

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ МЕТАЛУРГІЇ

Кафедра металургії
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

дружній (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз особливостей технології виготовлення феросиліко
марганцю з використанням лужного флюсу позитиву

Виконав: студент 2-й курсу, групи МЕТ-18-1мз

Спеціальності 136 - Металургія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Металургія гарячих металів

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

І.І. Володимир
(ініціали та прізвище)

Керівник з/ч кафедри металургії,
канд. техн. наук, доцент Вигірнікова О.С.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент з/ч кафедри металургії,
канд. техн. наук, доцент Таратинко 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

Завідувач кафедри Терновий Ю.Ф.
« _____ » _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Волощина Вікторія Валерівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Аналіз особливостей технології випалення
аргонітомагнетиту з використанням шихтового риносу аргонітомоу
керівник роботи Видеєнківа Вікторія Сергіївна, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 10 » березня 20 19 року № 15041-С

1 Строк подання студентом роботи 28.02.2019р

Вихідні дані до роботи Виробва-технологія випалення, складові у фазових
випаленнях, методи дослідження на міжнародних та вітчизняних конференціях,
національній сайті та сайтах, газетних, журнальних, ДСТУ, ІСО, СІПА, ДБН

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Огляд літератури та уривки з роботи. Аналіз сучасного стану
виробництва феросплавів. Вибір матеріалів та бурштину з метою
уникнення дослідження дослідження технологічних особливостей випалення
аргонітомагнетиту з використанням шихтового риносу. Виробва праці та
технологічна безпека. Висновки. Перелік джерел посилань

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Титульний лист - 1. Мотив роботи. Забравиле роботи - 1. Об'єкт дослідження.
Об'єкт дослідження. Методи дослідження - 1. Технічний склад та характеристика
залишкових риносів - 1. Інформаційний аналіз джерел посилань - 1.
Висновки виробва технологічних умов, що використовуються - 1.

Стор. 1
 1. Аналіз сучасного стану виробництва продукції та умов праці на підприємстві.
 2. Вибір матеріалів та технологій виготовлення продукції.
 3. Розробка технологічних особливостей виготовлення продукції з використанням нових технологій.
 4. Оцінка умов праці та безпеки.
 5. Задачі виконання.
 6. Технічні умови постачання.
 7. Графік роботи.

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Аналіз сучасного стану виробництва продукції та умов праці на підприємстві.	Ведмиш О.С.	11.03.2019	11.03.2019
2. Вибір матеріалів та технологій виготовлення продукції.	Ведмиш О.С.	11.03.2019	11.03.2019
3. Розробка технологічних особливостей виготовлення продукції з використанням нових технологій.	Ведмиш О.С.	11.03.2019	11.03.2019
4. Оцінка умов праці та безпеки.	Ведмиш О.С.	11.03.2019	11.03.2019

6 Дата видачі завдання 11.03.2019р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Сурозення та умовні позначки	11.03.2019р - 14.03.2019р	
2	Аналіз сучасного стану виробництва продукції та умов праці на підприємстві.	15.03.2019р - 23.03.2019р	
3	Вибір матеріалів та технологій виготовлення продукції.	24.03.2019р - 30.10.2019р	
4	Розробка технологічних особливостей виготовлення продукції з використанням нових технологій.	01.10.2019р - 31.10.2019р	
5	Оцінка умов праці та безпеки.	01.11.2019р - 22.11.2019р	
6	Задачі виконання та технічні умови постачання.	23.11.2019р - 07.12.2019р	
7	Графік роботи.	08.12.2019р - 28.12.2019р	

Студент Ведмиш (підпис) О.С. Ведмиш (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено
 Нормоконтролер Ведмиш (підпис) О.С. Ведмиш (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Волошин І.І. Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту.

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.

Проаналізовано основні напрями вдосконалення технології виплавки феросилікомарганцю. Проаналізовано вплив оксидів лужних металів на процеси відновлення марганцю та кремнію вуглецем. Досліджено кінетику відновлення феросилікомарганцевих шихт, які містять пегматит. Проведено порівняння технологічних показників виплавки феросилікомарганцю на звичайній шихті та з використанням пегматиту замість кварциту в кількості 30 %, 60 % та 100 % відповідно.

Ключові слова: СИЛІКОМАРГАНЕЦЬ, ПЕГМАТИТ, КВАРЦИТ, ОКСИДИ ЛУЖНИХ МЕТАЛІВ, СИЛІКОМАРГАНЦЕВА ШИХТА.

ABSTRACT

Voloshyn I.I. The Feature Analysis of Ferrosilicomanganese Smelting Technology Using Alkaline Pegmatite Flux.

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.

The main directions to improve the technology of smelting ferrosilicomanganese are analyzed. The influence of alkali metal oxides on the processes of reduction of manganese and silicon by carbon is analyzed. The kinetics of the reduction of ferrosilicomanganese charge containing pegmatite has been investigated. Technological parameters of smelting of ferrosilicomanganese on the usual charge and using pegmatite instead of quartzite in the amount of 30%, 60% and 100% respectively are compared.

Keywords: SILICOMANGANESE, PEGMATITE, QUARTZITE, ALKALI METAL OXIDES, SILICOMANGANESE CHARGE.

АННОТАЦИЯ

Волошин И.И. Анализ особенностей технологии выплавки ферросиликомарганца с использованием щелочного флюса пегматита.

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.

Проанализированы основные направления усовершенствования технологии выплавки ферросиликомарганца. Проанализировано влияние оксидов щелочных металлов на процессы восстановления марганца и кремния углеродом. Исследована кинетика восстановления ферросиликомарганцевых шихт, содержащих пегматит. Проведено сравнение технологических показателей выплавки ферросиликомарганца на обычной шихте и с использованием пегматита вместо кварцита в количестве 30 %, 60 % и 100 % соответственно.

Ключевые слова: СИЛИКОМАРГАНЕЦ, ПЕГМАТИТ, КВАРЦИТ, ОКСИД ЩЕЛОЧНОГО МЕТАЛЛА, СИЛИКОМАРГАНЦЕВАЯ ШИХТА.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ.....	12
1.1 Актуальність проблеми удосконалення технології виробництва феросилікомарганцю.....	12
1.2 Технологія виробництва марганцевих сплавів.....	13
1.2.1 Виробництво феросилікомарганцю.....	13
1.2.2 Основні напрями вдосконалення технології виплавки силікомарганцю.....	19
1.3 Загальна характеристика пегматиту.....	21
1.4 Висновки.....	26
2 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ТА ОБҀРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	27
2.1 Матеріали та методика проведення дослідження.....	27
2.2 Висновки.....	30
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПЛАВКИ СИЛКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕГМАТИТУ.....	31
3.1 Аналіз впливу оксидів лужних металів на процеси відновлення марганцю та кремнію вуглецем.....	31
3.2 Дослідження кінетики відновлення феросилікомарганцевих шихт, які містять пегматит.....	38
3.3 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням пегматиту.....	41
3.4 Дослідження фазового складу шлаків феросилікомарганцю.....	46
3.5 Організація та витрати на виконання науково-дослідної роботи.....	47
3.5.1 Організація на виконання НДР.....	48
3.5.2 Витрати на виконання НДР.....	50

3.6 Висновки.....	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	61
4.1 Характеристика потенційно-небезпечних та шкідливих чинників в лабораторії.....	61
4.2 Заходи з пожежної та техногенної безпеки.....	63
4.3 Природне та штучне освітлення.....	65
4.4 Розрахунок захисного заземлення та захисного відключення.....	66
4.5 Висновки.....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	74

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

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 ;

РКГ-75 – рудовідновна кругла герметична електропіч потужністю 75 МВА відповідно;

МнС17Р50, МнС17Р40, МнС17Р35, МнС17Р30, МнС17Р25 та МнС17Р20 – силікомарганець з вмістом кремнію 17% та фосфору 0,5%, 0,4%, 0,35%, 0,3%, 0,25% та 0,2% відповідно;

АТ – акціонерне товариство;

ВАТ – відкрите акціонерне товариство;

НДР – науково-дослідна робота;

ФОП – фонд оплати праці;

ЗП – заробітна плата;

ЄСВ – соціальний внесок;

ППФО – податок на прибуток фізичних осіб;

КПО – коефіцієнт природного освітлення;

ВК – відключаюча катушка автоматичного вимикача;

РН – реле напруження;

НЗ – нульовий захисний провідник.

ВСТУП

На сьогоднішній день найважливішим шляхом підвищення конкурентоспроможності та збільшення обсягів виробництва металопродукції є економія сировини, палива і енергії, застосування ресурсозберігаючих маловідходних технологій, зниження матеріалоємності та залучення в переділ вторинних ресурсів, раніше не використовуваних відходів виробництва. Тому у феросплавному виробництві, зокрема при виплавці силікомарганцю, одним з шляхів пошуку більш економічно вигідної вхідної сировини є використання у шихті замість доломіту оксидів лужних металів.

Відомо, що складові елементи пегматиту, порівняно з кварцитом [1] – [4], володіють меншою енергією кристалічної решітки, тому композиційне поєднання в пегматиті кремнезему і оксидів лужних металів дозволяє використовувати його при виплавці силікомарганцю як комплексний шихтовий матеріал замість доломіту і кварциту. Аналіз впливу оксидів лужноземельних та лужних металів на процеси відновлення марганцю і кремнію при виплавці марганцевих сплавів [5]–[8] показав на актуальність дослідження кінетики відновлення силікомарганцевих шихт, що містять пегматит.

Мета і задачі роботи. Розробка технології виплавки силікомарганцю з використанням у шихті пегматиту.

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

- проаналізувати сучасний стан виробництва силікомарганцю та встановити основні напрями вдосконалення технології його виплавки;
- провести дослідження кінетики відновлення силікомарганцевих шихт, які містять пегматит;
- провести дослідження технології виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту;
- провести дослідження фазового складу шлаків силікомарганцю;
- проаналізувати потенційно-небезпечні та шкідливі фактори в процесі

виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту.

Об'єкт дослідження: марганцевий агломерат та концентрат, кварцит, доломіт, пегматит, силікомарганець марки МнС17.

Предмет дослідження: технологія виплавки феросилікомарганцю марки МнС17 з використанням у шихті пегматиту.

Методи дослідження: дослідження хімічного складу шихти для виплавки силікомарганцю проводили за допомогою хімічного аналізу; гранулометричний склад шихти визначали за допомогою ситового аналізу; обробку експериментальних даних проводили з використанням персонального комп'ютера.

Наукова новизна одержаних результатів. Розроблено технологію виплавки феросилікомарганцю марки МнС17 з використанням лужного флюсу пегматиту в кількості 30%, 60% та 100% відповідно.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідних випробувань можуть бути використані при виробництві феросилікомарганцю 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 досліджено особливості технології виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту [1, 2].

Апробація результатів роботи. Основні висновки та результати кваліфікаційної роботи магістра доповідалися та обговорювалися на: XXIV 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 2 публікаціях, серед них: 1 стаття у збірнику наукових праці магістрантів факультету металургії та 1 теза доповіді на конференцію.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання. Загальний обсяг роботи становить 78 сторінок, з них 19 таблиць, 17 рисунків, 50 джерел посилання.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Волошин І. І., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технологічних особливостей виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту. *Збірник наукових праць магістрантів факультету металургії*. Запоріжжя: П ЗНУ. 2019. Випуск 1 (15). С. 54–60.

2. Волошин І. І., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технології виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту. Матеріали ХХІV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.). Том І. Металургія як основа сучасної промисловості. Запоріжжя: П ЗНУ. 2019. С. 35–36.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛКОМАРГАНЦЮ

1.1 Актуальність проблеми удосконалення технології виробництва феросилікомарганцю

На сьогоднішній день високий рівень ресурсо- та енергоспоживання визначає велику залежність феросплавних підприємств від отримання електроенергії, коксу, марганцевої руди, а з другого боку, феросплави є переробною продукцією і рівень їх споживання залежить від загального стану металургійного комплексу.

Одним з ключових пріоритетів стратегії України є економічний зріст та основи збалансованого розвитку економіки, ефективного використання науково-технічного потенціалу країни та регіону. Економічний зріст цілком можливий, але він може бути тільки на основі інтенсивного технічного і технологічного оновлення виробництва.

Об'єм виробництва феросплавів знаходиться в прямій залежності від потужності електропечей. В останній час важливішим напрямком технічного прогресу у виробництві феросплавів є збільшення потужності плавильних агрегатів. Збільшення потужності плавильних агрегатів значно підвищує продуктивність праці, знижує питому витрату електроенергії, капітальні і експлуатаційні витрати [9, 10].

Конструкції сучасних печей неможливо розглядати окремо від технологічних процесів які проходять в них. На перший погляд рудотермічна або рафініровочна плавки уявляються не складними. У більшості випадків піч працює безперервно або періодично. Однак це тільки зовнішні ознаки. У ванні печі, проходять різні хімічні та фізичні перетворення, змінюється фазовий стан (твердий, рідкий та газоподібний), протікають багаточисельні та складні реакції.

Найважливішим резервом підвищення продуктивності праці й розвитку

виробництва є економія сировини, палива і енергії, застосування ресурсозберігаючих маловідходних технологій, зниження матеріалоемності й залучення в переділ вторинних ресурсів, раніше не використовуваних відходів виробництва.

Проблема раціонального використання марганцю, віднесеного у світовій металургійній практиці до стратегічних металів, придбала народногосподарську значимість. Поставлені завдання більш ефективного використання марганцевосировинних ресурсів нашої країни шляхом подальшого розвитку фундаментальних досліджень і на їхній основі – створення й впровадження у виробництво принципово нових і вдосконалення діючих технологічних схем і процесів, що забезпечують мало- і безвідходні технології видобутку, збагачення, металургійного переділу марганцевих руд і концентратів і ефективного використання сплавів марганцю в сталеплавильному виробництві й кольоровій металургії [10].

1.2 Технологія виробництва марганцевих сплавів

1.2.1 Виробництво феросилікомарганцю

Феросилікомарганець є комплексним розкислювачем, широко використовуваним при виплавці сталі в кисневих конвертерах, електричних і мартенівських печах.

За хімічним складом феросилікомарганець повинен задовольняти вимогам ДСТУ 3548-97 [11]. Верхня межа допустимого вмісту фосфору дорівнює 0,60 %.

Оскільки вживані марганцеві оксидні концентрати I і II сортів мають високий питомий вміст фосфору, в даний час основна кількість (~70 %) феросилікомарганцю виплавляється з вмістом фосфору >0,45 %. В разі виплавки сплаву з вмістом фосфору до 0,45 % у шихту необхідно вводити дорогий низькофосфористий шлак. Додавання цього шлаку до вихідних

марганцевих концентратів навіть в порівняно невеликих кількостях значно підвищує собівартість сплаву і знижує рентабельність виробництва.

Феросилікомарганець отримують в рудовідновних прямокутних закритих електропечах типу РПЗ-48, РПЗ-63І1, РПЗ-63 і РПЗ-63М2 (трансформатори потужністю 48 МВА та 63 МВА) і круглих закритих печах типу РКЗ-16,5 (потужність трансформатора 16,5 МВА), а також в круглих герметичних печах РКГ-75 (трансформатори потужністю 75 МВА). Добове виробництво феросилікомарганцю в печі РПЗ-63 при підвищеній якості марганцеворудної сировини може досягати меж від 320 т до 340 т і більше. Електропечі типу 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 багатокомпонентним 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. 1.1).

Оскільки утворення стандартного по кремнію 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 карбїду. У зоні високих температур помітний розвиток отримує реакція відновлення кремнезему. Наявність металевого розплаву полегшує процес відновлення кремнію за реакцією:

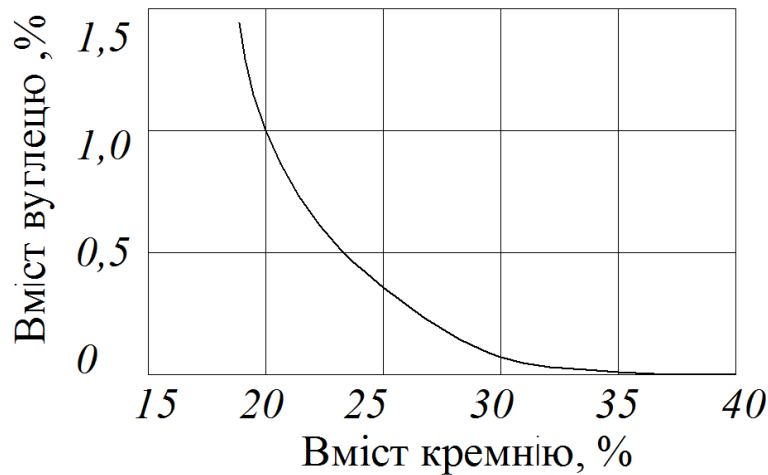
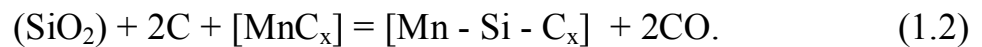


Рисунок 1.1 – Залежність вмісту вуглецю у феросилікомарганці від вмісту в ньому кремнію



і утворення феросилікомарганцю, що може бути описане хімічною схемою:



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 труботічкам з бункерів. При пониженому вмісті кремнію в сплаві склад шихти корегується добавкою кварциту з коксом, а в разі підвищеної концентрації кремнію – марганцевого концентрату з коксом. Витрата шихтових матеріалів приведена в табл. 1.1.

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

Таблиця 1.1 – Витрата шихтових матеріалів для виплавки феросилікомарганцю

Марка сплаву	Склад колоші, кг/співвідношення					
	марганцевий агломерат II сорт	марганцевий концентрат II сорт (сухий)	шлак мало-фосфористий передільний ШМП 78	карбонатна руда (суха)	кварцит	коксик сухий
МнС17Р50	(50%) 300/1,00	(50%) 340/1,13	-	-	100-140 0,33-0,47	150-180 0,5-0,6
	(40%) 300/1,00	(60%) 575/1,92	-	-	110-145 0,37-0,48	150-180 0,5-0,62
	(30%) 300/1,00	(70%) 785/2,62	-	-	130-140 0,43-0,47	190-240 0,63-0,80
	(20%) 300/1,00	(60%) 1010/3,37	-	(20%) 450/1,50	220-230 0,73-0,77	200-210 0,67-0,70
МнС17Р40	(25%) 175/0,58	(40%) 315/1,05	(35%) 300/1,00	-	40-50 0,13-0,17	120-145 0,4-0,48
	або суміш: 490/1,63					
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					

проводиться по труботічкам через завантажувальні лійки.

Труботічки 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.

Нормальна робота печі характеризується наступними ознаками:

- рівномірним сходом шихти в завантажувальних лійках;
- глибокою стійкою посадкою електродів при заданій потужності печі;
- оптимальна довжина робочого кінця електроду має бути в межах від 2,7 м до 2,8 м;
- 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; H₂ - не більше 8%; O₂ - не більше 1%.

Кількість колошникового газу для печей типа РПЗ і РПГ до 8000 м³/год.

Порушеннями процесу є:

- висока посадка електродів;
- низька посадка електродів з втратою струмового навантаження;
- недолік відновника;
- зависання шихти в завантажувальних лійках;
- нерівномірний вихід металу і відсутність виходу шлаку;
- зростання тиску газів під склепінням печі;
- просідання гарнісажу у льотки.

Розподіл елементів між продуктами плавки феросилікомарганцю і питома витрата шихтових матеріалів приведені в табл. 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.2 – Розподіл елементів між продуктами плавки феросилікомарганцю

Елемент	Переходить, %		
	у сплав	у шлак	в ульот
Mn	75	Mn	75
Si	40	Si	40
P*	80	P*	80

* - Експериментально встановлено, що частина фосфору випаровується

Таблиця 1.3 – Питома витрата шихтових матеріалів і електроенергії при виплавці феросилікомарганцю (у перерахунку на базову тунну [Mn] + [Si] = 82 %)

Показник	АТ«Нікопольський завод феросплавів» (РПЗ-63)	АТ«Запорізький завод феросплавів» (РКЗ-16,5)	ВАТ «Стахановський завод феросплавів» (РКЗ-16,5)
Питома витрата матеріалів, кг/т:			
– концентрату марганцевого	-	92	500
– агломерату марганцевого	-	2056	1415
–шлаку малофосфористого	1780	339	36
– кварциту	350	386	335
– відходів феросилікомарганцю	274	—	—
– коксу	462	488	433
– електродної маси	26	32	31
Витрата електроенергії, кВт·год/т	3930	3843	4176

Випуск металу проводиться у футерований ківш, а шлак перетікає в сталеві ковші, встановлені каскадно.

Тривалість випуску для нормально працюючої печі встановлюється від 15 хв. до 20 хв. Випускають сплав і шлак кожні 2 години. Температура металу на випуску від 1500 °С до 1550 °С. Ковші з металом і шлаком викочують в розливний проліт. Перед розливанням сплаву зливають шлак з ковша так, щоб виключити втрати феросилікомарганцю. Шлак, який залишився в ковші над металом, густішають піском з метою запобігання попаданню кислого шлаку в злитки сплаву при розливанні.

Феросилікомарганець розливають на розливних машинах в злитки вагою від 40 кг 50 кг або через приймач-копильник в чавунні виливниці пошарово.

Відвальний шлак феросилікомарганцю має наступний хімічний склад: від 48% SiO₂ до 52%; від 10% Mn до 12% Mn; від 12% CaO до 14% CaO; від 2% MgO до 3% MgO; від 7% Al₂O₃ до 8% Al₂O₃; від 0,002% P до 0,003% P, від 0,5% S до 0,7% S. Кратність шлаку становить від 0,6 до 0,7 [12]-[15].

1.2.2 Основні напрями вдосконалення технології виплавки силікомарганцю

Аналіз даних матеріального балансу виплавки силікомарганцю найбільш масової марки MnC17 показує, що витягання марганцю в сплав складає від 72 % до 75 %, а кремнію від 40 % до 45 % при практично повному (від 80 % до 85 %) переході фосфору в сплав (табл. 1.4). Встановлено, що для шихтових матеріалів оптимальна основність шлаку силікомарганцю знаходиться в межах від 0,17 до 0,19.

Таблиця 1.4 – Розподіл елементів між продуктами плавки силікомарганцю

Елемент	Переходить, %		
	у сплав	у шлак	у відліт
Mn	75	17	8
Si	40	50	10
P	80	4	16

Для забезпечення в сплаві від 17 % Si до 20 % Si шлаки силікомарганцю повинні мати насичену концентрацію кремнезему (від 47 % SiO₂ до 49 % SiO₂), тому відвальні шлаки силікомарганцю з меж від 13 % Mn до 15 % Mn і від 47 % SiO₂ до 49 % SiO₂, за хімічним складом близькі до рівноважних. Для підвищення витягання марганцю і кремнію в силікомарганець рекомендовані для впровадження технологічні заходи, виплавки силікомарганцю, що істотно покращують техніко-економічні показники.

Оксиди лужних металів істотно знижують в'язкість розплаву в

температурному інтервалі від 1400 °С до 1600 °С (рис. 1.2), Na_2O і K_2O прискорюють процеси відновлення оксидів вуглецем і покращують горіння електричної дуги у ванні печі, тому рекомендується вводити до складу шихти лужні алюмосилікати (пегматит, лужні граніти, відходи збагачення вугілля на коксохімічних заводах).

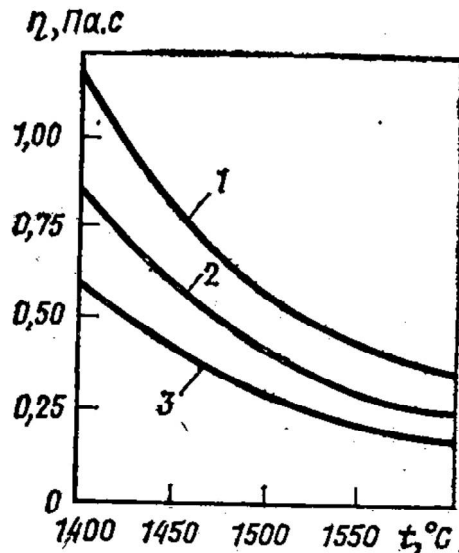


Рисунок 1.2 – Залежність в'язкості шлаку силікомарганцю (від 16% MnO до 17 % MnO , від 49 % SiO_2 до 50 % SiO_2) від температури при концентрації $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ рівної 4,7 (1); 7,4 (2) і 15,3 (3)

Нині запропоновано використовувати при виплавці силікомарганцю замість кварциту лужний алюмосилікат - туф (67% SiO_2 ; від 7 % $\Sigma(\text{NaO} + \text{K}_2\text{O})$ до 9 % $\Sigma(\text{NaO} + \text{K}_2\text{O})$ Артицького родовища (Вірменія) [5].

В порівнянні із звичайною технологією продуктивність печі типу РКЗ-16,5 підвищилася на 5 %, питома витрата електроенергії знизилася на 3 %, вилучення марганцю в сплав збільшилося на 2,5 % і кремнію на 5 %. Разом з туфом, пегматитом можна використовувати трахіт (від 8 % K_2O до 10 % K_2O , 2 % Na_2O , 15 % Al_2O_3 , SiO_2 - інше.).

Показана також доцільність застосування малофосфористого шлаку з підвищеним вмістом оксидів Na_2O і K_2O , отриманого із застосуванням пегматиту, для виробництва силікомарганця. Виплавлений в печі РКЗ-16,5

шлак з використанням пегматиту (70% SiO_2 ; 16,8% Al_2O_3 ; 9,4% ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) мав склад: 47,5 % Mn; 24 % SiO_2 ; 4,5 % Al_2O_3 ; 3,4 % ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) і 0,011 % P). При виплавці з вмістом фосфору 0,25 % і 0,35 % і використанням у складі шихти такого малофосфористого шлаку витягання марганцю підвищується від 12% до 15 %, продуктивність печі - на 10 %, питома витрата електроенергії знижується [13].

1.3 Загальна характеристика пегматиту

Пегматит (рис. 1.3) – гірська порода, що відноситься до класу магматичних та є продуктом кристалізації силікатних розплавів і має кристалічну будову [3]. Хімічний склад та характеристика гранітних пегматитів деяких родовищ України приведений в табл. 1.5 та 1.6.



Рисунок 1.3 – Гранітний пегматит

На території Українського кристалічного щита відомо близько 40 пегматитових родовищ, основні з яких зосереджені в трьох районах: Волинському, Дніпропетровському і Бердянському [4].

Таблиця 1.5 – Хімічний склад гранітних пегматитів

Родовище	Вміст компонентів, %						
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
Єлісєєвське	67,11	18,43	0,10	0,22	0,04	12,16	1,68
Токаровське	71,90	18,04	0,09	0,89	0,32	8,41	-

Таблиця 1.6 – Характеристика гранітних пегматитів

Показник	Характеристика
Хімічний склад	Полевий шпат, кварц, слюда
Питома вага	2,5-2,7
Твердість міцність на стиснення	6,5-7,5
Міцність на стиснення	180-300 МПа
Температура плавлення	≈1300 0С
Текстура	Повнокристалічна або великокристалічна
Сяйво	Відсутнє
Окремість	Пластова
Електропровідність	Відсутня
Прозорість	Непрозорий
Колір	Світлий, строкатий та інші відтінки

Від типових магматичних порід, узагальнені мінеральні і хімічні склади яких по [4] приведені в табл. 1.7, пегматит відрізняється хімічним і, особливо, мінералогічним складом. Досліджувалися гранітні пегматити Єлісеєвського родовища (Запорізька область). Хімічний склад проб пегматитов узятих на різних ділянках кар'єру цього родовища, приведений в табл. 1.8.

Таблиця 1.7 – Середні хімічні склади деяких пошукових магматичних порід, %

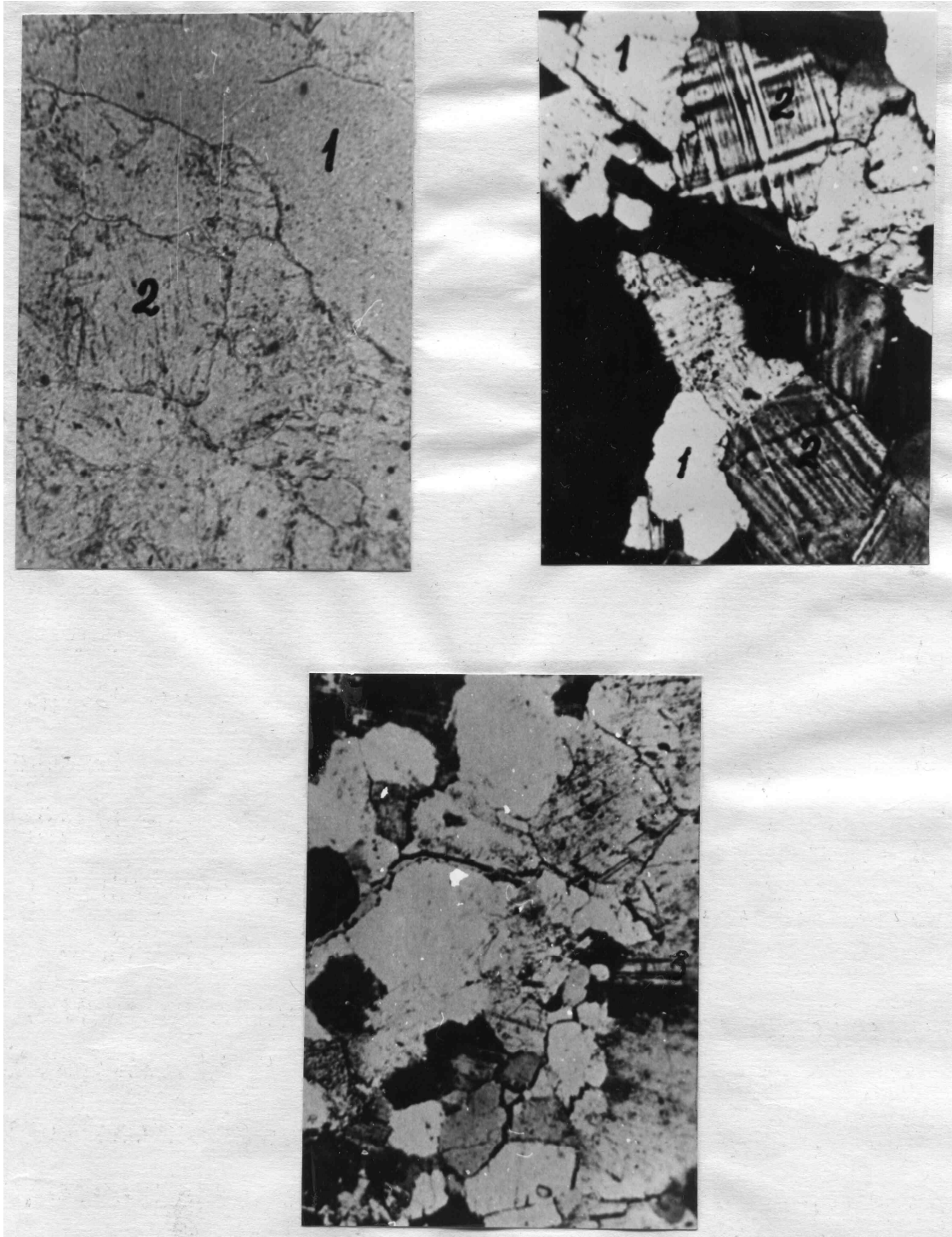
Компонент	Граніт	Сієніт	Діорит	Діабаз
SiO ₂	70,18	60,19	56,77	50,48
Al ₂ O ₃	14,47	16,28	16,67	15,34
Fe ₂ O ₃	1,97	2,74	3,16	3,84
CaO	1,99	4,30	6,74	8,94
Na ₂ O	3,48	3,98	3,39	3,07
K ₂ O	4,11	4,49	2,12	0,97
P ₂ O ₅	0,19	0,28	6,25	0,25

Таблиця 1.8 – Хімічний склад проб пегматитів

Номер проби	Середній хімічний склад, %						
	SiO ₂	Fe _{заг}	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P
1	74,2	0,70	14,2	0,85	2,9	4,2	0,093
2	69,7	0,73	16,5	0,71	10,0	1,2	0,085
3	73,1	0,75	15,4	0,80	4,2	4,4	0,093

Петрографічними дослідженнями встановлено, що пегматити цього родовища мають постійний склад, як по розмірах зерна, так і за вмістом в них

кварцу і полевошпатових мінералів. У всіх досліджених зразках полевошпатові мінерали переважають над кварцом. Так, проби 1-3 (табл. 1.5) представлені, в основному, мікрокліном (рис. 1.4), про що свідчить типова для нього гратчаста будова окремих кристалів, спостережувана в поляризованому світлі. Проба 2 представлена структурою ортоклазу (рис. 1.5).



1 – кварц; 2 – мікроклін

Рисунок 1.4 – Мікроструктура пегматиту (проби 1-3)



1 – кварц; 2 – ортоклаз; 3 – мусковіт

Рисунок 1.5 – Мікроструктура пегматиту (проба 2) (світло поляризоване)

Ортоклаз і мікроклін мають однаковий хімічний склад ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) і структуру, але відрізняються кристалографічними і кристалооптичними властивостями.

Мікроклін має цегляно-червоний колір. Питома вага становить від

2,54 г/см³ до 2,57 г/см³, твердість від 6 до 6,5, температура плавлення від 1200 °С до 1530 °С.

З другорядних мінералів в пегматите присутні мусковит ($\text{KA}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})\text{OH}$) і бістит ($\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})\text{OH,F}$). Мусковіт за кольором майже безбарвний, іноді з жовтуватим відтінком, будова пластинчаста. Бістит в загальній масі має чорне забарвлення, будова також пластинчасте.

В даний час пегматити є джерелом сировини для електроізоляторного і керамічного виробництв, а також початковим матеріалом для отримання слюди і головним постачальником таких елементів як литит, рубідит, цезит, берилит, ніобит, тантал та ін.

Використання в електроізоляторній і фарфорофаянсовій промисловості пегматитів тільки з високим відношенням $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ виключає з сфери застосування пегматити з нижчим відношенням, запаси яких, зокрема, в Елісеєвському родовищі переважає. Взагалі, на території пегматитових полів лише складає від 1% до 2% пегматитових жил представляють промисловий інтерес для вказаних вище галузей.

Залучення пегматиту до феросплавного виробництва дозволить підвищити ефективність експлуатованих пегматитових родовищ по всьому комплексу корисних копалини, що містяться в них.

Температура «плавлення» пегматитів складає від 1230 °С до 1300 °С.

Температура рідкої фази при плавленні пегматиту складає 1330 °С до 1360 °С. Різниця в даних температур пояснюється відмінностями в структурі пегматитів і вмістом в них летючих, які в значній мірі сприяють зниженню температури (від 200 °С до 350 °С).

Відомо, що луги, володіючи малими значеннями потенціалу іонізації (I), стабілізують горіння електричної дуги. Крім того, низькі низькі потенціали іонізації ведуть до утворення кристалічних решіток мінералів з малою енергією зв'язку. Так, значення енергії кристалічних решіток силікатів деяких мінералів показують, що чим більше відношення O/Si (4 у ортосилікатів) і ніж більше іонів O^{2-} зв'язано як Si-O-Me (у ортосилікатів такий зв'язаний весь кисень), тим

менше енергія ґрат, віднесена до 1 атома кисню. У міру просування до кварцу, в якому $O/Si=2,0$ і всіх зв'язках типу Si-O-Si, енергія, віднесена до одного атома кисню, росте.

Таким чином, по основних фізико-хімічних властивостях пегматит задовольняє не тільки у якості шихтового компоненту, але і має ряд переваг. Складові пегматит мінерали порівняно з кварцом володіють меншою енергією кристалічної решітки. Композиційне поєднання в пегматиті кремнезему і лужних оксидів дозволяє використовувати його як комплексний шихтовий матеріал замість доломіту і кварциту при виплавці феросилікомарганцю.

Виходячи з мінералогічного складу пегматиту його хімічний склад можна представити системою $SiO_2-K_2O-Al_2O_3$, в якій окрім польового шпату ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), є також потрійні з'єднання лейциту ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$) і $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ [1]-[4].

1.4 Висновки

1. Проаналізовано проблеми удосконалення технології виробництва феросилікомарганцю.

2. Розглянуто технологічні особливості та фізико-хімічні основи виробництва феросилікомарганцю.

2 ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ТА ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Матеріали та методика проведення дослідження

Дослідження кінетики відновлення силікомарганцевих шихт, що містять пегматит, проводили на установці з безперервною автоматичною реєстрацією ваги зразка в атмосфері аргону при 1550 °С. У якості базової (звичайної) шихти використовувалася шихта, що складалася з марганцевого концентрату, агломерату, кварциту, коксу і доломіту. У подальших дослідах доломіт з складу шихти був виключений повністю, а замість кварциту вводили пегматит в кількості 10%, 15%, 30% та 60% відповідно від ваги кварциту.

Досліди проводили в графітових тиглях, які закривалися кришками, що оберігало розплав від викидів і дозволяло підтримувати в тиглі тиск близько до 1 атм. По кривим «спад ваги – час», приймаючи теоретичний ступінь відновлення кремнію і марганцю за 100% і, вважаючи, що при цьому виділяється тільки СО, розраховували ступінь відновлення досліджуваних шихт.

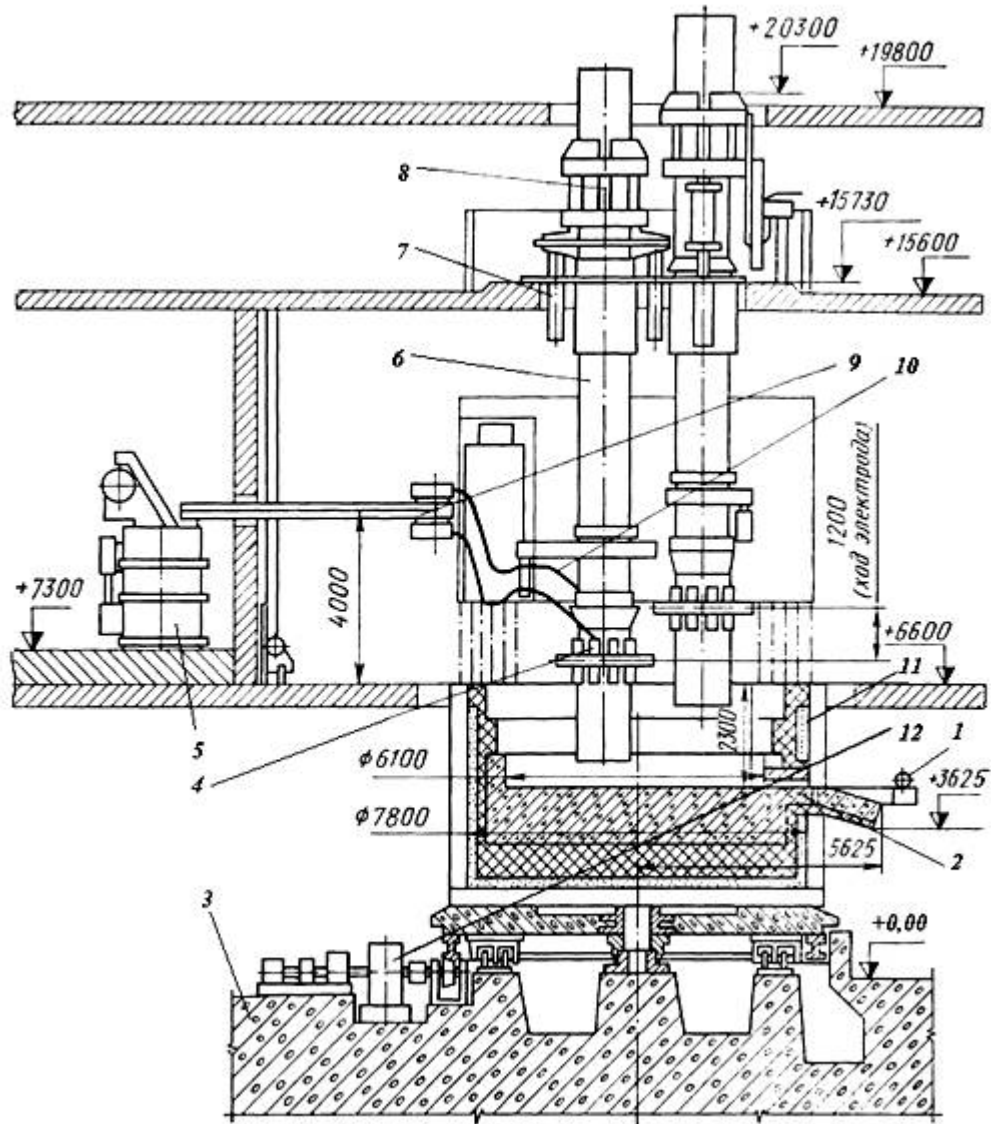
Виплавку силікомарганцю проводили в лабораторній печі з потужністю трансформатора 80 кВА (рис. 2.1) згідно чотирьох варіантів плавки (табл. 2.1):

- I-й варіант – плавка силікомарганцю на звичайній шихті;
- II-й, III-й та IV-й варіанти – плавка з використанням пегматиту замість кварциту в кількості 30%, 60% та 100% відповідно.

Доліт у варіантах II, III і IV з шихти був виключений повністю. Хімічний склад шихтових матеріалів (табл. 2.2) визначали за допомогою хімічного аналізу.

Робота печі по першому варіанту характеризувалася нестійким навантаженням на електродах і різними рівнями їх посадки. Активна зона сходу шихти позначалася лише поблизу електродів, причому схід шихти у кожного з електродів був нерівномірним. Розплав на випусках виходив поволі, з

«подщуровкою» льотки, оскільки її очко затягувалося шлаком.



- 1 – пристрій для пропалювання льотки; 2 – зливальний жолоб;
 3 – фундамент; 4 – електродний затискач із щоками;
 5 – трансформатор; 6 – несучий циліндр; 7 – гідропідйомник;
 8 – пристрій для перепуску електродів; 9 – коротка мережа;
 10 – струмопідвід; 11 – кожух печі; 12 – привід механізму
 обертання ванни

Рисунок 2.1 – Схема рудновідновлювальної лабораторної печі з
 потужністю трансформатора 80 кВА

Робота печі по четвертому варіанту характеризувалася стійким електричним режимом, глибокою посадкою електродів і рівним сходом шихти.

Таблиця 2.1 – Склад колоші за 4-ма варіантами виплавки силікомарганцю

Шихтові матеріали, кг	Варіант плавки			
	I	II	III	IV
Марганцевий агломерат	60	60	60	60
Марганцевий концентрат	86	86	86	86
Коксик	33	33	33	33
Кварцит	30	21	12	-
Доломіт	6	-	-	-
Пегматит	-	12	24	39

Таблиця 2.2 – Хімічний склад шихтових матеріалів, %^{х)}

Шихтові матеріали	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	P
Марганцевий агломерат	44,4	22,8	3,9	2,1	2,6	1,2	0,5	3,4	0,22
Марганцевий концентрат	44,2	15,7	3,8	2,0	2,47	1,9	0,6	1,8	0,204
Кварцит	-	97,0	0,3	0,3	1,1	-	-	1,0	-
Зола коксу	3,0	34,3	3,9	1,1	23,0	1,8	1,0	28,9	0,11
Доломіт	-	1,2	33,6	18,4	0,7	-	-	-	-
Пегматит	-	75,0	0,85	1,5	15,0	2,8	4,2	-	0,011

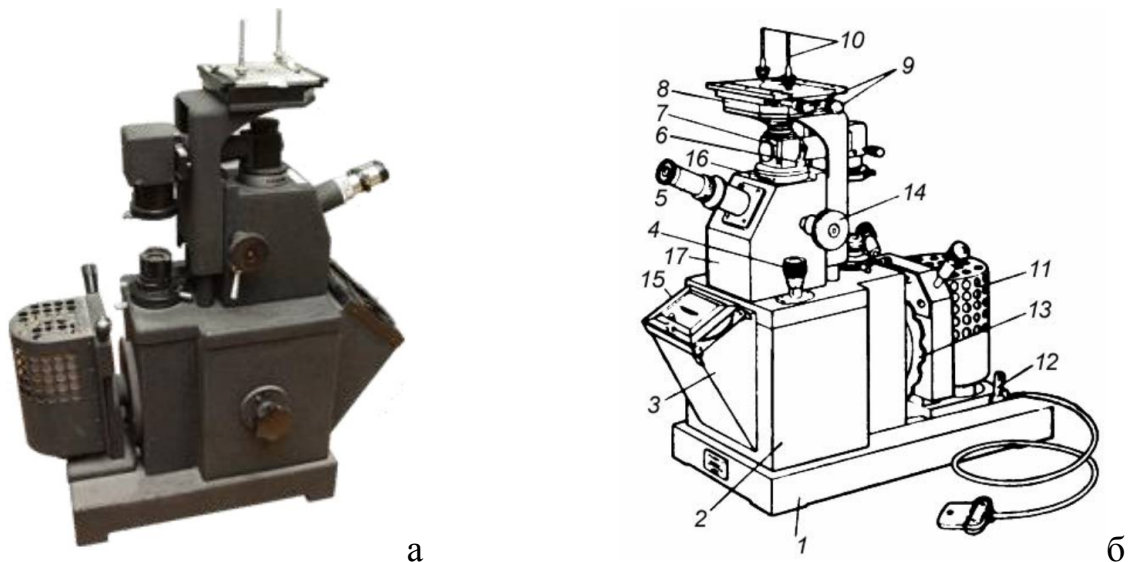
х) Вміст твердого вуглецю в коксі 84,5%.

І в цьому варіанті мало місце підвищення вмісту кремнію в металі. Кількість шлаку на випусках в порівнянні з третім варіантом зменшилася трохи. На випусках шлак був значно гарячіший і зовні відрізнявся від звичайного. Якщо звичайний шлак за кольором був темно-зеленим, то по четвертому варіанту – ясно-зеленим, по структурі не суцільним і щільним, а мав кристалічну структуру.

Мікроструктурний аналіз дослідних зразків звичайного шлаку силікомарганцю (I) та шлаку з підвищеним вмістом оксидів лужних металів (II) (табл. 2.3) проводила на оптичному мікроскопі МІМ-7 (рис. 2.2).

Таблиця 2.3 – Хімічний склад досліджуваних шлаків, %

№ зразка	Вміст компонентів, %							
	SiO ₂	Mn	MnO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
I	50,3	16,4	21,2	8,5	13,5	2,2	2,7	1,2
II	49,5	17,2	22,2	10,0	11,0	0,99	1,98	4,3



1 – підставка мікроскопа; 2 – корпус; 3 – фотокамера; 4 – баранчик мікрометричної подачі об'єктива; 5 – візуальний тубус ; 6 – рукоятка діафрагми темного поля ; 7 – ілюмінатор; 8 – предметний столик; 9 – рукоятки переміщення столика; 10 – клеми; 11 – освітлювач; 12 – рукоятка стопорного пристрою освітлювача; 13 – диск з набором світлофільтрів; 14 – рукоятка грубої подачі столика; 15 – матова платівка в рамці; 16 – аналізатор; 17 – корпус центральної частини

Рисунок 2.2 – Загальний вид (а) та схема (б) металографічного вертикального мікроскопу МІМ-7

Шліфування зразку проводили механічним способом на шліфувальному колі, що обертається. Полірування проводили суспензіями. Травлення мікрошліфу здійснювали хімічними травителями.

2.2 Висновки

1. Визначено методику дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту.

2. Визначено методику дослідження фазового складу шлаків феросилікомарганцю.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПЛАВКИ СИЛІКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕГМАТИТУ

3.1 Аналіз впливу оксидів лужних металів на процеси відновлення марганцю і кремнію вуглецем

Аналіз багатьох досліджень лужних металів показують здатність, прискорити відновні процеси. Наприклад, міра відновлення ільменіту з шихти, що містить лужні оксиди, набагато вище, ніж звичайної. Також значно швидше протікає відновлення хрому, заліза, марганцю і інших металів з оксидів і силікатів при введенні в шихту хлористого калію [16].

Виходячи з іонної провідності розплавів $MnO - SiO_2$, відновлення марганцю автори [17, 18] розглядають як суму процесів:



де лімітуючими є перша стадія, контрольована десорбцією поверхневих з'єднань кисню з вуглецем. Реакції протікають при цьому в кінетичному режимі і зміна швидкості реакції (V) із зростанням температури задовільно описується рівнянням з енергією активації сумарного процесу $E=49000$ кал/моль:

$$V = (K_p A_{MnO} A_C / A_{Mn} P_{CO})^x, \quad (3.4)$$

де K_p - константа рівноваги реакції відновлення Mn вуглецем.

Оскільки величина ($E=49000$ кал/моль) близька до значення E реакції

газифікації вуглецю вуглекислою, то це свідчить про взаємодію з участю газової фази, і тому активування тиглів парами соди в значній мірі каталізує процес відновлення [17].

Введення каталізаторів безпосередньо в розплав не впливає на швидкості відновлення, що підтверджує кінетичний режим і вказує на провідну роль газифікації в сумарному процесі [18].

Для з'ясування впливу домішок на швидкість окислення вуглецю автором [8] проведені дослідження з активізованими вугільними і графітовими анодами. Встановлено, що добавки вуглекислого натрію при $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ збільшують струми обміну з 22 mA/cm^2 до 73 mA/cm^2 на вугіллі та з 4 mA/cm^2 до 53 mA/cm^2 на графіті. Таким чином, роботи автора [19] показують, що лімітуючою ланкою в процесі горіння вугілля в шлаку є десорбція продуктів горіння, а на розряд іонів кисню і збільшення швидкості взаємодії активованих вуглецевих матеріалів з шлаковим розплавом викликано зменшенням енергії активації десорбції молекул окислу кисню.

Обширні дослідження по впливу добавок вуглекислих солей лужних металів на інтенсифікацію процесів відновлення марганцю представлено авторами в роботах [20, 21]. Механізм прискорюючої дії лугів на відновлення марганцю і кремнію з силікатів розплаву автори [5] пояснюють руйнуванням в шлаковому розплаві зв'язків і утворенням зв'язків, поява яких полегшує переміщення часток, викликає зниження в'язкості розплаву і прискорення відновлення з нього марганцю і кремнію.

Враховуючи підвищену реакційну здатність інпрегованих лугами коксу пропонуються і практичні шляхи інтенсифікації відновних процесів в металургійних агрегатах, що зводяться в основному до активування коксу різними з'єднаннями лужних металів. Окрім цього обробка коксу розчином натрієвого скла підвищує електроопір коксу і покращує показники виробництва феросплавів в електропечах [22].

В той же час прискорююча дія лугів має місце і при відновленні оксидів металів воднем і у ряді випадків швидкість відновлення воднем у присутності

солей лужних металів вища, ніж вуглецем.

Добавки KOI прискорюють відновлення Fe_2O_3 також окислом вуглецю, що свідчить про каталізуючу дію мінеральних домішок, як на реакційну здатність відновлення, так і на відновлюваність окислу заліза [23].

Введення лужних добавок в агломераційну шихту підвищує швидкість агломерації, міцність шматків і продуктивність процесу на 15 % [24].

Таким чином, здатність лугів прискорити відновні процеси носить складний багатofакторний характер і залежить від вигляду і способу введення лужних з'єднань в шихту.

Так як основу виробництва марганцевих сплавів складають складні шлакові системи і відновні процеси, що протікають в них, дослідження впливу лугів мають бути направлені на вивчення закономірностей відновлення марганцю і кремнію з цих систем вуглецем, що можливо, розглянувши поведінку різних з'єднань лужних металів в умовах електроплавлення.

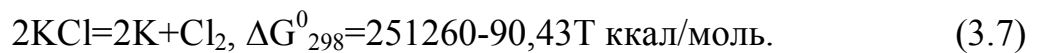
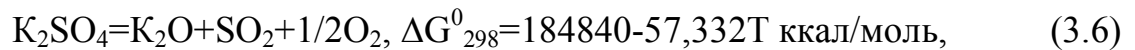
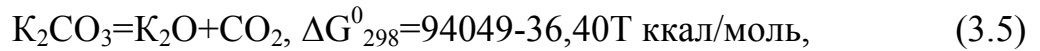
Наявність лугів у ванні закритих печей, що виплавляють марганцеві сплави, виявляється і при звичайній технології їх виплавки. Луги, що поступають в піч вигляді різних з'єднань, переважно переходять в шлак, частково віддаляються з газами, що відходять, і осідають на шихтових матеріалах у верхній частині колошнику печі, а також газоходах. Так вміст лугів в шлаках феросилікомарганцю складає від 1,5 % до 2,0%, а в димових газах феросилікомарганцю – від $0,1 \text{ мг/м}^3$ газу до $0,3 \text{ мг/м}^3$ газу.

Вносяться луги в піч марганцеворудною сировиною і золою коксу. Вміст лужних оксидів в марганцевих концентратах різних родовищ і золі коксу різних постачальників непостійний і коливається в межах від 1,8 % до 2,5% в марганцеворудній сировині і від 0,7% до 2,5% в золі коксу.

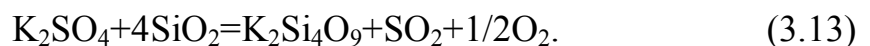
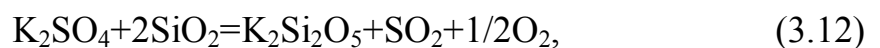
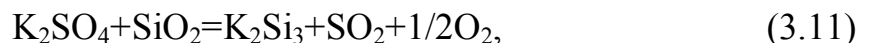
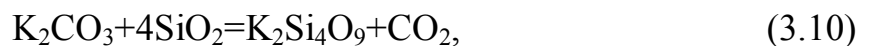
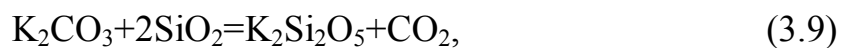
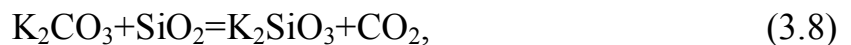
Розглянемо поведінку лугів виходячи з умов, що вони в марганцеворудній сировині і золі коксу присутні у вигляді карбонатів, хлоридів і сульфідів. Таке припущення допустиме, оскільки названі з'єднання найширше поширені, а друге – саме ними доцільно активувати вуглецеві відновники. Переважають в шихті і шлаку феросилікомарганцю з'єднання калію над

натрієм, але їх подібність і поведінка в печі дозволяють розглядати з'єднання калію.

Розкладання соди, сульфїду і хлориду калію на оксиди і елементи, використовуючи дані [25], виразимо наступними реакціями:



Оскільки в шихті феросилікомарганцю в значних кількостях присутній кремнезем, розглянемо взаємодію:



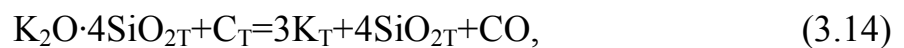
Значення ΔH_T та ΔG_T для приведених вище реакцій в інтервалі від 298 °С до 1800 °С розраховані авторами [26]. Згідно з цими даними, в системі $\text{K}_2\text{CO}_3\text{-SiO}_2$ температури початку реакцій (3.8)-(3.10) складають 400 °С, 560 °С і 690 °С відповідно. У системі $\text{K}_2\text{SO}_4\text{-SiO}_2$ реакція (3.11) стає термодинамічно

можливою лише починаючи з 1620 °С, реакція (3.12) – 1700 °С, а реакція (3.13) в цьому інтервалі температур неможлива.

Оскільки основним постачальником сірки в шлак феросилікомарганцю є кокс, то слід вважати, що луги в золі коксу присутні у вигляді сульфатів, а в марганцевій сировині – у вигляді карбонатів. Термодинамічний аналіз реакцій (3.8)-(3.13) показує, що взаємодія в системі $K_2SO_4-SiO_2$ вимагає значно вищих температур, чим взаємодія карбонатів з кремнеземом і тому сульфати, мабуть, переходитимуть в основному в шлак, підвищуючи вміст в нім лугів і сірки.

Зважаючи на меншу стійкість карбонатів лугів в умовах електроплавлення все повинно зводитися до визначення міцності їх силікатів. У реальній феросилікомарганцевій шихті є надлишок SiO_2 по відношенню до K_2O і тому, найбільшою стійкістю в шлаковому розплаві володітиме $K_2O \cdot 4SiO_2$, температура плавлення якого складає 1038 °С.

Чистий $K_2O \cdot 4SiO_2$ згідно наступної реакції відновлюється вуглецем при $P_{CO}=1$ атм. та $T \geq 1820$ °С :



$$\Delta G_{298}^0 = 180323 - 98,94T \text{ ккал/моль.}$$

Слабкий вплив надає на відновлення калію і вміст в шлаку MnO :



$$\Delta G_{298}^0 = 174343 - 95,345T \text{ ккал/моль.}$$

Проте у присутності CaO процес йде значно швидше вже при 1600 °С:



$$\Delta G^0_{298}=158683-98,984T \text{ ккал/моль.}$$

Таким чином, відновлення лугів і перехід їх в газову фазу походить з силікатів, що утворюються, у високотемпературних горизонтах печі.

Відновлення калію і натрію у присутності вуглецю і азоту, вміст якого в колошниковому газі складає від 1,5 % до 3,5%, може супроводитися утворенням ціанідів лужних металів:



$$\Delta G^0_{298}=-3620+4,15T \text{ ккал/моль.}$$

Утворення ціанідів може відбуватися, в основному, у верхніх горизонтах печі, чому сприяє тут висока активність азоту і вуглецю.

За наявності вільного SiO_2 , а також вуглекислоти стійкість ціанідів втрачається:



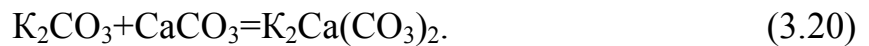
$$\Delta G^0_{298}=-109880+18,97T \text{ ккал/моль,}$$



$$\Delta G^0_{298}=23459-53,665T \text{ ккал/моль}$$

З вище приведених реакцій видно, що вірогідніше утворення K_2CO_3 , чим $K_2O \cdot 4SiO_2$.

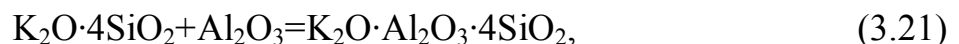
Карбонати, що утворюються, виносяться з печі з пилом, а також осідають на газоходах печі і холодній шихті. У верхніх горизонтах печі карбонати лугів можуть також реагувати з флюсами, наприклад:



Температура плавлення карбонату калію складає від 780 °С до 800 °С. Володіючи великою рідкотекучістю він легко проникає в пори кускової шихти, викликаючи її спікання на колошнику, а також тріщини у футеруванні печі, що наводить до її руйнування.

Таким чином, розкладання розглянутих з'єднань лужних металів у високотемпературних зонах печі та їх регенерація в різних видах у верхній частині колошника може наводити до циркуляції і накопичення лугів у ванні печі. Особливо інтенсивне розкладання лугів відбувається у присутності основних оксидів. Підтвердженням цьому є у багато разів більше, ніж при виплавці феросилікомарганцю, вміст лугів в колошниковому пилі і шлаках вуглецевого феромарганцю, де як флюс використовують сирий вапняк. Так, якщо вміст лужних з'єднань в шлаках феросилікомарганцю практично таке ж, як і в марганцевих концентратах, то шлаки феромарганцю містять від 3,5% до 11% лугів.

Утрудняє відновлення лугів їх перехід в газову фазу і регенерація у присутності глинозему. Це пояснюється здатністю лужних силікатів утворювати з глиноземом лужні алюмосилікати, відновлення лугів з яких вимагає досить високих температур:



$$\Delta G_{298}^0 = -12520 - 11,95T \text{ ккал/моль.}$$

В цьому випадку луги практично повністю переходять в шлак.

Таким чином, оцінюючи вплив оксидів лужних металів на вуглецьвідновні процеси можна відзначити, що їх прискорення обумовлюється, в основному, наявністю в золі коксу лужних з'єднань, що переходять головним чином в шлак. Пари лужних металів, змінюючи параметри кристалічної решітки коксу, впливатимуть як на вугільне футерування печі, так і на електроди, що самоспекаються, руйнуючи їх. Тому лугу необхідно мати в

шлаковій фазі, де їх позитивний вплив зводиться до зміни структури шлаку, поліпшення його фізичних властивостей, кінетичних закономірностей відновлення провідних елементів і формування металевої фази.

У якості матеріалів, які містять луги, можуть служити лужні алюмосилікати, що полягають основу таких гірських порід як пегматит, перліт та інші з яких, помітного відльоту лугів в умовах електроплавлення не відбувається і вони практично повністю переходять в шлак.

3.2 Дослідження кінетики відновлення феросилікомарганцевих шихт, що містять пегматит

Для вивчення впливу лужних оксидів на процес відновлення марганцю і кремнію при виплавці феросилікомарганцю лугу вводили пегматитом (72,1% SiO_2 ; 9,0% K_2O і 15,6% Al_2O_3) безпосередньо в шихту.

При дослідженні кінетики відновлення феросилікомарганцевих шихт, що містять пегматит, було проведено п'ять дослідів:

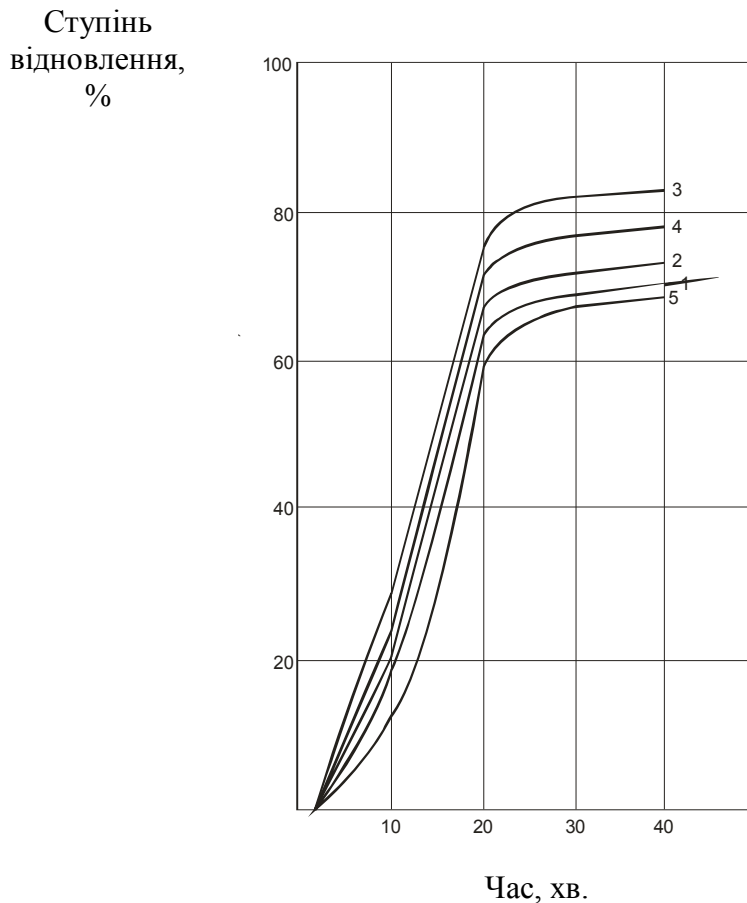
- дослід 1 – базова шихта;
- дослід 2 – феросилікомарганцева шихта з вмістом пегматиту 30%;
- дослід 3 – феросилікомарганцева шихта з вмістом пегматиту 10%;
- дослід 4 – феросилікомарганцева шихта з вмістом пегматиту 15%;
- дослід 5 – феросилікомарганцева шихта з вмістом пегматиту 60%.

Згідно кривим «спад ваги – час» приймали, що теоретичний ступінь відновлення кремнію і марганцю складав 100%.

Експериментальні дослідження кінетики відновлення феросилікомарганцевих шихт, що містять пегматит (рис. 3.1) показують, що заміна в шихті лужноземельних оксидів (CaO і MgO) на лужні оксиди (Na_2O і K_2O) сприяє прискоренню кінетики сумісного відновлення марганцю і кремнію вуглецем.

Так феросилікомарганцева шихта з вмістом пегматиту 10% має ступінь відновлення рівний 83% (рис. 3.1, крива 1), а збільшення вмісту пегматиту у

шихті до 60% (рис. 3.1, крива 5) призвело до зниження ступеня відновлення до 68%.



- 1 – базова (звичайна) шихта з доломітом;
- 2 – шихта з вмістом пегматиту 30%;
- 3 – шихта з вмістом пегматиту 10%;
- 4 – шихта з вмістом пегматиту 15%;
- 5 – шихта з вмістом пегматиту 60%

Рисунок 3.1 – Кінетика відновлення феросилікомарганцевих шихт, що містять пегматит

Дещо інші результати були отримані з аналогічними кількостями в шихті пегматиту, але не ті, що містять марганцевого агломерату, а тільки концентрат [6]. Так, найбільший ступінь відновлення мала шихта, що містить 10% пегматиту. При 60% пегматиту шихта мала ступінь відновлення, рівний початковій, і лише при вмісті пегматиту 85% і 100% ступінь відновлення шихти порівняно з початковою знизився до 71,3%. Це ще раз підтверджує, що ступінь

відновлення шихти залежить від якості вживаної сировини і кількості пегматиту в шихті і може бути встановлений тільки дослідним шляхом.

Зниження в обох варіантах ступеня відновлення шихт із збільшенням в них частки пегматиту проти певної кількості пояснюється зміною складу розплаву і утворенням в нім високотемпературних лужних алюмосилікатів типу лейциту ($T_{пл}=1686\text{ }^{\circ}\text{C}$) і кальциту ($1755\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Стосовно умов електропечі це дозволяє підвищити температуру процесу і тим самим збільшити повноту відновлення марганцю і кремнію. Але, мабуть, це можливо при великих кількостях пегматиту в шихті, що з іншого боку викличе збільшення в шлаку вмісту глинозему, а, отже, і кратність шлаку.

Разом з поліпшенням кінетичних умов відновлення оксидів марганцю і кремнію оксиди лужних металів присутні у феросилікомарганцевому шлаку, знижують його в'язкість і забезпечують повніше осадження корольків металу з шлаку. Так, в роботі [7] встановлений істотний вплив оксидів лужних металів на в'язкість шлаків. У інтервалі температур від $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ в'язкість шлаку із вмістом K_2O рівним 4,7% складає $0,81\text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$, тобто знаходиться на рівні величини в'язкості промислових шлаків. Підвищення вмісту оксидів лужних металів до 7,4% дозволяє понизити в'язкість до $0,6\text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$, а при 15,3% - до $0,4\text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$, тобто майже в два рази в порівнянні з в'язкістю промислових шлаків.

Позитивний вплив лугів на в'язкість встановлений також і для шлаків з підвищеним вмістом глинозему. Для шлаків, що містять близько 13% Al_2O_3 , збільшується вміст лугів з 4,5% до 7,45% знижує в'язкість при $1450\text{ }^{\circ}\text{C}$ приблизно на 20%, а при вмісті в шлаку лугів на рівні 15,3% в'язкість знижується більш ніж на 35%.

Дослідженнями розподілу корольків в металу в «заморожених» шлакових чашах встановлено, що при звичайній технології на дні чаші утворюється шлакометалевий шар заввишки до 0,4м з крупними (більше 5мм) включеннями металу [8]. Насипна маса цього шару (фракція від 10 мм до 20 мм) складає в середньому $1746\text{ кг}/\text{м}^3$. В окремих випадках на дні чаші утворюється в

суцільний шар металу завтовшки до 35 мм. В середньому втрати марганцю у вигляді корольків складає 7,1 %.

На дослідних плавках з пегматитом висота шлакометалевого шару на дні частини не перевищувала 0,2 м. При цьому корольки, що мали розмір до 3 мм, не утворили єдиних скупчень металу. Насипна маса шлакометалевої суміші тієї ж фракції (від 10 мм до 20 мм) складала 1506 кг/м^3 , а вміст марганцю в ній був 23,4%. Середні втрати марганцю склали 1,2%.

3.3 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням в шихту пегматиту

При дослідженні технології виплавки феросилікомарганцю з використанням в шихту пегматиту використовувалися матеріали, описані у розділі 2.

Надходження в піч перших порцій шихти з пегматитом позначилося на вирівнюванні і деяким падінням струмкового навантаження на електродах.

Вміст кремнію в металі в порівнянні з першим варіантом дещо підвищився і був стабільнішим.

При 60% пегматиту в шихті від ваги кварциту також мало місце падіння струмкових навантажень на електродах. Абсолютний вміст кремнію в металі продовжував рости (табл. 3.1), кількість шлаку на випусках зменшилася і шлаки були більш рідкорухливими. Льотка після випуску була сухою та інтенсивно гасила. Збільшилася також площа сходу шихти, а газовиділення мали місце по всій поверхні колошнику.

Аналіз результатів дослідних плавок (табл. 3.1) показує, що із збільшенням в шихті частки пегматиту відношення сум лужних оксидів до кремнезему ($\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$) в шлаку також росте, а разом з цим підвищується витягання в сплав марганцю і кремнію. Так, якщо на звичайній шихті відношення $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ в шихті складало 0,107, то при повній заміні кварциту пегматитом – 0,181. При цьому витягання марганцю підвищилося на 5,8%, а

кремнію – 8,2%. Причому характер зміни витягання в сплав кремнію від відношення K_2O/SiO_2 в шлаку має пряmlinійну залежність (рис. 3.2).

Таблиця 3.1 – Основні технологічні показники виплавки силікомарганцю за різними варіантами

Показник	Плавка на звичайній шихті	Плавка з використанням в шихті пегматиту в кількості, %		
		30	60	100
1. Питома витрата, кг/баз.т:				
– марганцевої сировини	1875	1747	1730	1710
– кварциту	472	287	156	-
– коксу	520	448	426	418
– доломіту	94,3	-	-	-
– пегматиту	-	164	272	494
2. Витрата електроенергії, кВт·год./баз.т	4950	4673	4473	4462
3. Хімічний склад металу, %:				
– Mn	17,3	17,9	18,6	19,0
– Si	74,2	74,2	74,3	73,8
– P	0,36	0,37	0,36	0,37
4. Витягання в сплав, %:				
– Mn	72,9	75,4	77,6	78,7
– Si	41,4	44,0	47,3	49,6
– P	73,5	77,1	78,5	82,0
5. Хімічний склад шлаку, %:				
– Mn	16,3	17,8	16,2	16,5
– SiO_2	46,3	44,2	42,3	40,4
– CaO	13,8	13,4	13,0	13,1
– MgO	5,2	4,6	4,6	5,1
– Al_2O_3	7,0	8,4	10,0	10,9
– K_2O	4,9	5,9	6,8	7,3
6. Кратність шлаку	0,985	0,850	0,735	0,700
7. Співвідношення між оксидами в шлаку:				
– $CaO+MgO/SiO_2$	0,411	0,362	0,417	0,450
– K_2O/SiO_2	0,107	0,133	0,161	0,181
– K_2O/Al_2O_3	0,708	0,698	0,68	0,670

Також спостерігається малоасимптотична зміна кривій залежності ступеня переходу в шлак кремнію (рис. 3.3). Пояснюється це, перш за все, специфічною структурою пегматиту, що становлять мінерали якого, характеризуються меншою порівняно з чистим SiO_2 енергією кристалічної решітки.

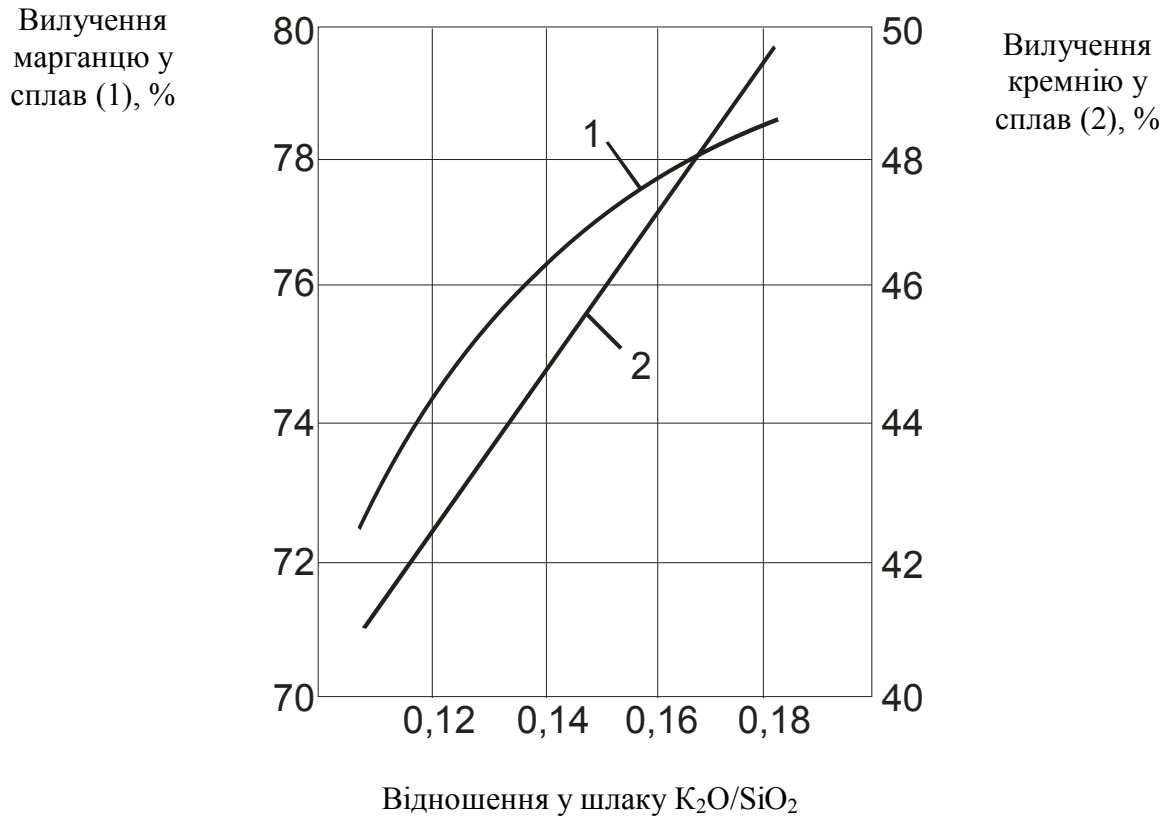
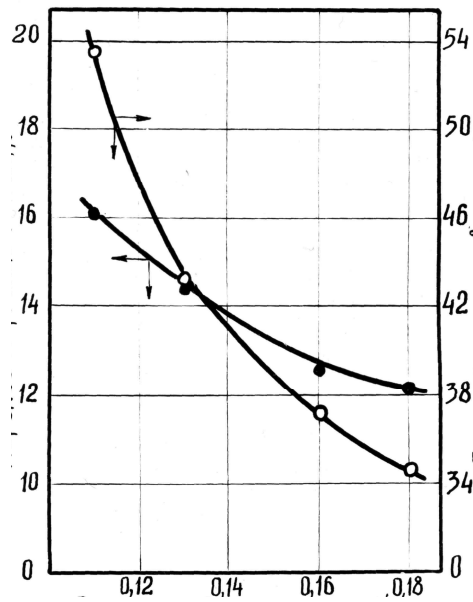


Рисунок 3.2 – Залежність витягання в сплав марганцю і кремнію від відношення в шлаку K_2O/SiO_2

Декілька відрізняється від кремнію характер кривих переходу в сплав (рис. 3.1) і шлак (рис. 3.2) марганцю від відношення в шлаку K_2O/SiO_2 . Так, помітне підвищення витягання в сплав марганцю і зниження переходу його в шлак має місце при збільшенні відношення K_2O/SiO_2 до 0,160. При подальшому збільшенні цього відношення характер кривих практично не змінюється. Це викликано полегшенням під дією лугів відновленням марганцю з його силікатів, які як показали дослідження справжньої роботи, в лужних шлаках на відміну від звичайних не виявляється. При цьому в шлаку залишається лише марганець, що знаходиться в склофазі. Тобто подальше зниження концентрації марганцю в шлаку можливо лише при підвищенні вмісту в металі кремнію.

Підвищення витягання в сплав марганцю і кремнію привело до істотного зниження кратності шлаку, а, отже, і питомої витрати електроенергії (рис 3.4).

Перехід
марганцю в
шлак, %

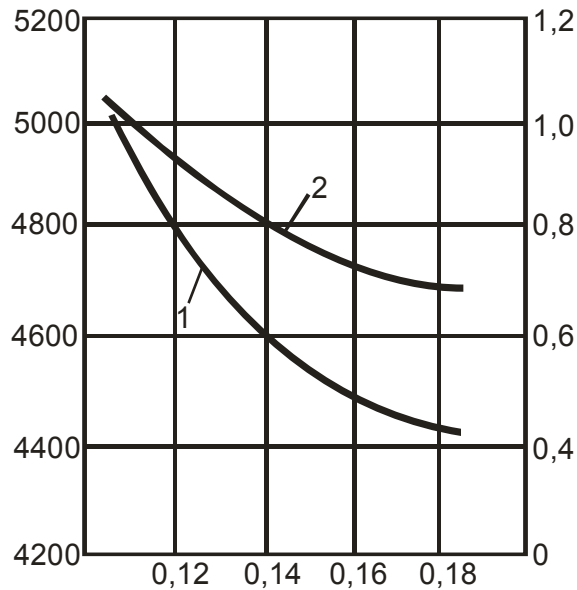


Перехід
кремнію в
шлак, %

Відношення в шлаку $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$

Рисунок 3.3 – Залежність ступеня переходу марганцю і кремнію в шлак від відношення в нім $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$

Питома витрата
електроенергії
(1), кВт·г/баз.т



Кратність шлаку
(2)

Відношення в шлаку $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$

Рисунок 3.4 – Залежність зміни кратності шлаку і питомої витрати електроенергії від відношення $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ в шлаку

Матеріальним балансом проведених плавок були встановлені, хоча і вельми незначні, втрати лужних оксидів. Так, відліт і нев'язність лугів на

звичайній шихті, склали 1,2%, а при повній заміні кварциту пегматитом в шихті - 0,86%. У зв'язку з цим, виходячи з термодинамічного аналізу поведінки лужних з'єднань, перш за все, вплив Al_2O_3 на ступінь їх відновлення в умовах електроплавлення, аналізувалися кількісні співвідношення лугів з глиноземом в рудній частині шихти і шлаку. Встановлено, що найбільшим відношенням K_2O/Al_2O_3 характеризується марганцева сировина, зокрема, марганцевий концентрат, в якому це відношення в більшості випадків вище за одиницю (таблиця 3.2).

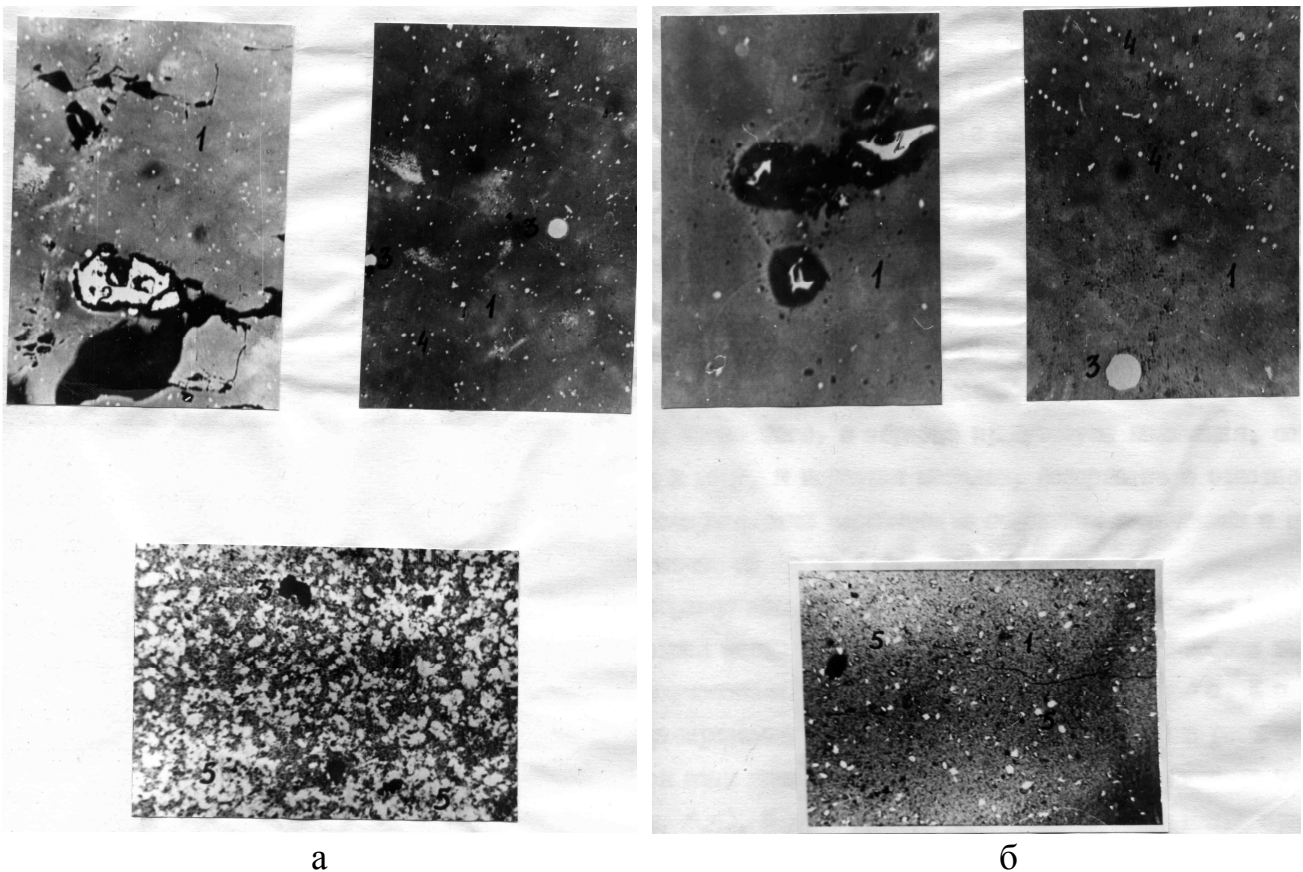
Найменше відношення K_2O/Al_2O_3 характерний для золи коксу і пегматиту. Із збільшенням в шихті частки пегматиту відношення лугів до глинозему знижується. Така ж закономірність спостерігається і в шлаку. Тому спостережувані втрати лугів обумовлені, мабуть, відновленням їх з марганцевої сировини [27, 28].

Таблиця 3.2 – Співвідношення між оксидом лужних металів (оксидом калія) і глиноземом в шихтових матеріалах та шлаках при виплавці силікомарганцю за різними варіантами плавки

Найменування шихтового матеріалу та варіант співвідношення K_2O/Al_2O_3	Вміст, % ваг.		K_2O/Al_2O_3
	K_2O	Al_2O_3	
1. Найменування шихтового матеріалу:			
– марганцевий концентрат	1,8-2,1	1,5-2,3	1,4-0,78
– марганцевий агломерат	2,3-2,5	2,5-3,0	1,0-0,59
– зола коксу	2,6-3,2	23,0-25,0	0,11-0,19
– пегматит	9,0-11,0	14,0-16,0	0,78-0,56
2. Варіант співвідношення K_2O/Al_2O_3 :			
– у шихті за варіантами:			
I	-	-	0,715
II	-	-	0,700
III	-	-	0,688
IV	-	-	0,675
– у шлаку за варіантами:			
I	-	-	0,708
II	-	-	0,698
III	-	-	0,680
IV	-	-	0,670

3.4 Дослідження фазового складу шлаків феросилікомарганцю

Мікроструктурний аналіз дослідних зразків звичайного шлаку силікомарганцю та шлаку з підвищеним вмістом оксидів лужних металів показав, що на відміну від звичайного шлаку силікомарганцю (рис. 3.5, а), де основними фазами є силікати і марганцево-кальцієві стекла, основу шлаку з 30 %-м вмістом оксидів лужних металів (рис. 3, б) складає силікатне скло складного складу, в якому спостерігається лише зародкові утворення силікатів, сульфіди марганцю дендритної зовнішності і корольки металу.



1 – скло марганцевисте; 2 – карбід кремнію; 3 – метал;
4 – сульфід марганцю; 5 – силікат марганцю

Рисунок 3.5 – Мікроструктура звичайного шлаку силікомарганцю (а) та шлаку з підвищеним вмістом оксидів лужних металів (б)

В мікроструктурі шлаку з підвищеним вмістом оксидів лужних металів

також спостерігаються одиничні кристали карбіду кремнію і шматочки коксу, а силікати марганцю практично відсутні.

Таким чином, проведені дослідження дозволяють зробити висновок про те, що у присутності лугів Al_2O_3 утворює лужні алюмосилікати і вони в структурі лужних шлакових розплавів грають істотну роль в поведінці лугів при електроплавленні [27].

3.5 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 [29].

Науково-дослідні роботи проводять за тематичними планами наукових досліджень установи, які, як правило, структурно складаються за такими розділами [30]:

- 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) [31, 32].

Написання та оформлення звіту по науково-дослідній роботі здійснювали згідно ДСТУ 3582: 2013 [33], ДСТУ 1.5:2015 [34], ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 [35] та ДСТУ 3008:2015 [36].

3.5.1 Організація виконання НДР

Для виконання науково-дослідної роботи за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту» протягом 01.10.2019 р. - 31.10.2019 р. приймаємо 5-ть етапів НДР, які приведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Перелік етапів НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту»

№ етапу	Етап НДР	Зміст етапу
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 основних напрямів вдосконалення технології виплавки феросилікомарганцю. 1.5 Підбір складу виконавців НДР.
2	Теоретичні дослідження	Розробка та обґрунтування методики дослідження.
3	Експериментальні дослідження	3.1 Аналіз впливу оксидів лужних металів на процеси відновлення марганцю та кремнію вуглецем. 3.2 Дослідження кінетики відновлення феросилікомарганцевих шихт, які містять пегматит. 3.3 Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням пегматиту. 3.4 Дослідження фазового складу шлаків феросилікомарганцю.
4	Узагальнення і оцінка результатів дослідження	4.1 Аналіз та обробка результатів дослідження. 4.2 Виконання графічної частини.
5	Заклучний	5.1 Приймання науково-дослідної роботи. 5.2 Захист звіту з науково-дослідної роботи.

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

Приймаємо, що над виконанням науково-дослідної роботи працює 6 чоловік (табл. 3.4) чоловік протягом 30 календарних днів 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) [37].

Таблиця 3.4 – 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	2	1	-	1	1	5
3	Плавильник сталі та феросплавів	-	-	2	-	-	2
4	Майстер	-	-	2	-	-	2
5	Фахівець	2	1	3	1	1	8
6	Лаборант	1	1	7	1	1	11
Всього: 6 осіб		8	6	22	8	6	50

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 22 чоловік);
- 4-й етап роботи від 8 чоловік до 11 чоловік (приймаємо 8 чоловік);
- 5-й етап роботи від 5 чоловік до 7 чоловік (приймаємо 6 чоловік).

При невеликій кількості запланованих робіт та відповідно невеликій кількості їх виконавців (6 чоловік) основним документом планування виконання НДР є стрічковий (ступінчатий) графік [37], який передбачає вихід працівників у різний час групами або поодинці. 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. 3.5).

3.5.2 Витрати на виконання НДР

Кошторисну калькуляцію на виконання науково-дослідної роботи

Таблиця 3.5 – Стрічковий графік проведення НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту» 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	4	3	р	р	р																															
2	6	4	3				р	х	х	р	р																										
3	22	5	8								р	р	р	х	х	р	р	р	р	р	р	х															
4	8	4	5																			х	р	р	р	р	р	р	х								
5	6	4	3																														х	р	р	р	х

Примітка: х – вихідний день, р - робочий день

складають на весь об'єм робіт за темою НДР [38].

Для визначення витрат для проведення дослідження необхідно розрахувати:

- витрати на основні матеріали;
- витрати на додаткові матеріали;
- витрати на фонд оплати праці (ФОП);
- відрахування на відрядження;
- витрати на комунальні послуги;
- витрати на наукові публікації;
- транспортні витрати;

В статтю «Витрати на основні матеріали» входять «Витрати на основні шихтові матеріали» і «Витрати на основне та допоміжне устаткування».

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

- марганцевий агломерат;
- марганцевий концентрат;
- кварцит;
- доломит;
- пегматит;
- зола коксу;
- коксик;
- хімічні травники та суспензія для полірування;
- інші матеріали.

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

- лабораторна піч з потужністю трансформатора 80 кВА – 1 шт.;
- оптичний мікроскоп МІМ-7– 1 шт.;
- шліфувальний круг, що обертається;
- ємності для зберігання шихтових матеріалів – 10 шт.;
- сита для ситового аналізу – 6 шт.;

- ноутбук ASUS F542UQ-DM060 – 1 шт.;
- ківш – 1 шт.;
- інше обладнання.

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

$$B_{\text{заг}} = B_{\text{матеріалів}} + B_{\text{устаткування}} \quad (3.22)$$

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 $B_{\text{матеріалів}} = 10000$ грн.

Витрати на статтю «Амортизація основних засобів» визначаються за формулою [38]:

$$S_{\text{ам}} = \sum_{i=1}^N \frac{\alpha_{\text{ам},i}}{100} \cdot K_{\text{уст},i} \cdot \frac{T_{\text{вик},i}}{T_{\text{можл},i}}, \quad (3.23)$$

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

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

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

$T_{\text{можл},i}$ – можливе число годин використання i -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 % [39].
Приймаємо витрати на статтю «Амортизація основних засобів»

для основного та допоміжного обладнання $A_{обладнення} = 300 \text{ грн.}$

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 таблицю 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 6 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 [40, 41]:

$$ЗП_{основна}^i = \frac{ЗП_{оклад}^i}{T_{місяць}} \cdot T_{етапу}, \quad (3.24)$$

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

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

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

Основна заробітна плата інженера становить:

$$ЗП_{\text{основна}}^{\text{інженера}} = \frac{11300}{22} \cdot 5 = 2568,18 \text{ грн.}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату для інших виконавців НДР та заносимо у табл. 3.6.

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 [40, 41]:

$$ЗП_{\text{додаткова}}^i = \frac{ЗП_{\text{основна}}^i \cdot 10}{100}, \quad (3.25)$$

$$ЗП_{\text{додаткова}}^i = \frac{1385468 \cdot 10}{100} = 138547 \text{ грн}$$

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.

Загальний фонд заробітної плати складе [40, 41]:

$$ЗП_{\text{заг}} = ЗП_{\text{основна}}^i + З_{\text{додаткова}}^i + З_{\text{доплати}}^i \quad (3.26)$$

$$ЗП_{\text{заг}} = 1385468 + 138547 + 0 = 1524015 \text{ грн}$$

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

Таблиця 3.6 – Заробітна плата виконавців НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту»

№ п/п	Посада виконавця	К-ть, чол.	Оклад, грн.	Тривалість, дні	Доля ставки, %	Основна заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата, грн.
1	Дослідник	1	5500	22	1,00	5500,00	550,00
2	Інженер	1	11300	5	0,23	2568,18	256,82
3	Плави́льник сталі та феросплавів	1	9800	2	0,09	890,91	89,09
4	Майстер	1	9300	2	0,09	845,45	84,55
5	Фахівець	1	5400	8	0,36	1963,64	196,36
6	Лаборант	1	4173	11	0,50	2086,50	208,65
Всього		6			2,27	13 854,68	1 385,47

$$CCB = \frac{3П_{заг}}{100} \cdot 22, \quad (3.27)$$

$$CCB = \frac{15240,15}{100} \cdot 22 = 3352,82 \text{ грн.}$$

Утримання із заробітної плати виконавців НДР становлять:

- тимчасово непрацездатний 2,9% (441,96 грн.);
- фонд безробіття 2% (304,80 грн.);
- податок на прибуток фізичних осіб (ППФО) 18% (2743,23 грн.);
- воєнний збір 1,5% (228,6 грн.);
- профспілковий фонд 1% (152,40).

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:

$$S_e = \sum_{i=1}^N T_e \cdot N_{a,i} \cdot T_{вик,i} \cdot m_i, \quad (3.28)$$

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

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

$T_{вик,i}$ – 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 ASUS X507UB-EJ043.

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)):

$$A_{\text{комп'ютера}} = \frac{B_{\text{комп'ютера}} \cdot 2}{100}, \quad (3.29)$$

де $B_{\text{комп'ютера}}$ - вартість ноутбука ASUS X507UB-EJ043, приймаємо 13000 грн.

$$A_{\text{комп'ютера}}^{\text{заг}} = \frac{13000 \cdot 2}{100} = 260 \text{ грн.}$$

Розрахунок статті «Витрати на електроенергію» приведено у табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок статті «Витрати на електроенергію»

№ п/п	Найменування устаткування	Кі-сть одиниць	Потужність, кВт·год.	Кі-сть годин вико-ня	Тариф за 1 кВт·год., грн.	Всього витрат, грн.
1	Лабораторний плавильний агрегат з потужністю трансформатора 80 кВА	1	20	12	2,16	518,4
2	Ноутбук ASUS X507UB-EJ043	1	0,5	50	2,16	54
3	Інше обладнання		$\Sigma=2$	20	2,16	86,4
Всього						858,8

З урахуванням загального строку експлуатації ноутбука протягом 7 років (61320 годин роботи) та експлуатації при виконанні НДР протягом 50 годин отримуємо:

$$A_{\text{комп'ютера}} = \frac{260 \cdot 50}{61320} = 0,2 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на статтю «Амортизація основних засобів» складуть:

$$A_{\text{загальні}} = A_{\text{обладнання}} + A_{\text{компьютера}} \quad (3.30)$$

$$A_{\text{загальні}} = 300 + 0,2 = 300,2 \text{ грн.}$$

Кошторис загальних витрат на НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту» визначається на весь об'єм робіт за період 01.10.2019 р.- 30.10.2019 р. (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Кошторис загальних витрат на проведення науково-дослідної роботи за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту»

№ з/п	Статті витрат	Всього витрат	
		грн.	%
1	Витрати на шихтові матеріали	10000	30,303
2	Витрати на устаткування	0	0
3	Амортизація основних засобів	300,02	0,909
4	Фонд оплати праці:		
	– основна заробітна плата	13854,68	41,984
	– додаткова заробітна плата	1 385,47	4,198
5	ЄСВ (22 %):	3352,83	10,16
6	Витрати на електроенергію	658,8	1,996
7	Витрати на комунальні послуги (за винятком витрат на електроенергію)	1200	3,636
8	Витрати на наукові публікації	740	2,242
9	Транспортні відрахування	100	0,303
10	Витрати на канцелярію	500	1,515
11	Інші витрати	908,2	2,752
	Всього	33000,00	100,000

Таким чином, приведено організацію виконання НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту», запропоновано етапи НДР та приведено кошторис загальних витрат на її проведення.

3.6 Висновки

1. Встановлено, що при виплавці силікомарганцю марки МнС17 із збільшенням в шихті частки пегматиту (від 30 % до 100 %) відношення суми лужних оксидів до кремнезему (CaO/SiO_2) в шлаку зростає, а разом з цим підвищується витягання марганцю і кремнію в сплав: при повній заміні у шихті кварциту пегматитом відношення CaO/SiO_2 складає 0,181 в порівнянні з звичайною технологією, де $\text{CaO}/\text{SiO}_2=0,107$, при цьому витягання марганцю підвищується на 5,5 % абс., а кремнію – на 8,2% абс.

2. Аналіз основних показників виплавки МнС17 за різними варіантами плавки показав на зниження питомої витрати електроенергії з 4950 кВт·год./баз.т до 4462 кВт·год./баз.т, збільшення витягу марганцю в сплав з 72,9 % до 78,7 % та зниженню кратності шлаку з 0,985 до 0,7 відповідно для звичайної шихти та для шихти з 100 % вмістом пегматиту.

3. Приведено організацію виконання НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту», запропоновано етапи НДР та приведено кошторис загальних витрат на її проведення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційно-небезпечних та шкідливих чинників в лабораторії

Дослідження технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту проводили в лабораторії площею лабораторії 110 м² (рис. 4.1).

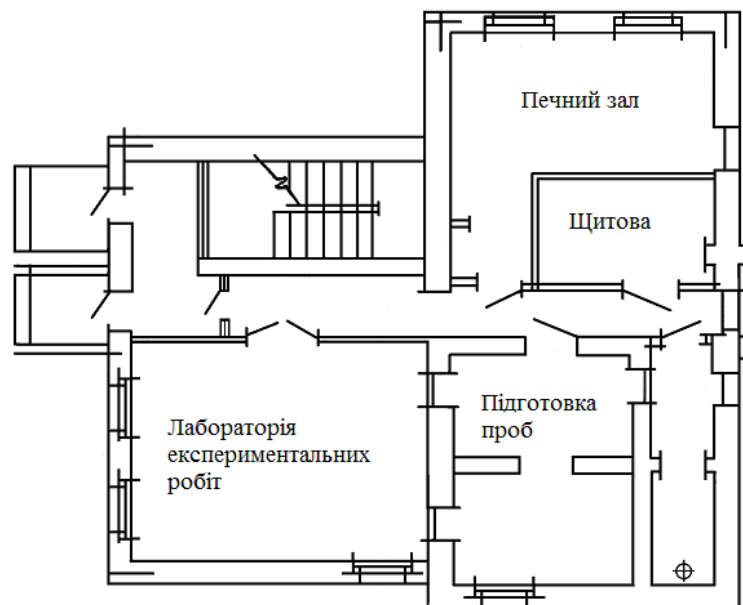


Рисунок 4.1- План лабораторії

Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що впливають на працівника лабораторії показав, що на людину негативно вплив мають:

- високий рівень промислових шумів (86 дБА при нормі 80 дБА);
- підвищена температура (28 °С при нормі від 15 °С до 26 °С);
- підвищений рівень тепловиділення;
- небезпека ураження електричним струмом;
- недостатнє природне або технічне освітлення в робочих приміщеннях;
- надмірна запиленість і загазованість повітря та інші [42] - [45].

Таким чином, в лабораторії допустимі умови праці, категорія напруженості праці – незначна, тобто умови праці в лабораторії не призводять

до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.

4.2 Заходи з пожежної та техногенної безпеки

Будівлю, в якій знаходиться лабораторія, по вибуховій і пожежній небезпеці можна віднести до приміщення категорії Д, оскільки в лабораторії є горючі (книги, документи, меблі) і важкоспалимі речі (різне лабораторне устаткування), які при взаємодії з вогнем можуть горіти без вибуху. За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до будівель з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону, де для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або важко горючими листовими, а також плитковими матеріалами. Отже, ступінь вогнестійкості будівлі можна визначити як третю (III).

Причинами виникнення пожежі в лабораторії можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробією ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів [44].

Пожежна безпека лабораторії забезпечується відповідно до ДБН В.1.1.7-2016 [46] системою запобігання пожежі, протипожежної захисту та організаційно-технічними заходами.

Для гасіння пожеж також застосовують хімічні пінні вогнегасники ВХП-10 і вуглекислотні вогнегасники ВВ-2, ВВ-5 і ВВ-8, а також пересувні ВВ-25 і ВВ-80 [47].

До первинних засобів пожежегасіння в лабораторії відносять вогнегасники ВП-10 (3 шт.), пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інвентар (багри, ломи, сокири та ін.) .

Особливу увагу необхідно приділяти евакуації людей з приміщень.

Евакуація проводиться по заздалегідь спланованих шляхах. Схеми евакуації розташовані в доступних для погляду людини місцях (рис. 4.2).

Для зниження небезпеки поразки людини електричним струмом треба проводити такі заходи технічного характеру:

- всі металеві конструкції і окремі частини устаткування лабораторії, доступні для доторку людини повинні підлягати зануленню (захисне заземлення неефективне);

- забезпечувати безперервність ланцюга від кожної корпусу електроустановки до нейтралі джерела;

- додатково застосовувати повторне заземлення нульового дроту із метою зниження потенціалу занулених корпусів і напруження доторку;

- проводити періодичний контроль ізоляції не рідше раз на рік виміром її активного опору під час випробування підвищеним напругою протягом 1 хв. [48], [49].

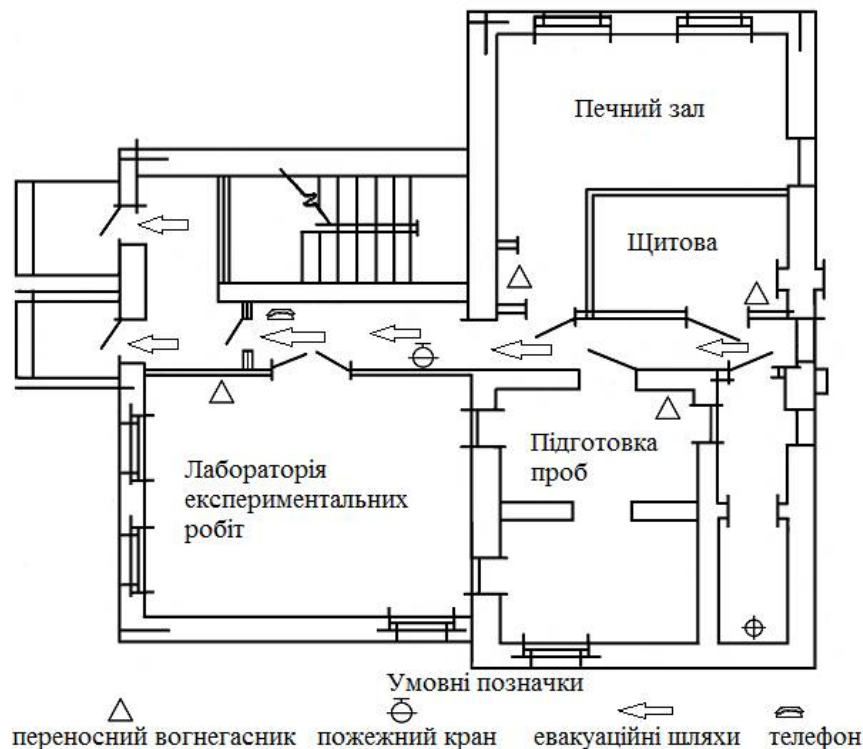


Рисунок 4.2 – Схема евакуації з лабораторії

Організаційні заходи відповідно до ДБН В.1.1.7-2016 [46] наступні:

- треба використовувати плакати наочної агітації;

– треба забезпечити нормальний режим праці та відпочинку робочим: час безперервної роботи трохи більше 4-х годин; десятих хвилинні перерви через щогодини роботи.

4.3 Природне та штучне освітлення

Поліпшення освітленості сприяє поліпшенню працездатності навіть у тих випадках, коли процес праці практично не залежить від зорового сприйняття. 90 % інформації людина отримує через органи зору. Світло впливає на обмін речовин, серцево-судинну систему, нервово-психічну сферу. Рациональне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, його безпеки. При недостатньому освітленні і поганому його як відбувається швидке втомлення зорових аналізаторів, підвищується травматичність. Дуже висока яскравість викликає порушення функції очі.

Виробниче освітлення буває:

- природним (обумовлено прямими сонячними променями і розсіяним світлом небозводу, змінюється в залежності від географічної широти, часу доби, ступеня хмарності, прозорості атмосфери);
- штучним (створюється штучними джерелами світла (лампа розжарювання і т. д.) застосовується при відсутності або нестачі природного).

Природне і штучне освітлення нормується залежно від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розрізнення, фону контрасту об'єкта з фоном. Для природного освітлення нормується коефіцієнт природного освітлення (КПО), причому для бічного освітлення нормується мінімальне значення КПО, а для верхнього та комбінованого - середнє значення.

Освітленість на робочому місці повинна відповідати:

- характеру зорової роботи;
- рівномірному розподілу яскравості на робочій поверхні та відсутності різких тіней;
- величині освітлення постійна у часі (відсутність пульсації світлового

поток);

- оптимальній спрямованості світлового потоку і оптимальний спектральний склад;

- всі елементи освітлюваних установок повинні бути довговічні, вибухо-, пожежо-, електробезпечні.

При встановленні норми освітленості необхідно враховувати: розмір об'єкта розрізнення, контраст по проекту з фоном і характер фону. На підставі цих даних визначається норма освітленості.

При виборі джерел штучного освітлення повинні проконсультувати їх електричні, світлотехнічні, конструктивні, експлуатаційні та економічні показники. На практиці використовуються два види джерел освітлення: лампи розкалювання і газорозрядні. Лампи розкалювання прості по конструкції, мають швидкісне розгортання. Але світлова віддача їх (кількість випромінюваного світла на одиницю споживаної потужності) низька – від 13 л/вт – до 15 л/вт; у галогенних – від 20 л/вт до 30 л/вт, але термін служби невеликий. Газорозрядні лампи мають світлову віддачу від 80 л/вт до 85 л/вт, а натрієві лампи від 115 л/вт до 125 л/вт і термін служби від 15 тис. годин до 20 тисяч годин, вони можуть забезпечити будь-який спектр. Недоліками газорозрядних ламп є необхідність спеціального пускорегулюючого апарату, тривалий час розгортання, пульсація світлового потоку, нестійка робота при температурі нижче 0 °C [44], [45].

Освітлення приміщень і робочих місць відповідає вимогам СП 52.13330.2016 [50]. Лабораторія відноситься до VIII розряду зорових робіт. Для VIII розряду значних робіт коефіцієнт природного освітлення рівний 0,5 %. Фактично коефіцієнт природного освітлення рівний 0,55 %, що вище за норму. Штучне освітлення приміщення лабораторії забезпечується люмінесцентними лампами ЛБ80-4. Нормативна освітленість робочої поверхні для VIII розряду значних робіт складає 50 Лк. Фактично ця вимога виконується. Для аварійного освітлення застосовують лампи розжарювання, потужністю 15 Вт, з світловим потоком 180 Лм, напругою 36 В и 12 В. Освітленість коридорів і допоміжних

приміщень (вмивальні, вбиральні і т.д.), а також сходів складає 30 Лк. Природне освітлення в світлий час доби здійснюється через вікна.

4.4 Розрахунок захисного заземлення та захисного відключення

Основними організаційними заходами запобігання ураження електричним струмом є інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірка знань правил безпеки та інструкцій відповідно до виконуваної роботи.

У в приміщенні лабораторії як засіб захисту від електричного струму прийнято захисне заземлення за допомогою заземлюючих пристроїв, оскільки на підприємстві використовують трифазний змінний струм напругою 380/220 В.

Підбираємо конструкцію комбінованого заземлюючого пристрою і визначимо його опір розтіканню струму замикання на землю для наступних умов: вертикальні електроди із сталевих труб діаметром 100 мм, завдовжки 2 м, верхні кінці яких з'єднуються між собою за допомогою горизонтального електроду – сталевий смуги перетином 4 мм × 40 мм, укладеною в землю на глибині $H_0 = 0,75$ м (рис. 4.3). Тип заземлювача вибираємо виносний контурний. Ґрунт – змішаний. Кліматичний район розташування об'єкту – II.

Визначаємо розрахункові опіри розтіканню електродів – вертикального R_B і горизонтального R_2 за наступними формулами [48]:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi \cdot l_e} \left(\ln \frac{2 \cdot l_e}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l_e}{4H - l_e} \right), \quad (4.1)$$

де ρ – розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·см;

l_e – довжина вертикального електроду, см;

d – діаметр електроду, см.

H – заглиблення електроду на середині його довжини.

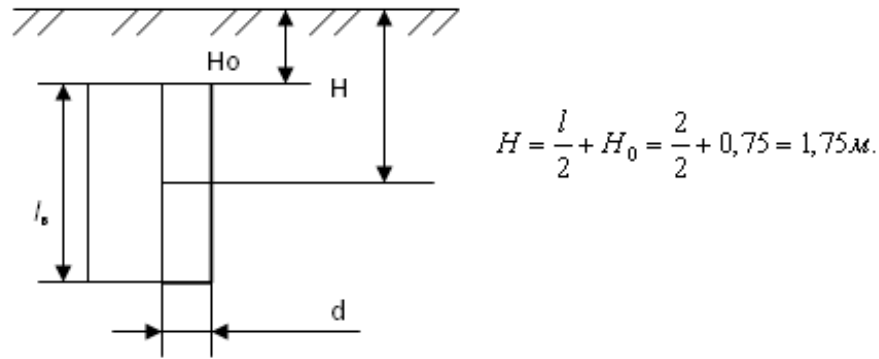


Рисунок 4.3 - Схема розташування заземлювача в ґрунті

Опір горизонтальної смуги:

$$R_z = \frac{\rho_z}{2\pi \cdot l_n} \ln \frac{2 \cdot l_n^2}{b \cdot H_0}, \quad (4.2)$$

де H_0 – заглиблення смуги, см;

b – ширина сполучної смуги, см;

l_n – довжина сполучної смуги, см.

Розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом см:

$$\rho_z = \psi \cdot \rho, \quad (4.3)$$

де ψ – кліматичний коефіцієнт; для комбінованого заземлювача та II

кліматичного району розташування об'єкту $\psi=1,6$ [48];

ρ - питомий опір ґрунту, Ом·см; для змішаного ґрунту

$\rho = 10000$ Ом·см [43].

$$\rho_z = \psi \cdot \rho = 1,6 \cdot 10000 = 1,6 \cdot 10^4 \text{ Ом см.}$$

$$R_B = \frac{1,6 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} \left(\ln \frac{2 \cdot 200}{10} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 175 + 200}{4 \cdot 175 - 200} \right) \approx 50,7 \text{ Ом.}$$

Знаходимо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачей в контурі:

$$n = \frac{R_B}{R_D}, \quad (4.4)$$

де $R_D = 4$ Ом – допустимий опір заземлювача для установок напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю [43].

$$n = \frac{50,7}{4} = 13 \text{ шт.}$$

Приймаємо відстань між заземлювачами:

$$a = 2 \cdot l_{\text{в}}, \quad (4.5)$$

$$a = 2 \cdot 200 = 400 \text{ см.}$$

Далі, зважаючи на те, що прийнятий заземлювач контурний і що кількість заземлювачей – 13 шт., а відношення $\frac{a}{l_{\text{в}}} = \frac{400}{200} = 2$, визначаємо коефіцієнт використання електродів заземлювача, враховуючий їх взаємне екранування – $\eta_{\text{е.з}} = 0,66$ [48]. Визначимо кількість заземлювачей з урахуванням їх взаємного екранування:

$$n_3 = \frac{n}{\eta_{\text{е.з}}} = \frac{13}{0,66} \approx 20 \text{ шт.} \quad (4.6)$$

Довжина смуги, що сполучає заземлювачі, см:

$$l_n = 1,05 \cdot a \cdot n_3, \quad (4.7)$$

$$l_n = 1,05 \cdot 400 \cdot 20 = 8400 \text{ см} = 84 \text{ м.}$$

Тоді:

$$R_z = \frac{1,6 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 8400} \ln \frac{2 \cdot 8400^2}{0,4 \cdot 750} = 4 \text{ Ом.}$$

Дійсний опір горизонтального заземлювача з врахуванням взаємного екранування:

$$R_r = \frac{R_z}{\eta_r}, \quad (4.8)$$

де $\eta_r = 0,34$ – коефіцієнти використання заземлюючого горизонтального провідника [48].

$$R_r = \frac{4}{0,34} = 11,8 \text{ Ом.}$$

Знайдемо опір розтіканню прийнятого групового заземлювача, Ом:

$$R = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_z + R_r \cdot \eta_6 \cdot n_3}, \quad (4.9)$$

$$R = \frac{50,7 \cdot 11,8}{50,7 \cdot 0,34 + 11,8 \cdot 0,66 \cdot 20} = 3,5 \text{ Ом.}$$

Отже проєктований заземлювач – контурний виносний, складається з 20 вертикальних стержневих електродів завдовжки 2 м і діаметром 100 мм і горизонтального електроду у вигляді сталевий смуги перетином 4 мм × 40 мм, заглиблених в землю на 0,75 м (рис. 4.4).

Однак можливі випадки відмови заземлення. Разом з тим за умовами безпеки потрібне безумовне відключення установки при замиканні фази на корпус, причому напруга дотику U_d не повинна перевищувати 42 В. Для виконання цих умов забезпечуємо установку захисного відключення (УЗВ), що реагує на потенціал корпусу (рис. 4.5). При цьому використовуємо реле

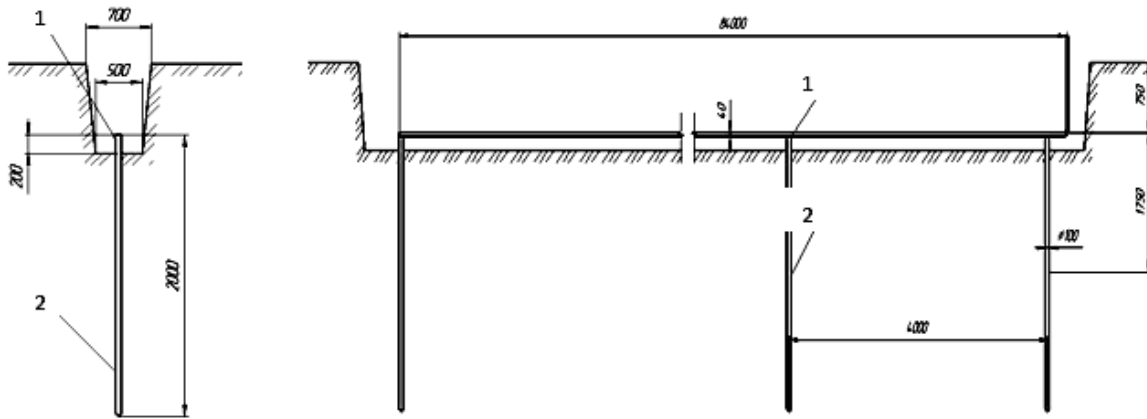
напруги, у якої напруга спрацьовування $U_c = 30$ В, активний опір обмотки $R_p=400$ Ом, індуктивний опір $X_p=200$ Ом.

Знайдемо опір допоміжного заземлення r_B , при якому УЗВ спрацьовуватиме, з рівняння напруги спрацьовування реле U_c :

$$U_c = U_0 \frac{\sqrt{R_p^2 + X_p^2}}{\sqrt{(R_p + r_B)^2 + X_p^2}}, \quad (4.10)$$

де R_p и X_p – активний і індуктивний опори обмотки реле, Ом;

U_0 – допустима напруга дотику, В.



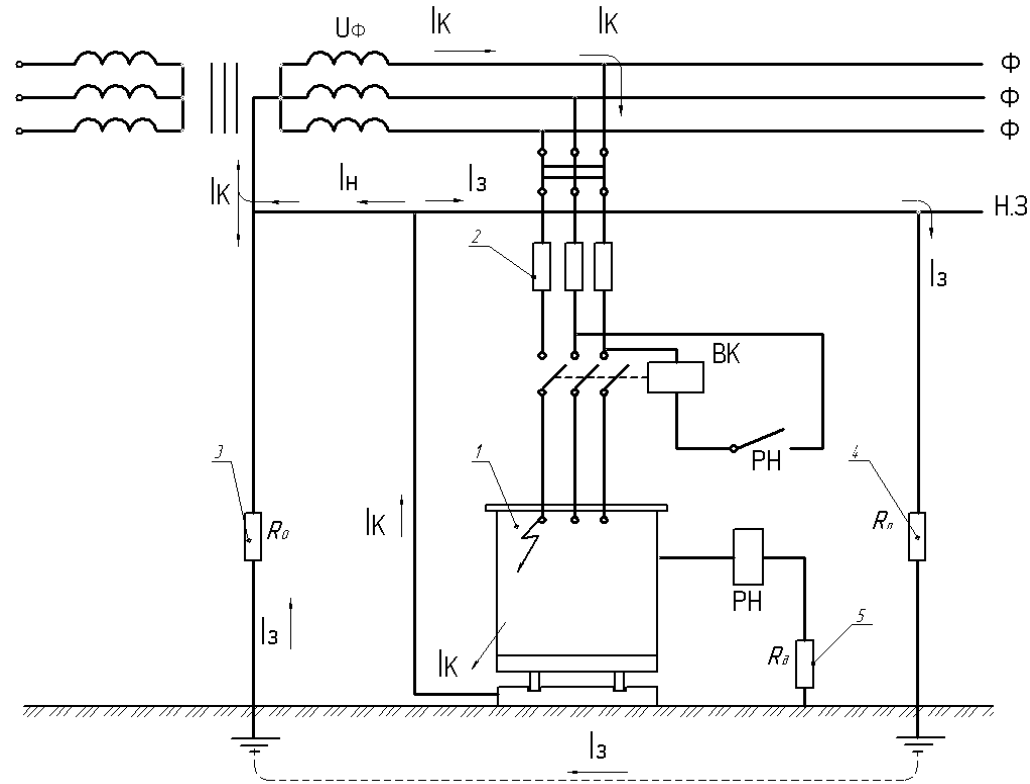
1 – смуги, що сполучає заземлювачі; 2 – заземлювач

Рисунок 4.4 – Розташування заземлювачей трансформаторної підстанції

Підставляємо відповідні значення в рівняння (4.5) напруги спрацьовування реле та отримуємо:

$$30 = 42 \cdot \frac{\sqrt{400^2 + 200^2}}{\sqrt{(400 + r_B)^2 + 200^2}}.$$

$$1764 \cdot (400^2 + 200^2) = 900 \cdot [(400 + r_B)^2 + 40000].$$



1 – трансформатор; 2 – апарати захисту від струмів КЗ (запобіжники); R_n – опір повторного заземлення нульового проводу; R_0 – опір робочого заземлення нейтралі трансформатора; R_d – опір допоміжного заземлення трансформатора; I_k – струм короткого замкнення; I_z – струм замкнення на землю; I_n – частина струму короткого замкнення, який тече через нульовий захисний провідник; ВК – відключаюча катушка автоматичного вимикача; РН – реле напруження; Φ – фазні провідники; НЗ – нульовий захисний провідник

Рисунок 4.5 – Принципова схема захисного відключення

Отже:

$$r_B^2 + 800 \cdot r_B - 552000 = 0.$$

Звідки знаходимо опір допоміжного заземлення:

$$r_B = \frac{-800 + 1687,6}{2} = 444 \text{ Ом.}$$

Таким чином, якщо напруга дотику досягне 42 В, то пристрій захисного відключення спрацьовуватиме при опірi допоміжного заземлення $r_B=444$ Ом.

4.5 Висновки

1. Показано, що в лабораторії допустимі умови праці, категорія напруженості праці – незначна, тобто умови праці в лабораторії не призводять до зростання захворюваності з втратою працездатності та проявом початкових ознак професійної патології.
2. З метою протипожежного захисту робітників лабораторії показана схема евакуації з лабораторії.
3. Запропоновано у якості засобу від електричного струму в лабораторії захисне заземлення за допомогою заземлюючих пристроїв.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано проблеми удосконалення технології виробництва феросилікомарганцю, розглянуто технологічні особливості та фізико-хімічні основи виробництва феросилікомарганцю.

2. Встановлено, що при виплавці силікомарганцю марки МнС17 із збільшенням в шихті частки пегматиту (від 30 % до 100 %) відношення суми лужних оксидів до кремнезему (CaO/SiO_2) в шлаку зростає, а разом з цим підвищується витягання марганцю і кремнію в сплав: при повній заміні у шихті кварциту пегматитом відношення CaO/SiO_2 складає 0,181 в порівнянні з звичайною технологією, де $\text{CaO}/\text{SiO}_2=0,107$, при цьому витягання марганцю підвищується на 5,5 % абс., а кремнію – на 8,2 % абс.

3. Аналіз основних показників виплавки МнС17 за різними варіантами плавки показав на зниження питомої витрати електроенергії з 4950 кВт·год./баз.т до 4462 кВт·год./баз.т, збільшення витягу марганцю в сплав з 72,9 % до 78,7 % та зниженню кратності шлаку з 0,985 до 0,7 відповідно для звичайної шихти та для шихти з 100 % вмістом пегматиту.

4. Приведено організацію виконання НДР за темою «Аналіз особливостей технології виплавки феросилікомарганцю з використанням лужного флюсу пегматиту», запропоновано етапи НДР та приведено кошторис загальних витрат на її проведення.

5. Проаналізовано потенційно-небезпечні та шкідливі фактори в лабораторії, запропоновано у якості засобу від електричного струму в лабораторії захисне заземлення за допомогою заземлюючих пристроїв.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Горная энциклопедия. URL: <http://www.mining-enc.ru/p/pegmatitovyemestorozhdeniya/> (дата звернення 10.12.2019).
2. Косухин О. Н., Бакуменко И. Т., Чупин В. П. Магматический этап формирования гранитных пегматитов; отв. ред. д. г.-м. н. Ю. А. Долгов. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1984. 137 с.
3. Ферсман А. Е. Пегматиты. Т. 1. Гранитные пегматиты. 3-е испр. и доп. изд. Москва; Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1940. 712 с.
4. Кларк С. П. Справочник физических констант горных пород. Москва: Мир, 1969. 544 с.
5. Кучер А. Г., Лысенко С. И., Рогачев И. П. Кинетика восстановления силикомарганцевых и ферромарганцевых шихт, содержащих гидрометаллургический марганцевый концентрат. *Металлургия и коксохимия*. 1969. Вып 16. С. 30–32.
6. Ткач Г. Л., Кучер А. Г., Гасик М. И. Влияние добавок окислов щелочных металлов на кинетику восстановления марганца и кремния при выплавке силикомарганца. *Технический прогресс электрометаллургии марганцевых и кремнистых ферросплавов*. 1975. №2. С. 65–72.
7. Ткач Г. Д., Кучер А. Г., Гасик М. И. Влияние окислов щелочных металлов на вязкость шлака при выплавке силикомарганца. *Известия черной металлургии*. 1976. №10. С.68–70.
8. Ткач Г. Д., Кучер А. Г., Гасик М. И. Выплавка силикомарганца в промышленной печи РКЗ-16,5 с применением пегматита. *Сталь*. 1977. №1. С. 12–16.
9. Полещук П. Н., Шестаковский О. Ф., Лысенко Г. В., Борисов Э. П. Состояние ферросплавного производства в Украине и перспективы его развития. *Сталь*. 2003. №7. С. 38–41.
10. Гасик М. И., Кучер А. Г., Мироненко Н. Ф. Полупромышленное опробование выплавки силикомарганца на горячей предвосстановленной

шихте. *Отчет по научно-исследовательской работе*. Тема НИСа ДМетИ №Х80721, 1976.

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

12. Гасик М. И., Ганцеровский О. Г., Овчарук А. Н., Рогачев И. П. Ферросплавы Украины – 2000. Днепропетровск: Системные технологии, 2001. 143 с.

13. Metallurgy of manganese of Ukraine/ B. F. Velichko and dr. Kiev: Tekhnika, 1996. 472 с.

14. Гасик М. И. Электротермия марганца. Киев: Техника, 1979. 196 с.

15. Рысс М. А. Производство ферросплавов. Москва: Metallurgy, 1975. 336 с.

16. Гельд П. Е., Есин О. А. Процессы высокотемпературного восстановления. Свердловск: Metallurgy, 1957. 348 с

17. Шурыгин П. М., Кудрявцев В. С. Кинетика прямого восстановления марганца из силикатных расплавов. *Известия черной металлургии*. 1976. №5. С. 13–20.

18. Бороненков В. Н., Есин О. А. Кинетика взаимодействия расплавленного металла и шлака. *Известия черной металлургии*. 1977. №5. С. 10–14.

19. Карачаров М. В. Анодный процесс на углеродистых электродах в шлаковых расплавах. *Известия черной металлургии*. 1969. №8. С. 7–11.

20. Хитрик С. И., Нефедов Ю. А., Соколовская И. Б. Исследование физико-химических свойств углеродистых восстановителей. *Химия твердого топлива*. 1968. №1. С. 4–7

21. К вопросу влияния активных добавок на структуру и реакционную способность коксов/ С. И. Хитрик и др. *Химия твердого топлива*. 1968. №2. С. 21–25.

22. Способ обработки углеродистых восстановителей: пат. ЧССР, № 1328370 А1. заявл. 10.11.1985; опубл. 07.08.1987. Бюл. 29.

23. Острик П. Н., Колесник Н. Ф., Чуб В. Г. Влияние углеродистых восстановителей на кинетику восстановления окислов железа. *Металлургия и коксохимия*. Киев: Техника. 1970. Вып. 19. С. 22–24.

24. Способ окомкования агломерационной шихты: Пат. РФ № 2412257. заявл. 10.06.2009; опубл. 20.02.2011. Бюл. 29.

25. Рузиков Л. П., Гуляницкий В. С. Равновесные превращения металлургических реакций. Москва: Металлургия. 1975. 540с.

26. Бабушкин В. И., Матвеев Г. М., Мchedов-Петросян О. П. Термодинамика силикатов. Москва: Издательство литературы по строительству. 1972. 280с.

27. Волошин І. І., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технологічних особливостей виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту. *Збірник наукових праць магістрантів факультету металургії*. Запоріжжя: П ЗНУ. 2019. Випуск 1 (15). С. 54–60.

28. Волошин І. І., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Дослідження технології виплавки силікомарганцю з використанням пегматиту. Матеріали ХХІV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 26–29 листопада 2019 р.). Том І. Металургія як основа сучасної промисловості. Запоріжжя: П ЗНУ. 2019. С. 34–35.

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

30. 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.

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

32. Студопедия. URL: <https://studopedia.org/6-84954.html> (дата

звернення 10.12.2019).

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

34. 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.

35. 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.

36. 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.

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

38. Иващенко О. В. Конспект лекцій по дисципліне «Економіка підприємства (промисленности)» для студентів заочної форми обучения специальностей 090218 и 090402. Запорожье: Издательство ЗГИА. 2001. 68 с.

39. Яркіна Н. М. Економіка підприємства: навч. посібн. Вид. 2-ге перероб. і доп. Київ: Видавництво Ліра-К. 2017. 600 с.

40. 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.

41. Калініченко О. В., Плотнік О. Д. Економіка підприємства. Практикум: навч. посібн. Київ: Кондор. 2012. 600 с.

42. Алексеев В. Г. Шум и вибрация на производстве. Москва: Энергия, 1980. 352 с

43. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: учебн. пособие для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 1984. 448 с.
44. Бринза В.Н., Зиньковский М. М. Охрана труда в черной металлургии. Москва: Металлургия. 1982. 335 с.
45. Петров А. В., Корощенко А. Д., Айзман Р. И. Охрана труда на производстве и в учебном процессе: учебн. пособие. Новосибирск: Сибирское университетское издательство. 2008. 192 с.
46. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги; затверджено та наказом Мінрегіоном України від 31.10.2016 р №237 та введений в дію з 01.06.2017 р. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2017. 35 с.
47. Рожков А. П. Пожарная безопасность на производстве. Киев: Охрана труда. 1997. 448 с.
48. Ефанов П. Д., Берг А. И. Охрана труда и техника безопасности в сталеплавильном производстве. Москва: Металлургия. 1987. 230 с.
49. Охорона праці в дипломних проектах: учебн. посібник для студентів інженерних спеціальностей / Сост.: Л. В.Бабенко, В. П. Бобилев. Дніпропетровськ: ДІПОпром. 2004. 150 с.
50. 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.