки $0,4 \text{ м} \times 0,4 \text{ м}$ і охолоджений в природних умовах до температури в межах від $50 \text{ }^\circ\text{C}$ до $60 \text{ }^\circ\text{C}$ шлак грейфером мостового крана подають на дроблення. Роздроблений в щековій дробарці до фракції в межах від 130 мм до 150 мм шлак стрічковим конвеєром подають в сортувальне відділення на гуркіт первинного розсівання по фракціям. Шматки шлаку розміром більше 70 мм подають на дроблення в конусну дробарку, а потім повертають на гуркіт первинного розсівання. Шлак крупністю до 70 мм надходить на спарені грохоти для поділу на фракції: від 40 мм до 70 мм , від 20 мм до 40 мм та $< 20 \text{ мм}$. Останній подають на гуркіт вторинного розсівання для отримання фракцій від 10 мм до 20 мм , від 5 мм до 10 мм та $< 5 \text{ мм}$.

Аналогічним чином переробляють також на щебінь і пісок раніше накопичені в відвалах шлаки. Їх переробку здійснюють спільно з рідкими шлаками поточного виробництва, що дозволяє отримати шлакову продукцію, що відповідає вимогам діючих технічних умов.

Для водної грануляції використовується частина шлаків силікомарганцю і повністю - шлаки феромарганцю. Відомо, що підвищена основність останніх призводить до розсіпання шлаку в порошок з розміром частинок менше 100 мкм . Швидке охолодження –«гарт» шлаку при водній грануляції дозволяє запобігти модифікаційні перетворення і зберегти шлак в придатному для

переробки вигляді.

Грануляцію шлаків силікомарганцю і феромарганцю здійснюють гідрожелобним способом. Одночасно можуть зливатися в грануляційну установку 2 ковша, час зливу одного ковша становить від 7 хв. до 10 хв., а температура шлаку, що зливається – 1250 °С. Витрата води на грануляцію становить 2,5 м³/т граншлаку, тиск води 11×10⁵ Па. Вологість одержуваних граншлаку силікомарганцю – від 18% до 25%, феромарганцю – від 8% до 15%, насипна маса граншлаку силікомарганцю 750 кг/м³, феромарганцю - 1230 кг/м³. Після грануляції граншлак грейферним краном перевантажується в конуса для часткового зневоднення, а потім здійснюється його відвантаження споживачам.

Основна маса втрат марганцю доводиться на відвальні шлаки силікомарганцю у вигляді недовідновлення марганцю а також близько 5% у вигляді металевих корольків. У ковшових залишках (коржах) вміст металевої фази досягає від 10% до 15% при загальному вмісті марганцю до 20%. Витяг корольків сплаву дозволяє підвищити наскрізне використання марганцю від 2% до 5%. На АТ «Нікопольський завод феросплавів» переробка дрібних фракцій шлаку, в яких в основному зосереджується металофаза, ведеться методом пневмосепарації. Суть методу полягає в поділі матеріалу, що знаходиться на перфорованій робочій поверхні сепаратора, під дією висхідного пульсуючого повітряного потоку і одночасно механічного струшування, що забезпечують розпушення ліжку, необхідне для взаємного переміщення зерен. Істотна відмінність в щільності частинок силікомарганцю (від 6,2 г/см³ до 6,5 г/см³) і шлаку (від 2,7 г/см³ до 2,9 г/см³) зумовлює можливість їх ефективного поділу.

При пневмосепарації шлаку крупністю < 13 мм ступінь вилучення з нього металу на дослідно-промисловій установці становить від 65,6% до 97,9%, а вміст металу в концентраті від 87,1% до 97,1%. В результаті збагачення ковшових залишків, роздрібнюваних до крупності 20 мм, на сепараторі СП-1/2 отримано металоконцентрат, що містить від 70% до 80% металевої фази при

добуванні металу в металоконцентраті від 80% до 90%.

В умовах ВАТ НДП «Механобрчермет» розроблений спосіб отримання металевої фази з відвальних шлаків методом гідроотсадки, заснований на поділі металу і шлаку по щільності в пульсуючому водному потоці. Результати напівпромислових і промислових випробувань показали, що витяг металу в металоконцентраті становить близько 90%, тому даний метод також може бути застосований для виділення металофази.

Одним з ефективних напрямків використання шлаків від виплавки силікомарганцю є отримання з них шлаколітної продукції. Шлаки, що закристалізувалися, мають ряд позитивних експлуатаційних властивостей: зносостійкості, термостійкістю, кислотостійкістю. Шлакокам'яні лиття за своїми характеристиками міцності властивостями відповідають бетону марок від 550 до 700, може працювати при температурах до 900 °С, як литих виробів замінює метал, вогнетривкі матеріали, бетон, збільшуючи термін служби обладнання в межах від 1,5 рази до 6 разів.

Відлиті на ділянці виробу пройшли широкі промислові випробування в умовах абразивного зношування і впливу підвищених температур. Добре зарекомендували себе циклони для очищення газів, футеровані шаром шлакокам'яні лиття, а також захищені шаром шлаку жолоби гідрозмиву продуктів газоочищення. Шлакокам'яні лиття також широко використовуються для захисту від абразивного зношування бункерів і перевантажувальних вузлів тракту подачі аглошихти.

У плавильних цехах шлакокам'яні лиття застосовується у вигляді великогабаритних плит на пічних бункерах плавильних печей, що скорочує трудовитрати на їх ремонт. Заміна футеровки з жаростійкого бетону великогабаритними плитами на стінках леткових камер виключає настилеутворення від летять на стінки бризок металу і шлаку, що також збільшує міжремонтний термін експлуатації розливних камер.

Вироби з вогненно-рідких шлаків від виробництва силікомарганцю, крім

високих експлуатаційних характеристик за своїми декоративними властивостями можуть конкурувати з гранітом, мармуром і навіть малахітом.

Розроблено технологію виплавки силікомарганцю з агломерату, отриманого з застосуванням шлакового піску, металоконцентрату і шлаків газоочищення в кількості до 10 %. Використання відходів виробництва як вторинної сировини дозволяє підвищити витяг марганцю в межах від 1,5% до 2 %, збільшити продуктивність до 5% і знизити до 10 % витрати електроенергії. Реалізована технологія брикетування металовідходів фракціонування сплавів, що утворюються при отриманні товарних фракцій.

Металоконцентрати та шлаки можуть також з успіхом використовуватися в доменному і сталеплавильному виробництвах з метою утилізації знаходиться в них марганцю.

Однак шлаки силікомарганцю є комплексне сировину, в якому міститься до 50% SiO_2 і до 20% MnO , а також як зазначалося раніше, металева фаза, представлена силікомарганцем. Тому найбільш доцільно реалізувати технологію, що дозволяє використовувати одночасно і оксидну і металеву складові шлаку.

Запропонована, розроблена і пройшла промислову перевірку технологія використання шлаку силікомарганцю натомість кварциту, частини марганцевої сировини і коксиду, сутність якої полягає в наступному. Силікомарганець, в обсязі 30% від загального виробництва, виплавляється за існуючою на заводі технології. Утворений при цьому шлак, після грануляції його рідкої частини і дроблення ковшових залишків, використовується для виробництва шлаковугільних брикетів. Інший обсяг силікомарганцю (70%) виплавляється за новою технологією з використанням шлаковугільних брикетів замість кварциту, частини марганцевої сировини і коксу. Згідно проектного варіанту передбачено будівництво брикетної фабрики для виробництва шлаковугільних брикетів. До складу брикетної фабрики входять такі технологічні об'єкти: склади шлаку, газового вугілля, сульфід-спиртової барди (ССБ), готових

брикетів; відділення підготовки шлаку і вугілля та брикетування; перевантажувальні вузли та галереї.

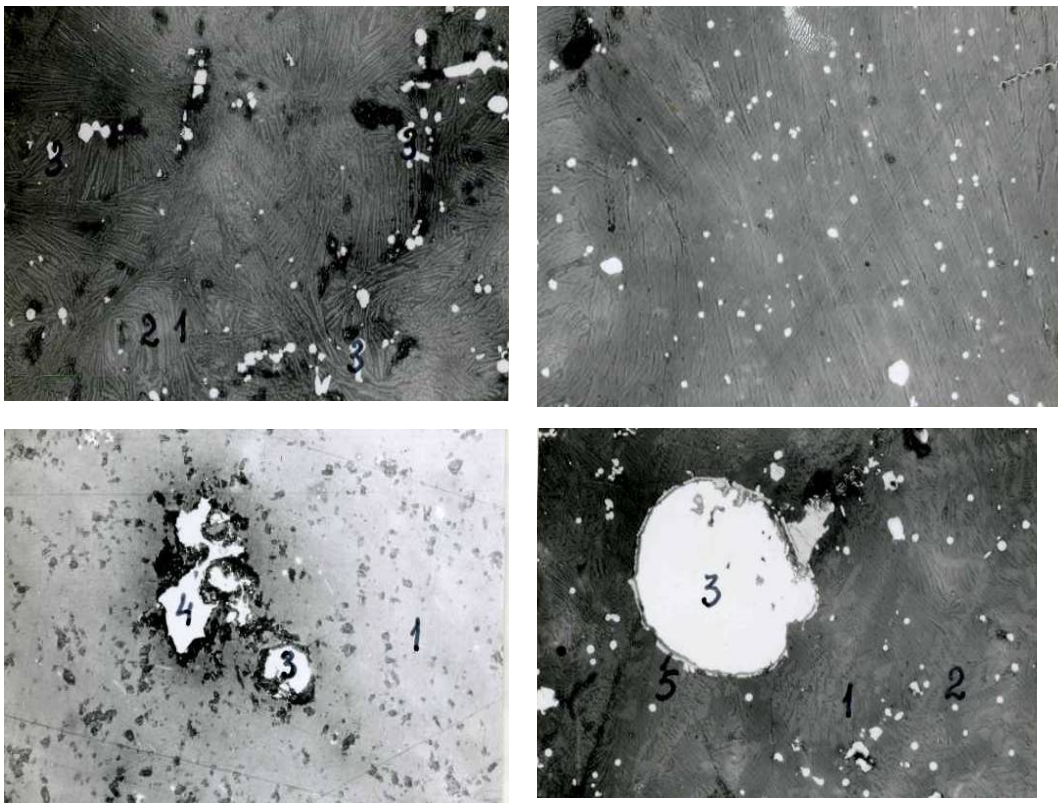
Утворений при виробництві силікомарганцю за базовою технологією переробний шлак гранулюється в чинному відділенні грануляції, залізничним транспортом подається у відкритий склад шлаку проектованої брикетної фабрики і стрічковими конвеєрами - в відділення підготовки матеріалів, де він сушиться до вологості від 0,5% до 1%, а потім за допомогою дозатора направляється одночасно з газовим вугіллям для змішування і спільного подрібнення до фракції < 2 мм в роторну кульову млин. На брикетований прес суміш подається безперервним змішувачем шнекового типу, що обігривається парою, куди додається в певній пропорції зв'язка - сульфід-спиртова барда (ССП). Сирі брикети піддаються розсіву на гуркоті: фракція < 20 мм повертається в змішувач, а фракції > 20 мм елеватором подається на сушку в стрічкових сушилах. Розсівання сухих брикетів дозволяє відокремити фракцію < 20 мм і повернути її на стадію спільного подрібнення шлаку і вугілля, а готові брикети направити в цех шихтових бункерів, звідки вони по чинному тракту через центральний розподільний пункт розподіляються по печей для виплавки силікомарганцю по проектованої технології. Утворений при цьому відвальний шлак вивозиться до чинного відділення шлакопереробки, де переробляється на шлаковий щебінь і шлаколітні вироби.

Дана технологія дозволяє повністю використовувати металеву частину відвального шлаку, збільшити наскрізне витяг марганцю в межах від 6% до 8% і кремнію в межах від 20% до 25%, замінити до 50% кварциту і знизити в межах від 20% до 30% витрату коксиду [44].

4.2 Дослідження технології отримання марганцевого концентрату з використанням у шихті металоконцентрату

Дослідження речового складу марганецьвмісної сировини, зокрема

відсіву шлакопереробки (рис. 4.1) та металоконцентрату, показали, що концентрація марганцю у відсвіі шлакопереробки становить від 16% до 20%, а у металоконцентраті – від 55% до 65%, при цьому вони містять відповідно від 6% до 12% та від 75% до 85% металевої фази (корольків і частинок марганцевих сплавів), хімічний склад якої відповідає силікомарганцю марки МнС14Р. Відсів шлакопереробки в межах від 90% до 95%, а металоконцентрату в межах від 60% до 80% представлені фракцією < 3 мм (табл. 4.1).



1– сілікати; 2 – скло; 3 – корольки металу;
4 – карбид кремнію; 5 - сульфід марганцю

Рисунок 4.1 – Мікроструктура відсіву шлакопереробки

Таблиця 4.1 – Вміст металевої фази в металоконцентраті проби 1 за фракціями

Фракція, мм	+5,0	3,0-5,0	1,0-3,0	0,5-1,0
Кількість металевої фази, %	95,9	90,3	20,2	65,8

Визначення механічної міцності дослідного агломерату показали (табл. 4.2), що для 1-ї та 2-ї серії плавок міцність на удар складала $83,5 \text{ кг/см}^2$ та $79,9 \text{ кг/см}^2$, а стиранність 6,7 % та 7,3% відповідно.

Більші значення міцності агломерату 1-ї серії пов'язано з особливостями його мікроструктури, представленої в основному силікатами, які сприяють його зміцненню. Пористість агломерату (табл. 4.3) складала 67,1% та 39,2% для 1-ї та 2-ї серії відповідно [45, 46] (Додаток А).

Таблиця 4.2 – Технологічні показники скікання агломерату

Показник	Варіант плавки	
	серія 1	серія 2
1. Склад шихти (за сухою вагою),% :		
– концентрат II сорту	64	48
– відсів шлакопереробки	5	–
– металоцентрат	–	9,8
– коксик	6	4,9
2. Вологість шихти, %	10	9
3. Вміст в агломераті, %:		
– Mn	41,8	44,8
– MnO ₂	12,5	–
– SiO ₂	22,4	24,1
– CaO	4,66	5,2
– MgO	2,56	1,67
– Al ₂ O ₃	2,6	–
– P	0,235	0,22
4. Швидкість спікання шихти, м/хв.	0,0187	0,0170
5. Питома вага (кг/м ³)	3,93	4,05
6. Пористість агломерату (%)	67,1	39,2
7. Вміст в агломераті фракції +10 мм, %	93,4	89,2
8. Вміст в агломераті фракції > 5 мм (після скидання з висоти 2 м), %	2,6	7,4
9. Випробування у барабані:		
– міцність на удар (+5 мм) та стиранність (-0,5 мм)	85,3	79,9
– стиранність (-0,5 мм)	6,7	7,3
– питома вага агломерату (кг/ м ³)	3,93	4,05
– пористість агломерату (%)	67,1	39,2
10. Температура плавлення агломерату на початку плавлення, К	1418	1421
11. Температура плавлення агломерату у процесі формуванні краплі, К	1727	1781

4.3 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням дослідного агломерату та метало концентрату

Виплавка силікомарганцю марки МнС14Р з використанням дослідного агломерату за всіма варіантами плавки (табл. 4.3) характеризується наступними технологічними параметрами:

Таблиця 4.3 – Технологічні показники виплавки силікомарганцю марки МнС14Р

Показник	Варіант плавки			
	1	2	3	4
1. Кількість отриманого металу, кг	7,145	48	40	32
2. Кількість отриманого шлаку, кг	10,075	11,830	10,663	7,150
3. Середньозважений вміст у металі, %:				
– Mn	73,7	72,4	72,05	70,6
– Si	16,2	16,8	16,6	18,0
– C	1,7	1,7	1,7	1,4
– P	0,51	0,5	0,49	0,48
4. Середньозважений вміст у металі, %:				
– Mn	17,9	16,4	16,6	17,6
– SiO ₂	49,2	48,2	49,1	49,0
– CaO	13,4	11,7	12,2	13,8
– MgO	4,1	3,5	3,8	3,9
– Al ₂ O ₃	5,4	4,7	5,3	4,5
5. Основність шлаку (%CaO+%MgO)/%SiO ₂	0,6	0,32	0,33	0,36
6. Кратність шлаку	1,41	1,47	1,42	1,43
7. Витрата на 1кг силікомарганцю, кг:				
– агломерату АМНВ2	2,576	2,209	–	–
– агломерату з відсівом шлакопереробки	–	–	–	2,671
– агломерату з метало концентратом	–	–	2,195	–
– метало концентрату	–	0,2125	–	–
– кварциту	0,262	0,334	0,395	0,207
– коксу	0,469	0,398	0,462	0,459
8. Витрата електроенергії, кВт·год.	4414	4225	3856	4574
9. Розподіл елементів, %:				
– у метал:				
– Mn	71,5	72,2	72,8	71,3
– Si	33,0	33,2	33,5	35,0
– P	84,0	83,5	83,8	82,5
– у шлак:				
– Mn	24,5	24,05	23,8	25,5
– Si	66,0	65,3	65,7	63,7
– P	3,5	3,6	3,7	3,7

- шихта на колошнику не спікалася і сходила рівно без зависань;
- виділення газів було рівномірним;
- навколо електродів підтримували конуса шихти заввишки від 3 см до 4 см;
- посадка електродів була глибокою і стійкою;
- витрата електроенергії на плавку становила від 1800 кВт·год. до 2340 кВт·год.;
- метал і шлак випускали з печі через 0,7 год. у виливницю та каскадно-розташовану шлаковню протягом від 4 хв. до 6 хв.

У другому варіанті плавки (табл. 4.3) досягається підвищення продуктивності електропечі на 4,4% та вилучення марганцю на 0,7%, при цьому знижується питома витрата електроенергії на 4,5% в порівнянні з виплавою феросилікомарганцю на звичайному агломераті АМНВ2.

Кращі показники плавки отримані при використанні агломерату, що містить металоцентрат (варіант 3), що обумовлено відносно високою концентрацією в ньому марганцю (41,7%). Продуктивність печі в порівнянні з варіантом 1 зросла на 16%, витяг марганцю - на 1,3%, питома витрата електроенергії знизилася на 14,5%.

Показники виплавки варіанту 4 дещо гірше показників плавки базового варіанту, що викликано низьким вмістом марганцю в дослідному агломераті (34,3% проти 36,5% в базовому). При рівноважній концентрації марганцю в агломераті показники варіанту 4 значно поліпшуються [45, 46] (Додаток А).

4.4 Організація та витрати на виконання науково-дослідної роботи

Науково-дослідна робота (НДР) – робота наукового характеру, пов'язана з науковим пошуком, проведенням досліджень, експериментами з метою розширення наявних та отримання нових знань, перевірки наукових гіпотез, встановлення закономірностей, що виявляються в природі [47].

Науково-дослідні роботи проводять за тематичними планами наукових досліджень установи, які, як правило, структурно складаються за такими розділами [48]:

- державна тематика;
- програмно-цільова і конкурсна тематика НАН України;
- відомча тематика (відомче замовлення) НАН України;
- пошукова тематика;
- договірна тематика.

При виконанні НДР виділяють наступні основні етапи:

1. Формулювання теми, визначення мети, завдань, об'єкта і предмета дослідження.
2. Складання концепції, програми і плану дослідження.
3. Розробка системи методів дослідження і прийомів їх ефективного застосування.
4. Збір, систематизація та аналіз емпіричного матеріалу. Експериментальні дослідження. Перевірка і уточнення гіпотези.
5. Аналіз і оформлення результатів дослідження.
6. Впровадження результатів і визначення економічної ефективності.

Основними завданнями науково-дослідної роботи магістрантів (дослідників) є:

- оволодіння студентами науковим методом пізнання, поглиблене і творче освоєння навчального матеріалу;
- навчання методології і засобів самостійного вирішення наукових завдань;
- прищеплення навичок роботи в наукових колективах, ознайомлення з методами і прийомами організації НДР.

Тема НДР повинна мати наступні характеристики:

- актуальність - цінність теми на даний момент часу для прогресу науки і техніки;

- наукова новизна - тема в такій постановці ніколи не розроблялася і не розробляється в даний час, тобто дублювання виключається;
- економічна ефективність - запропоновані в результаті наукового дослідження рішення повинні бути ефективніше вже існуючих рішень;
- практична значущість - можливість використання результатів наукового дослідження для вирішення актуальних проблем і завдань, як на виробництві, так і в суміжних або міждисциплінарних дослідженнях.
- відповідність профілю наукового колективу (організації) [49, 50].

Написання та оформлення звіту по науково-дослідній роботі здійснювали згідно ДСТУ 3582: 2013 [51], ДСТУ 1.5:2015 [52], ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 [53] та ДСТУ 3008:2015 [54].

4.4.1 Організація виконання НДР

Для виконання науково-дослідної роботи за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки» протягом 01.10.2019 р. - 31.10.2019 р. приймаємо 5-ть етапів НДР, які приведені у табл. 4.4.

Керівником науково-дослідної роботи обираємо інженера, студент-магістрант виступає виконавцем (дослідником) НДР.

Приймаємо, що над виконанням науково-дослідної роботи працює 7 чоловік (табл. 4.5) чоловік протягом 31 календарного дня з посадовим окладам згідно тарифній ставці (не менше 22,41 грн./год.). Нарахування заробітної плати здійснюється 2 рази на місяць - з 16 по 22 число за першу половину поточного місяця та з 01 по 07 число місяця наступного та обраховується за його другу половину.

Для визначення трудомісткості запланованих робіт найчастіше застосовується метод ймовірнісних оцінок (безпосередній виконавець робіт оцінює максимальну і мінімальну трудомісткість роботи) [55].

Таблиця 4.4 – Перелік етапів НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки»

№ етапу	Етап НДР	Зміст етапу НДР
1	Літературний огляд і постановка завдання дослідження	1.1 Видача завдання. Формулювання теми, визначення мети, завдань, об'єкта і предмета дослідження. 1.2 Складання плану дослідження. 1.3 Виявлення можливих напрямків дослідження. 1.4 Аналіз енерго-та ресурсозберігаючих технологій в металургії. 1.5 Аналіз можливості вторинного використання марганецьвмісних відходів феросплавного виробництва. 1.6 Підбір складу виконавців НДР.
2	Теоретичні дослідження	Розробка та обґрунтування методики дослідження.
3	Експериментальні дослідження	3.1 Дослідження технології отримання марганцевого концентрату з використанням у шихті металоконцентрату. 3.2 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням дослідного агломерату та металоконцентрату.
4	Узагальнення і оцінка результатів дослідження	4.1 Аналіз та обробка результатів дослідження. 4.2 Виконання графічної частини.
5	Заключний	5.1 Приймання науково-дослідної роботи. 5.2 Захист звіту з науково-дослідної роботи.

Таблиця 4.5 – Кількість виконавців НДР

№ п/п	Виконавець НДР	Кількість днів, що працює виконавець над НДР					Всього, днів
		1 етап	2 етап	3 етап	4 етап	5 етап	
1	Дослідник	3	3	8	5	3	22
2	Інженер	1	-	1	1	1	4
3	Плавильник	-	-	4	-	-	4
4	Майстер	-	-	2	-	-	2
5	Фахівець	2	1	1	1	1	6
6	Старший лаборант	1	1	6	1	1	10
7	Лаборант	1	1	1	1	1	5
Всього: 7 осіб		8	6	23	9	7	53

Приймаємо наступну оцінку трудомісткості роботи:

– 1-й етап роботи від 6 чоловік до 10 чоловік (приймаємо 8 чоловік);

- 2-й етап роботи від 5 чоловік до 9 чоловік (приймаємо 6 чоловік);
- 3-й етап роботи від 22 чоловік до 29 чоловік (приймаємо 23 чоловік);
- 4-й етап роботи від 8 чоловік до 11 чоловік (приймаємо 9 чоловік);
- 5-й етап роботи від 5 чоловік до 7 чоловік (приймаємо 7 чоловік).

При невеликій кількості запланованих робіт та відповідно невеликій кількості їх виконавців (7 чоловік) основним документом планування виконання НДР є стрічковий (ступінчатий) графік [34], який передбачає вихід працівників у різний час групами або поодиночці. Відрізком горизонтальної прямої показується тривалість етапу роботи від першого до останнього дня роботи. Загальна тривалість робіт складає 31 календарний (або 22 робочих) день при 8-ми годинному робочому дні (табл. 4.6).

4.4.2 Витрати на виконання НДР

Кошторисну калькуляцію на виконання науково-дослідної роботи складають на весь об'єм робіт за темою НДР [56].

Для визначення витрат для проведення НДР необхідно розрахувати:

- витрати на основні матеріали;
- амортизацію основних засобів;
- витрати на фонд оплати праці (ФОП);
- єдиний соціальний внесок;
- витрати на комунальні послуги;
- витрати на наукові публікації;
- транспортні витрати;
- інші витрати.

До статті «Витрати на основні матеріали» входять ($B_{\text{матеріалів}}$):

- марганцевий концентрат II сорту;
- агломерат АМНВ2;
- кварцит;

Таблиця 4.6 – Стрічковий графік проведення НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки» протягом 01.10.2019 р.- 31.10.2019 р.

Етапи	Трудомісткість, чол. днів	Кількість виконавців, чол.	Тривалість етапів, днів	Виконання робіт у робочі дні																																		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
1	8	5	3	р	р	р																																
2	6	4	3				р	х	х	р	р																											
3	23	7	8								р	р	р	х	х	р	р	р	р	р	х																	
4	9	5	5																			х	р	р	р	р	р	р	х									
5	7	5	3																												х	р	р	р	р	х		

Примітка: р – робочий день; х – вихідний день.

- кокс та зола коксу;
- інші матеріали.

До статті «Витрати на основне та допоміжне устаткування» ($B_{устаткування}$):

- рудновідновна піч типу РКЗ-16,5 – 1 шт.;
- стрічкова агломераційна машина – 1 шт.;
- тарілчастий гранулятор – 1 шт.;
- установка для сушки марганцевих концентратів – 1 шт.;
- барабан Рубіна – 1 шт.;
- металографічний вертикальний мікроскоп МІМ-7 – 1 шт.;
- ємності для зберігання зразків марганецьвмісних матеріалів – 10 шт.;
- ноутбук ASUS F542UQ-DM060 – 1 шт.;
- інше обладнання.

Загальні «Витрати на основні матеріали» по науково-дослідній роботі становлять:

$$B_{заг} = B_{матеріалів} + B_{устаткування} \quad (4.1)$$

Приймаємо, що вище зазначене обладнання, окрім ноутбука, вже встановлено в лабораторії, тому при складанні кошторису витрат на проведення науково-дослідної роботи в статті «Витрати на матеріали» ціна обладнання не враховується, а розраховуються тільки витрати в статті «Амортизація основних засобів».

Приймаємо вартість основних матеріалів $B_{матеріалів} = 3500$ грн.

Витрати на статтю «Амортизація основних засобів» визначаються за формулою [56]:

$$S_{ам} = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha_{ам,i}}{100} \cdot K_{уст,i} \cdot \frac{T_{вик,i}}{T_{можл,i}}, \quad (4.2)$$

де $\alpha_{ам,і}/100$ – норма амортизаційних відрахувань для даного виду устаткування або приладу;

$K_{уст,і}$ – вартість устаткування або приладу і-го вигляду, грн;

$T_{вик,і}$ – тривалість використання даного і-го виду устаткування або приладу в дослідницькій роботі, год.;

$T_{можл,і}$ – можливе число годин використання і-го виду устаткування або приладів на протязі року;

N – кількість устаткування, шт.

На сьогоднішній день норма амортизації основних засобів від вартості устаткування у відповідність з Законом України «Про оподаткування прибутку підприємств»_ прийнята для різних груп основних засобів від 1% до 10 % [57].

Приймаємо витрати на статтю «Амортизація основних засобів»

для основного та допоміжного обладнання $A_{обладнення} = 150$ грн.

В розрахунок ФОП виконавців НДР входять наступні статті:

1. Основна заробітна плата наукових, інженерно-технічних і допоміжних працівників, зайнятих виконанням робіт по темі.

2. Додаткова заробітна плата, що включає виплати по оплаті чергових і додаткових відпусток, на виконання державних і суспільних доручень, винагороди.

3. Доплата за роботу в вечірній та нічний час.

4. Доплата за переробку графіка.

5. Премії, заохочення, компенсаційні виплати, надбавки та інше.

6. Доплата за додаткові свята.

При виконанні поточної НДР при нарахування ФОП статті №4-6 не враховуються.

Згідно табелю обліку робочого часу виконавців НДР приймаємо, що протягом 01.10.2019 р. – 30.10.2019 р. не було відряджень, лікарняних, відпусток, тимчасово недієздатних працівників та інше.

При нарахуванні ФОП приймаємо, що усі 7 виконавців НДР не відносяться до пільгових категорій людей (інваліди, багатодітні, учасники АТО, пенсіонери та інше), тому згідно до Закону «Про оплату праці» заробітна плата (ЗП) виконавців НДР розраховується за формулою [58, 59]:

$$ЗП_{\text{основна}}^i = \frac{ЗП_{\text{оклад}}^i \cdot T_{\text{етапу}}}{T_{\text{місяць}}} \quad (4.3)$$

де $ЗП_{\text{оклад}}^i$ – посадовий оклад, грн.;

$T_{\text{місяць}}$ – кількість робочих днів в місяці, днів;

$T_{\text{етапу}}$ – тривалість певного етапу, днів.

Основна заробітна плата інженера становить:

$$ЗП_{\text{основна}}^{\text{інженера}} = \frac{12700}{22} \cdot 4 = 2309,09 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату для інших виконавців НДР та заносимо у табл. 4.7.

Загальний фонд заробітної плати розраховується з урахуванням фонду заробітної плати, преміального фонду і додаткової заробітної плати виконавців.

Додаткова заробітна плата виконавців розраховується у розмірі 10 % від фонду заробітної плати [58, 59]:

$$ЗП_{\text{додаткова}}^i = \frac{ЗП_{\text{основна}}^i \cdot 10}{100}, \quad (4.4)$$

$$ЗП_{\text{додаткова}}^i = \frac{1767568 \cdot 10}{100} = 1767,57 \text{ грн.}$$

Приймаємо, що за період проведення НДР протягом 01.10.2019 р.- 30.10.2019 р. доплати (за роботу в вечірній та нічний час, за переробку графіка,

за додаткові свята, премії, заохочення, компенсаційні виплати, надбавки та інше) виконавцям НДР не передбачені.

Таблиця 4.7 – Заробітна плата виконавців НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки»

№ п/п	Посада виконавця	К-ть, чол.	Оклад, грн.	Тривалість, дні	Доля ставки, %	Основна ЗП, грн.	Додаткова ЗП, грн.
1	Дослідник	1	6900	22	1,00	6900	690
2	Інженер	1	12700	4	0,18	2309,09	230,91
3	Плави́льник	1	12000	4	0,18	2181,82	218,18
4	Майстер	1	17000	2	0,09	1545,45	154,55
5	Фахівець	1	5400	6	0,27	1472,73	147,27
6	Старший лаборант	1	5100	10	0,45	2318,18	231,82
7	Лаборант	1	4173	5	0,23	948,41	94,84
Всього		7			2,41	17645,68	1764,57

Загальний фонд заробітної плати складе [58, 59]:

$$ЗП_{заг} = ЗП_{основна}^i + З^i_{додаткова} + З^i_{доплати} \quad (4.5)$$

$$ЗП_{заг} = 1767568 + 1767,57 + 0 = 1944325 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) складає 22% від ФОП:

$$ЄСВ = \frac{ЗП_{заг}}{100} \cdot 22, \quad (4.6)$$

$$ЄСВ = \frac{19443,25}{100} \cdot 22 = 4277,52 \text{ грн.}$$

Утримання із заробітної плати виконавців НДР становлять:

– тимчасово непрацездатний 2,9% (563,85 грн.);

- фонд безробіття 2% (388,87 грн.);
- податок на прибуток фізичних осіб (ПДФ) 18% (3499,79 грн.);
- воєнний збір 1,5% (291,65 грн.);
- профспілковий фонд 1% (194,43).

Тариф на електроенергію в 2019 р. для підприємств та юридичних осіб за цінами ПАТ «Запоріжжяобленерго» становить:

- 1 клас напруги 172,072 коп/кВт·год. (без ПДФ);
- 2 клас напруги 214,336 коп/кВт·год. (без ПДФ).

Вартість електроенергії, що витрачається на проведення дослідження визначають за формулою:

$$S_e = \sum_{i=1}^N T_e \cdot N_{a,i} \cdot T_{\text{вик},i} \cdot m_i, \quad (4.7)$$

де T_e – тариф за кожен споживаний кВт·год., грн.;

$N_{a,i}$ – середня споживана потужність і-го виду устаткування, кВт;

$T_{\text{вик},i}$ – тривалість використання і-го виду устаткування або приладу, год.;

m_i – кількість устаткування і-го вигляду, шт.

Для пошуку інформації в мережі Internet, обробки експериментальних даних, написання звіту з НДР, оформлення нормативної та допоміжної документації використовували ноутбук HP Pavilion Gaming 15-bc504ur (7DT87EA).

Прийється, що є особистою власністю студента-магістранта, тому його вартість не враховували в статті «Витрати на матеріали».

У розрахунку враховується амортизацію ноутбука, що становить 2% від вартості устаткування (для групи 4 основних фондів та інших необоротних активів)):

$$A_{\text{комп'ютера}} = \frac{B_{\text{комп'ютера}} \cdot 2}{100}, \quad (4.8)$$

де $B_{\text{комп'ютера}}$ – вартість ноутбука HP Pavilion Gaming 15-bc504ur (7DT87EA),

приймаємо 16000 грн.

$$A_{\text{компьютера}}^{\text{заг}} = \frac{16000 \cdot 2}{100} = 320 \text{ грн.}$$

З урахуванням загального строку експлуатації ноутбука протягом 7 років (52560 годин роботи) та експлуатації при виконанні НДР протягом 50 годин отримуємо:

$$A_{\text{компьютера}} = \frac{320 \cdot 50}{52560} = 0,3 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на статтю «Амортизація основних засобів» складуть:

$$A_{\text{загальні}} = A_{\text{обладнання}} + A_{\text{компьютера}} \quad (4.9)$$

$$A_{\text{загальні}} = 150 + 0,3 = 150,3 \text{ грн.}$$

При розрахунку статті «Витрати на електроенергію» приймаємо потужність ноутбука рівною 0,5 кВт·год., тоді витрата електроенергії від роботи ноутбука складе:

$$B_{\text{елек-ї}}^{\text{компьютер}} = 2,16 \cdot 50 \cdot 0,5 = 54 \text{ грн.}$$

Приймаємо витрати електроенергії від роботи іншого обладнання рівними 700 грн. Тоді загальні витрати електроенергії складуть:

$$B_{\text{елек-ї}}^{\text{загальні}} = B_{\text{елек-ї}}^{\text{компьютер}} + B_{\text{елек-ї}}^{\text{інше обладнання}},$$

$$B_{\text{елек-ї}}^{\text{загальні}} = 54 + 700 = 754 \text{ грн.}$$

Кошторис загальних витрат на НДР за темою «Аналіз особливостей

технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки» визначається на весь об'єм робіт за період 01.10.2019 р.- 30.10.2019 р. (табл. 4.8).

Таким чином, приведено організацію виконання НДР за темою «Аналіз особливостей технології суспензійної розливки феросилікомарганцю» запропоновано етапи НДР та приведено кошторис загальних витрат на її проведення.

Таблиця 4.8 – Кошторис загальних витрат на проведення науково-дослідної роботи за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки»

№ з/п	Статті витрат	Всього витрат	
		грн.	%
1	Витрати на шихтові матеріали	3500	11,111
2	Витрати на устаткування	0	0
3	Амортизація основних засобів	150,03	0,476
4	Фонд оплати праці:		
	– основна заробітна плата	17675,68	56,113
	– додаткова заробітна плата	1767,57	5,611
5	ЄСВ (22 %):	4277,52	13,579
6	Витрати на електроенергію	594	1,886
7	Витрати на комунальні послуги (за винятком витрат на електроенергію)	1200	3,81
8	Витрати на наукові публікації	900	2,857
9	Транспортні відрахування	130	0,413
10	Витрати на канцелярію	500	1,587
11	Інші витрати	805,2	2,556
Всього		31500	100,00

4.4 Висновки

1. Проведено аналіз можливості переробки марганецьвмісних відходів феросплавного виробництва, а саме можливості вилучення марганцю і кремнію з феросплавних шлаків та шламів, а також дослідження вилучення марганцю з відходів виробництва відвальних шлаків та шламів мокрого газоочищення.

2. Дослідження процесу окискування марганецьвмісної сировини з використанням вторинних матеріалів (металоконцентрату та відсіву шлакопереробки) показали, що оптимальна кількість відсіву шлакопереробки в аглошихті становить 10%, при цьому відбувається підвищення швидкості спікання шихти на 3,5% та міцності агломерату на 0,8%. Дослідний агломерат характеризується зменшенням вмісту марганцю на 1,7%, більш високою пористістю (більше в 2 рази) і дещо меншою питомою вагою в порівнянні з агломератом, отриманим з окисного концентрату II сорту фракції < 10 мм.

3. Встановлено, що застосування технології виплавки силікомарганцю марки MnC14P з використанням у шихті агломерату з додаванням вторинних матеріалів, зокрема відсіву шлакопереробки та металоконцентрату, в порівнянні з базовою технологією, підвищує вилучення марганцю в межах від 0,7% до 1,9%, продуктивність електропечі в межах від 4,4% до 8,9%, а також знижує питому витрату електроенергії в межах від 9,1% до 9,6% .

4. Приведено організацію виконання НДР за темою «Аналіз особливостей технології суспензійної розливки феросилікомарганцю» запропоновано етапи НДР та приведено кошторис загальних витрат на її проведення.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА В ФЕРОСПЛАВНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів в феросплавній лабораторії

В феросплавній лабораторії при дослідженні технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопероробки основними шкідливими та небезпечними факторами виробничого середовища (згідно ГОСТ 12.0.003-2015 [60]) є фізичні, хімічні, біологічні та психологічні фактори.

До фізичних шкідливих та небезпечних факторів в лабораторії належать (табл. 5.1) [61]:

- підвищена температура (28°C при нормі від 15°C до 26°C);
- інфрачервоне випромінювання (200 Вт/м^2 при нормі 140 Вт/м^2);
- запиленість (фактична концентрація пилу 16 мг/м^3);
- постійні електричні поля і магнітні випромінювання;
- високий рівень промислових шумів (86 дБА при нормі 80 дБА);
- звисокий рівень загальної вібрацій (96 дБ при нормі 92 дБ);
- недостатнє природне або технічне освітлення в робочих приміщеннях.

До хімічних шкідливих та небезпечних виробничих факторів відносяться забруднення повітря токсичними речовинами та пилом (фактична концентрація пилу в повітрі лабораторії становить 16 мг/м^3 , що перевищує норму у 4 рази (табл. 5.1).

Біологічними факторами, що впливають на здоров'я працівників лабораторії, є патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети) та продукти їх життєдіяльності (не визначалися).

Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих факторів в феросплавній лабораторії (табл. 5.1) показує, що в ній категорія важкості праці – важка,

категорія напруженості праці – напружена.

Таблиця 5.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу працівника феросплавної лабораторії

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас: шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				1 ст.	2 ст.	3 ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг\м ³ : I клас безпеки: – кремнію оксид – марганцю оксид III-IV клас безпеки: – азоту діоксид – вуглецю оксид	0,03 0,05 2,0 20,0	0,01 0,03 1,8 25,0			1,25р	50
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг\м ³	4	16		4р		50
3	Шум, дБА	80	86	6			50
4	Вібрація (локальна), дБ	92	96		4		50
5	Мікроклімат у приміщенні (теплий період): – температура, °С; – швидкість руху повітря, м/с; – відносна вологість повітря, %; – інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	15-26 0,2-0,6 40-60 140	28 0,4 40 200	2 200			30
6	Категорія важкості та напруженості праці	категорія важкості праці - важка, категорія напруженості праці - напружена					

5.2 Заходи з поліпшення умов праці в лабораторії

Основними заходами поліпшення умов праці та охорони здоров'я в лабораторії є:

- удосконалення режиму роботи працівників;
- поліпшення санітарно-побутових умов праці;
- доведення до нормативного рівня показників виробничого середовища

за елементами умов праці (технічні та технологічні рішення);

– запобігання виробничому травматизмові, зниження захворюваності та поліпшення медичного обслуговування та інші [61].

Всі засоби захисту робітників від впливу шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища поділяються на два в класи [62]:

- засоби індивідуального захисту (ЗІЗ);
- засоби колективного захисту (ЗКЗ).

В умовах лабораторії у якості засобів індивідуального захисту згідно ГОСТ 12.4103-83 [63] використовують спеціальний одяг, засоби захисту рук і ніг, засоби захисту очей (окуляри), голови (каска). За засобами захисту, що знаходяться в експлуатації тривалий час, повинен бути встановлений особливий контроль, щоб своєчасно провести їх заміну або ремонт. До медичних засобів індивідуального захисту відноситься аптечка індивідуальна (АІ-2), індивідуальний протихімічний пакет (ІПП-8) і пакет перев'язувальний індивідуальний.

З метою профілактики зневоднення організму рекомендується правильно дотримуватися питного режиму. Рекомендована температура питної води, напоїв, чаю повинна становити не нижче +10–15°C.

З колективних засобів захисту згідно ГОСТ 12.4.026-2015 [64] використовують знаки безпеки, попереджувальні плакати для електроустановок.

Засобами колективного захисту від вібрації є віброізоляція, що здійснюється введенням проміжної ланки між джерелом вібрації і робочим місцем або тією частиною інструменту, яка має безпосередній контакт з тілом працюючого [61].

Одним з заходів зниження концентрації пилу в лабораторії є осношення приміщення лабораторії припливною системою вентиляції, що націлена на забезпечення вільного припливу свіжого повітря в об'ємах, якого буде достатньо для повноцінного функціонування виробництва. У системах припливного типу, в основному, використовують каналні вентилятори, які

роблять забір повітря ззовні з наступним його пропуском через калорифери, де відбувається нагрів і зволоження (якщо потрібно). Витяжна система виконує видалення забрудненого повітря, а його заміщення на чистий відбувається неорганізовано - через віконні і дверні отвори [60].

Для зниження рівня шуму в лабораторії використовують облицювання стелі та стін звукопоглинальним матеріалом (знижує шум на 6-8 дБ), установку звукопоглинального кожуха та раціональне планування приміщення. Для захисту органів слуху робітників застосовують зовнішні противошуми - шумозахисні навушники, які покривають вушну раковину. Заглушки послаблюють шум від 5 дБ до 7 дБ при частотах до 500 Гц і на 15 дБ при частотах понад 3000 Гц [65].

Освітлення приміщень і робочих місць лабораторії повинно відповідати вимогам СП 52.13330.2016 [66]. Нормативна освітленість робочої поверхні складає 50 Лк. Штучне освітлення приміщення лабораторії забезпечується люмінесцентними лампами ЛБ80-4 та повинно відповідати вимогам ПУЕ - 2017 [67]:

- освітлення повинно забезпечувати необхідний за технологічними і гігієнічними нормативами рівень загальної та локальної (місцевої) освітленості в побутових, робочих та інших умовах, тобто бути достатнім;

- максимально наближатися до спектру природного освітлення;

- не створювати великої яскравості;

- забезпечувати потрібну рівномірність;

- не змінювати фізико-хімічні властивості повітря;

- не бути джерелом пожежної небезпеки, додаткового шуму і теплового випромінювання;

- бути компактним, естетичним, доступним для огляду та підтримки чистоти.

Таким чином, проаналізовано потенційно-небезпечні та шкідливі фактори в феросплавній лабораторії, запропоновано заходи з поліпшення умов праці в лабораторії.

5.3 Висновки

1. Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих факторів в феросплавній лабораторії при дослідженні технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопероробки показав, що в ній категорія важкості праці – важка, категорія напруженості праці – напружена.

2. Запропоновано заходи з поліпшення умов праці в феросплавній лабораторії при дослідженні технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопероробки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Застосування енерго-та ресурсозбереження в металургії шляхом використання вторинних відходів дасть змогу знизити матеріало-та енергоємність металопродукції та зменшити негативний вплив металургії на стан навколишнього середовища.

2. Проведено аналіз можливості переробки марганецьвмісних відходів феросплавного виробництва, а саме можливості вилучення марганцю і кремнію з феросплавних шлаків та шлаків, а також дослідження вилучення марганцю з відходів виробництва відвальних шлаків та шлаків мокрого газоочищення.

3. Дослідження процесу окускування марганецьвмісної сировини з використанням вторинних матеріалів (металоконцентрату та відсіву шлакопереробки) показали, що оптимальна кількість відсіву шлакопереробки в аглошихті становить 10%, при цьому відбувається підвищення швидкості спікання шихти на 3,5% та міцності агломерату на 0,8%. Дослідний агломерат характеризується зменшенням вмісту марганцю на 1,7%, більш високою пористістю (більше в 2 рази) і дещо меншою питомою вагою в порівнянні з агломератом, отриманим з окисного концентрату II сорту фракції < 10 мм.

4. Встановлено, що застосування технології виплавки силікомарганцю марки MnC14P з використанням у шихті агломерату з додаванням вторинних матеріалів, зокрема відсіву шлакопереробки та металоконцентрату, в порівнянні з базовою технологією, підвищує вилучення марганцю в межах від 0,7% до 1,9%, продуктивність електропечі в межах від 4,4% до 8,9%, а також знижує питому витрату електроенергії в межах від 9,1% до 9,6% .

5. Аналіз потенційно-небезпечних та шкідливих факторів в феросплавній лабораторії при дослідженні технології виплавки феросилікомарганцю з використанням у шихті металоконцентрату та відсівів шлакопереробки показав, що в ній категорія важкості праці – важка, категорія напруженості праці – напружена.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гаврилов В. А., Гасик М. И. Силикотермия марганца. Днепропетровск: ГНПП «Системные технологии», 2001. 512 с.
2. Хитрик С. И., Гасик М. И., Кучер А. Г. Получение низкофосфористых марганцевых концентратов: учебн. для вузов. Київ: Техніка, 1969. 200 с.
3. Амиров И. Б. Стратегия использования вторичных ресурсов и отходов в условиях рынка. Российское предпринимательство, 2012. Т 13. №23. С. 99 – 103.
4. Ярошенко Ю. Г., Гордон Я. М., Ходоровская И. Ю. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии; под ред. Ю.Г. Ярошенко. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. 670 с.
5. Гельманова З. С., Жаксыбаев Д. М. Особенности образования и использования вторичных ресурсов в металлургическом производстве. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*, 2016. № 7–5. С. 749–753.
6. Гришин Д. В., Кулиш А. Н., Кулык Е. М. Сенсорная сортировка шлаков феросплавного производства. *Сучасні проблеми металургії*, 2016. Том 19. Випуск 1. С. 27–34.
7. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии/ М. И. Панфилов и др. Москва: Металлургия, 1987. 238 с.
8. Способ переработки марганецсодержащих отвальных шлаков: пат. 2374336 РФ: С22С 33/04, С22В 7/04. № 2008120885/02; заявл. 28.05.2008; опубл. 27.11.2009, бюл. №33. 7 с.
9. Способ переработки отвальных шлаков: пат. 2358027 РФ: С22С33/04, С22В7/19. №007133458/02; заявл. 06.09.2007; опубл. 10.06.2009. 6 с.
10. Способ переработки отвальных металлургических шлаков: пат. 2222619 РФ: С22В7/04, В03В7/00, В03В9/06. № 2000117737/02; заявл. 04.07.2000; опубл. 27.01.2004. 6 с.
11. Способ переработки отвальных металлургических шлаков: пат.

2365642 РФ: С22В7/04, С21С5/54. № 2007132511/02; заявл. 28.08.2007; опубл. 10.03.2009. 5 с.

12. Проценко М. Ю., Куберский С. В., Семирягин С. В., Штепан Е. В. Использование отходов ферросплавного производства для легирования металла методом дугового глубинного восстановления. *Металл и литьё Украины*, 2010. №9 –10. С. 54 – 57.

13. Ольшанский В. И., Гасик М. И. Инновационная технология получения металоконцентрата ферросиликомарганца из отвального шлака. *Сталь*, 2011. №10. С. 26–32.

14. Григор'єв С. М., Головань О. О. Стратегія ресурсозбереження в металургії спеціальних сталей на прикладі використання губчастого ферровольфраму. *Держава та регіони. Сер. : Економіка та підприємництво*, 2013. № 2. С. 103–108.

15. Гусева Е. Н. Использование вторичных минеральных реурсов цветной мталлургии - важный резерв ресурсосбережения. *Записки горного института*, 2003. Т 155. Ч 2. С. 194 – 197.

16. Анализ развития ресурсосберегающих технологий в сталеплавильном производстве / П. С. Харлашин и др. Университетская наука – 2009: в 2 Т: международная научно-техническая конференция. 19-21 мая 2009 г. Мариуполь: ПГТУ, 2009. Т 1. С. 55 – 57.

17. Литимин В. М., Макарова М. В., Васильева М. С., Насыров Т. М. Пыль и шлам газоочисток металлургических заводов и анализ путей их утилизации. *Теория и технология металлургического производства*, 2015. №1 (16). С. 82 – 86.

18. Пахомова С.А., Иванченко В.В. Эффективность использования металлических отходов для изготовления конструкционных деталей. *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение»*, 2007. №3. С. 74 – 78.

19. Кокорин В. Н., Цеменко В. Н., Кокорин М. В. Прессование структурнодисперсных систем с различным агрегатным состоянием фаз в

технологических процессах утилизации тонкодисперсных порошковых отходов чёрной металлургии. *Вестник Ульяновского государственного технического университета*, 2004. №2. С. 39 – 41.

20. Колёсова О. В., Островский С. В., Басов В. Н., Циппер А. А. Поисковые исследования по извлечению соединений хрома из шламов хроматного производства. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*, 2014. №4. С. 76 – 90

21. Отходы глиноземного производства - перспективное сырье для черной и цветной металлургии / Л. А. Пасечник и др. *Труды Кольского научного центра РАН*, 2018. С. 884 – 888.

22. Утков В. А., Сизяков В. А. Современные вопросы металлургической переработки красных шламов. *Записки горного института*, 2013. Т 202. С. 39 – 43.

23. Каяк Г. Л., Фоменко В. С., Андреев В. В. Разработка технологии утилизации шлифовального шлака. *Вестник инженерной школы Дальневосточного федеративного университета. Серия «Технические науки. Материаловедение и технологии металлов»*, 2017. №1(30). С. 60 – 61.

24. Панишев Н. В., Черняев А. А., Пантелеев А. В. Переработка мелкозернистых отходов металлургического производства с получением гранулированного чугуна и извлечением цинка. *Теория и технология металлургического производства*, 2013. №1 (13). С. 77 – 80.

25. Новиков Н. И. К вопросу внедрения ресурсосберегающих технологий в сталеплавильном производстве. *Второй международный конгресс «Цветные металлы – 2010»*. Раздел IX Рециклинг вторичных ресурсов металлургической и электрометаллургической промышленности: технологический, экологический и экономический аспекты (Красноярск, 2 – 4 сентября 2010 г.) Красноярск. 2010. С. 834 – 839.

26. Технология и экономическая эффективность переработки железосодержащих отходов (шламов) конверторного производства

ОАО «Северсталь» в прочные брикеты / Е. М. Булыжнев и др. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2009. Т 11. №3(2). С. 404 – 408.

27. Добровольский И. П., Рымарёв П. Н., Сафина Т. А. Перспективная технология применения шламов и пыли конверторного производства. *Вестник Челябинского государственного университета*, 2008. №3. С. 3 – 35.

28. Кукуй Д. М., Ровин С. М., Ровин Л. Е. Энерго-и ресурсосберегающие технологии в литейном производстве. *Литьё и металлургия*, 2011. №4 (63). С. 45 – 52.

29. Садоха М. А., Мельников А. Я. Энергосбережение при производстве отливок из алюминиевых сплавов. *Литьё и металлургия*, 2008. №2(46). С.43 – 46.

30. Мельников А. П. Энерго-и ресурсосберегающие технологии в литейном производстве. *Литьё и металлургия*, 2007. №2(42). С. 115 – 119.

31. Снежко Е. И., Квижинадзе О. Н. О направлениях утилизации и переработки железосодержащих шламов прокатного производства. *Известия Южного федеративного университета. Технические науки*, 2004. С. 248.

32. Воденнікова О. С., Лук'яненко Ю. В., Єгоров Є. О. Аналіз енерго-та ресурсозберігаючих технологій в металургії. The 8th International youth conference «Perspectives of science and education» (Mart 29, 2019, Now York). Now York: SLOVO \ WORD, 2019. С. 65–72.

33. Гасик Л. Н., Игнатъев В. С., Гасик М. И. Структура и качество промышленных ферросплавов и лигатур. Киев, Техніка, 1975. 152 с.

34. Гасик М. И., Лякишев Н. П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов: учебн. для вузов. Москва: СП Интермет Инжиниринг, 1999. 764 с.

35. Казачков О. І., Мосейко Ю. В., Позднякова О. А. Теорія і технологія феросплавного виробництва: навч.-метод. посібн. для студ. спец. 6.050401 «Металлургия черных металлов». Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 153 с.

36. Гусева Е. Н. Использование вторичных минеральных реурсов цветной

металлургии - важный резерв ресурсосбережения. *Записки горного института*, 2003. Т 155. Ч 2. С. 194 – 197.

37. Гасик М.И. Электротермия марганца. Киев: Техника, 1979. 167 с.

38. Рысс М. А. Производство ферросплавов. Москва: Metallurgia, 1985. 344 с.

39. ДСТУ 3548-97. Феросилікомарганець. Загальні технічні умови. Введений 01.07.1998 р. Чинний від 06.05.1997 р. № 245.

40. Щедровицкий Я. С. Сложные кремнистые ферросплавы. Москва: Metallurgia, 1986. 568 с.

41. Куцин В. С., Ольшанский В. И., Филиппов И. Ю., Дедов Ю. Б. Внедрение технологии сепарации шлака на Никопольском заводе ферросплавов. *Металлургическая и горно-рудная промышленность*, 2010. №6. С. 41-44.

42. Ольшанский В. И., Гасик М. И. Инновационная технология получения металоконцентрата ферросиликомарганца из отвального шлака. *Сталь*, 2011. №10. С. 26–32.

43. Украинская ассоциация сталеплавильщиков. Информационный портал о чёрной и цветной металлургии. URL: <http://uas.su/articles/articles.php> (дата звернення 10.12.2019).

44. Metallurgia. URL: <https://metallurgy.zp.ua> (дата звернення 10.12.2019).

45. Єгоров Є. О., Лук'яненко Ю. В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технологічних особливостей виплавки силікомарганцю з використанням металоконцентрату та відсіву шлакопереробки. *Збірник наукових праць магістрантів факультету металургії*. Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. Випуск 1 (15). С. 31–36.

46. Єгоров Є. О., Лук'яненко Ю. В., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням металоконцентрату та відсіву шлакопереробки. Матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та

викладачів (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.). Том I. Металургія як основа сучасної промисловості. Запоріжжя: ІІ ЗНУ, 2019. С. 38–39.

47. Далингер В.А., Толпелкина Н. В. Организация и содержание поисково-исследовательской деятельности. Омск: Изд-во ОмГПУ. 2004. 263 с.

48. Постанова Президії НАН України «Про затвердження Порядку формування тематики та контролю за виконанням наукових досліджень в Національній академії наук України» від 13.04.2011 р. Київ: Національна академія наук України, 2011. № 111.

49. СОУ НАН 73.1-001:2011. Організація і проведення науково-дослідних робіт/ Розробники: Ю. Поліщук, Л. Топалова. Київ: Національна академія наук України, 2011. 28с.

50. Студопедия. URL: <https://studopedia.org/6-84954.html> (дата звернення 10.12.2019).

51. ДСТУ 3582: 2013. Національний стандарт України. Інформація та документація. Бібліографічний опис скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила; прийнято чинності наказом Міністерства економічного розвитку України від 22.08.2013 р. №1010. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 14 с.

52. ДСТУ 1.5:2015. Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів; прийнято наказом ДП «УкрНДНЦ» від 29.08.2016 р. №254 та надало чинності від 01.02.2017. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 60 с.

53. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правиласкладання: Методичні рекомендації з впровадження / Укладачі О. К. Галевич, І. М. Штогрин. Львів, 2008. 20 с.

54. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення; прийнято наказом ДП «УкрНДНЦ» від 22.06.2015 р. №61 та надало чинності від 01.07.2017 р. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 25 с.

55. Гринчуцький В. І., Карапетян Е. Т., Погріщук Б. В. Економіка підприємства: навч. посібн. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 304 с.

56. Иващенко О. В. Конспект лекций по дисциплине «Экономика предприятия (промышленности)» для студентов заочной формы обучения специальностей 090218 и 090402. Запорожье: Издательство ЗГИА, 2001. 68 с.
57. Яркіна Н. М. Економіка підприємства: навч. посібн. Вид. 2-ге перероб. і доп. Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. 600 с.
58. Небава М. І., Адлер О. О., Лесько О. Й. Економіка та організація виробничої діяльності підприємства. Ч.1. Економіка підприємства: навч. посібн. Вінниця: ВНТУ, 2011. 117 с.
59. Калініченко О. В., Плотнік О. Д. Економіка підприємства. Практикум: навч. посібн. Київ: Кондор, 2012. 600 с.
60. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация; принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 10.12.2015 г. N 48-2015 и введён в действие с 01.03.2017 г. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с
61. Служба охорони праці – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sop.com.ua>. Дата доступу: жовтень 2019. Назва з екрана.
62. Жидецький В. В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2002. 320 с.
63. ГОСТ 12.4103-83. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация / введён постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 10 декабря 1983 г. N 6082; введен в действие с 1.07.1984 г. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2017. 6 с.
64. ГОСТ 12.4.026-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправкой) / принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 10 декабря 2015 г. N 48.; введён в действие с 1.03. 2017 г. Москва: Стандартинформ, 2017. 76 с.
65. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум.

Общие требования безопасности; принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации от 5.12.2014 г. N 46-2014 и введён в действие с 01.11.2015 г. Москва: Стандартиформ, 2015. 28с.

66. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение; Утверждён приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7.11.2016 г. N 777/пр и введен в действие с 8.05.2017 г. Москва: Минстрой России, 2016. 106 с.

67. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2017); затверджено та надано чинності Наказ Міністерства енергетики України від 21.07.2017р. №476. Київ: Міністерство енергетики України, 2017. 760 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ МАГІСТРА ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ