

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Металургія

(код і назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

диплом (магістр)/рівноці

(рівень вищої освіти)

на тему Козинський виробничий підприємство, маршрутизм матеріалів

Виконав: студент 2 курсу,
групи 813692474-9
спеціальності

136 "Металургія"

(код і назва спеціальності)

освітньої програми

Металургія чорних металів

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

О.О. Мамбеев

(ініціали та прізвище)

Керівник

доц. канд. техніч. наук, канд. техн. наук О.С. Воденнікова

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

Рецензент доц. канд. металургії, канд. техн.

наук Р.М. Восток

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

Запоріжжя

2020 р.

Визначення умов заміни відносів державного інвентарю з метою оформлення
права власності на земельні ділянки, що перебувають у державній власності на
земельних ділянках з метою оформлення права власності на земельні ділянки з метою
інвентаризації земель - 1. Заломний бланкет - 2.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Склад списку земель - на території державної власності	доц. О.С. Возникова	09.10.2020р	09.10.2020р
2. Інвентаризація земельних ділянок державної власності	доц. О.С. Возникова	09.10.2020р	09.10.2020р
3. Методика визначення площ земельних ділянок державної власності	доц. О.С. Возникова	09.10.2020р	09.10.2020р
4. Склад земельних ділянок державної власності з метою оформлення права власності	доц. О.С. Возникова	09.10.2020р	09.10.2020р
5. Склад земельних ділянок державної власності з метою оформлення права власності	доц. О.С. Возникова	09.10.2020р	09.10.2020р
6. Сторона набуття права власності на земельні ділянки державної власності	доц. О.С. Возникова	09.10.2020р	09.10.2020р

7 Дата видачі завдання 09.10.2020р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складення праць щодо розробки проекту	09.10.2020р	
2	Складення праць щодо розробки проекту	12.10.2020р	
3	Складення праць щодо розробки проекту	13.10.2020р	
4	Складення праць щодо розробки проекту	16.10.2020р	
5	Складення праць щодо розробки проекту	17.10.2020р	
6	Складення праць щодо розробки проекту	23.10.2020р	
7	Складення праць щодо розробки проекту	24.10.2020р	
8	Складення праць щодо розробки проекту	30.10.2020р	
9	Складення праць щодо розробки проекту	31.10.2020р	
10	Складення праць щодо розробки проекту	05.11.2020р	
11	Складення праць щодо розробки проекту	06.11.2020р	
12	Складення праць щодо розробки проекту	11.11.2020р	
13	Складення праць щодо розробки проекту	19.11.2020р	
14	Складення праць щодо розробки проекту	25.11.2020р	
15	Складення праць щодо розробки проекту	26.11.2020р	
16	Складення праць щодо розробки проекту	30.11.2020р	
17	Складення праць щодо розробки проекту	01.12.2020р	
18	Складення праць щодо розробки проекту	23.12.2020р	

Студент М.М. Мамбеев (підпис) О.О. Мамбеев (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер В.М. Власов (підпис) В.М. Власов (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Матвеев О.О. Комплексне використання вторинних марганцевих матеріалів.

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

Приведено аналіз сучасних енерго-та ресурсозберігаючих технологій в металургії та визначено доцільність повторного використання вторинних відходів у металургійному виробництві. Розглянуто досвід впровадження технології комплексного використання вторинних оксидних та металовмісних матеріалів. Проаналізовано можливості застосування технології виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів. Розглянуто питання освоєння технології виробництва гранул з марганецьвмісного пилу, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей. Проаналізовано аспекти впровадження технології утилізації відходів феромарганцю шляхом застосування при виробництві брикетів манганофлюсу.

Ключові слова: ВТОРИННІ МАТЕРІАЛИ, УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ, МАРГАНЕЦЬВМІСНІ МАТЕРІАЛИ, МАРГАНЦЕВІ СПЛАВИ, БРИКЕТИ МАНГАНОФЛЮСУ

ABSTRACT

Matvieiev O.O. Integrated use of secondary manganese materials.

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

The analysis of modern energy and resource-saving technologies in metallurgy is represented. The expediency of reuse of secondary waste in metallurgical production is determined. The experience of introduction of technology of complex use of secondary oxide and metal – containing materials is considered. Possibilities of application of silicon and manganese smelting technology with the use of metal waste of manganese ferrous alloys are analyzed. The issue of mastering the technology of production of granules from manganese-containing dust, which is caught by dry gas cleaning of electric thermal furnaces, is considered. Introduction aspects of utilization technology of of ferrous and manganese waste by application in production of manganese flux briquettes are analyzed.

Keywords: SECONDARY MATERIALS, WASTE DISPOSAL, MANGANESE-CONTAINING MATERIALS, MANGANESE ALLOYS, MANGANESE FLUX BRIQUETTES

АННОТАЦИЯ

Матвеев А.А. Комплексное использование вторичных марганцевых материалов.

Квалификационная работа на соискание степеней высшего образования магистра по специальности 136 – Metallургия, научный руководитель О.С. Воденникова. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра металлургии, 2020.

Приведен анализ современных энерго- и ресурсосберегающих технологий в металлургии и определено целесообразность повторного использования вторичных отходов в металлургическом производстве. Рассмотрен опыт внедрения технологии комплексного использования вторичных оксидных и металлосодержащих материалов. Проанализированы возможности использования технологии выплавки силикомарганца с использованием металлоотходов марганцевых ферросплавов. Рассмотрено вопрос освоения технологии производства гранул из марганецсодержащих пыли, что улавливается сухой газоочисткой электротермических печей. Проанализировано аспекты внедрения технологии утилизации отходов ферромарганца путём применение при производстве брикетов манганофлюса.

Ключевые слова: ВТОРИЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ, МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИЕ МАТЕРИАЛЫ, МАРГАНЦЕВЫЕ СПЛАВЫ, БРИКЕТЫ МАНГАНОФЛЮСА

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	3
ВСТУП.....	9
1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЕНЕРГО-ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	13
1.1 Вторинні ресурси підприємств чорної металургії.....	14
1.2 Утилізація відходів металургійного виробництва.....	16
1.3 Сучасні енерго-та ресурсозберігаючі технології в чорній та кольоровій металургії.....	20
1.4 Висновки.....	22
2 КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ МАРГАНЕЦЬВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	23
2.1 Аналіз вторинних марганецьвмісних матеріалів.....	23
2.2 Досвід впровадження технології комплексного використання вторинних оксидних та металовмісних матеріалів.....	26
2.3 Висновки.....	29
3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ СИЛІКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛОВІДХОДІВ МАРГАНЦЕВИХ ФЕРОСПЛАВІВ.....	31
3.1 Теоретичні основи виплавки силікомарганцю.....	31
3.2 Дослідження технології виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів.....	34
3.3 Висновки.....	36
4 ОСВОЄННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛ З МАРГАНЕЦЬВМІСНОГО ПИЛУ.....	37
4.1 Дослідження технології виплавки малофосфористого шлаку із застосуванням окатишів.....	37
4.2 Статична модель гранулометричного складу пилекоксів окатишів	

для феросплавного виробництва.....	41
4.3 Висновки.....	45
5 ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ФЕРОМАРГАНЦЮ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БРИКЕТІВ МАНГАНОФЛЮСУ.....	46
5.1 Дослідження технології брикетування шламів і колошникового пилу...	46
5.2 Висновки.....	49
6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА В ФЕРОСПЛАВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	50
6.1 Основні принципи охорони навколишнього природного середовища	50
6.2. Екологічні проблеми промислового комплексу України.....	52
6.3 Екологічна безпека виробництва та охорона навколишнього природного середовища феросплавної промисловості України.....	54
6.4 Висновки.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	61
ДОДАТКИ.....	68
ДАДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА.....	68

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ІННІ – Інженерний навчально-науковий інститут;

ЗНУ – Запорізький національний університет;

США – Сполучені Штати Америки;

ВЕР – вторинні енергетичні ресурси;

ВМР – вторинні матеріальні ресурси;

МБЛЗ – машини безперервного лиття заготовок;

ВАТ – відкрите акціонерне товариство;

ГМК – горно-металургійний комплекс;

АТ – акціонерне товариство;

н.п.п. – напівпуста порода;

МнС17 – феросилікомарганець з вмістом кремнію 15-20% та марганцю >65%;

ФМн78 – феромарганець з вмістом марганцю 75-82%;

МФШ – малофосфористий шлак;

ТЕП – техніко-економічні показники;

КЗХ – коксохімічний завод.

ВСТУП

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

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

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

Мета і задачі роботи. Мета роботи – аналіз сучасних технологій комплексного використання вторинних марганецьвмісних матеріалів у металургійному виробництві.

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

1. Проаналізувати енерго-та ресурсозберігаючі технології в металургії та

визначити доцільність повторного використання вторинних відходів у металургійному виробництві.

2. Розглянути досвід впровадження технології комплексного використання вторинних оксидних та металовмісних матеріалів.

3. Проаналізувати можливості застосування технології виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів.

4. Розглянуто питання освоєння технології виробництва гранул з марганецьвмісного пилу, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей.

5. Проаналізувати аспекти впровадження технології утилізації відходів феромарганцю шляхом застосування при виробництві брикетів манганофлюсу.

6. Проаналізувати охорону навколишнього природного середовища феросплавної промисловості.

Об'єкт дослідження: шлак силікомарганцю, шлак високовуглецевого феромарганцю, шлаковий пісок, металоцентрат, неконденційна дрібниця силікомарганцю, шлами аглофабрик, шлами газоочищення плавильних цехів, шлами флюсоплавильні, пил вентиляційних систем та пил аспірацій, пилекоксіві окатиші.

Предмет дослідження: технологія комплексного використання вторинних оксидних та металовмісних матеріалів; технології виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів; технології виробництва гранул з марганецьвмісного пилу, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей; технології утилізації відходів феромарганцю шляхом застосування при виробництві брикетів манганофлюсу.

Методи дослідження: обробку аналітичних даних проводили з використанням персонального комп'ютера.

Наукова новизна одержаних результатів. Приведений огляд технологій комплексного використання вторинних марганецьвмісних матеріалів (технології комплексного використання вторинних оксидних та металовмісних матеріалів; технології виплавки силікомарганцю з використанням

металовідходів марганцевих феросплавів; технології виробництва гранул з марганецьвмісного пилу, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей; технології утилізації відходів феромарганцю шляхом застосування при виробництві брикетів манганофлюсу) дозволить визначити доцільність використання вторинних відходів металургійного виробництва, що дасть змогу знизити матеріало-та енергоємність металопродукції та зменшити негативний вплив металургії на стан навколишнього середовища.

Практичне значення одержаних результатів. Результати аналітичних досліджень можуть бути використані в навчальному процесі при викладанні дисципліни «Теорія та технологія феросплавного виробництва».

Особистий внесок дослідника. Основні результати, наведені в кваліфікаційній роботі магістра, отримані автором особисто. Ним виконано постановку завдань дослідження, обрано методику експериментальних досліджень, проаналізовано та узагальнено результати досліджень, сформульовано загальні висновки.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором проаналізовано сучасний стан комплексного використання різних видів вторинних марганецьвмісних матеріалів з метою їх повторного застосування у металургійному виробництві [1].

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

- XXV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 24–27 листопада 2020 р.). ІННІ ЗНУ;
- наукових семінарах кафедри металургії Інженерного навчально-наукового інституту Запорізького національного університету (Запоріжжя, 2020 р.).

Публікації. Основні результати роботи знайшли відображення у 1 тезі доповіді на конференції.

Структура і обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання та додатку.

Загальний обсяг роботи становить 72 сторінки, з них 8 таблиць, 6 рисунків, 57 джерел посилання.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА

1. Матвеев О.О., Воденнікова О. С. Комплексне використання вторинних марганецьвмісних матеріалів. Матеріали XXV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів (Запоріжжя, 24–27 листопада 2020 р.). ІННІ ЗНУ. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. С. 17–18.

1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ ЕНЕРГО-ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

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

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

1.1 Вторинні ресурси підприємств чорної металургії

Одним з шляхів підвищення ефективності металургійного виробництва є використання вторинних ресурсів (табл. 1.1, рис. 1.1–1.3), що забезпечує [3, 5, 15]:

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

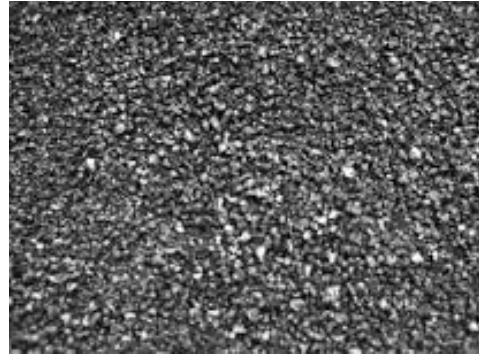
Таблиця 1.1 – Вторинні ресурси підприємств чорної металургії

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

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



а



б

Рисунок 1.1 – Металевий лом (а) та відвальний шлак (б)



Рисунок 1.2 – Шлам



Рисунок 1.3 – Металургійний скрап

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

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

1.2 Утилізація відходів металургійного виробництва

Як відомо, в металургії утворюється велика кількість металомістких відходів у вигляді дрібнодисперсних пилу та шлаків. Тому проблема утилізації таких відходів виходить на перший план. Це обумовлено, з одного боку, величезними ресурсами цього виду вторинної сировини, з іншого боку – науково-технічними розробками, що з'явилися за останні роки.

Металургійні шлаки відіграють переважну роль в утворенні відходів, однак основне їхнє застосування не пов'язане з металургійною переробкою. Металобрухт і мінеральні відходи, як правило, використовуються практично цілком у власному виробництві [17].

Основним напрямом утилізації відходів видобування залізної руди, зокрема розкритих скельних і нескельних порід є використання їх для спорудження дамб обвалування, гребель, насипів, основ доріг, для планувальних робіт, а також для виробництва будівельних матеріалів. Скельні породи широко використовують для виробництва щебеню, який застосовують як крупний заповнювач у важких і особливо важких бетонах. На багатьох

гірничо-збагачувальних комбінатах України по будовані щебеневі комплекси. Об'єми утворення цих відходів перевищують масштаби можливого переробки, і основним напрямом їх використання є зворотна засипка і рекультивация кар'єрів.

Відходи збагачення залізної руди - хвости, утворюються при отриманні залізного концентрату методами електромагнітної або магнітної сепарації. Для розкриття і подальшого вилучення рудних мінералів руду піддають подрібнюванню. Тонкість подрібнювання залежить від технології збагачення, характеру і вмісту руди у сировині. Об'єми відходів складають 40-60% від об'єму збагачуваного матеріалу.

Хвости збагачення використовують для спорудження вторинних дамб на хвосто сховищах, також можна використовувати їх як вторинну сировину для виробництва будівельних матеріалів: піски з відходів збагачення в будівельних розчинах, як дрібні заповнювачі у важких і особливо важких бетонах, для спорудження штучних основ під дороги, будівлі, споруди, для зворотних засипок тощо.

Основними напрямками утилізації шлаків чорної металургії є:

- основним споживачем доменних гранульованих шлаків є цементна промисловість, в якій також можливе використання поволі охолоджених сталеплавильних шлаків, шлаків феросплавів і шлаків кольорової металургії;

- з металургійних шлаків отримують шлаковий щебінь шляхом дроблення відвальних металургійних шлаків або за спеціальною технологією виготовляють литий щебінь;

- металургійні шлаки використовують для виробництва шлакової вати і шлакової пемзи, які отримують спучуванням шлакового розплаву при швидкому охолодженні водою, повітрям, а також при дії мінеральних газоутворювачів. Застосовують ці матеріали як ізоляційні. Із шлакової пемзи виробляють також легкий фракційний щебінь шляхом дроблення і грохочення;

- у будівництві застосовують різні типи бетонів зв'язаними і заповнювачами на основі металургійних шлаків;

– з розплавлених металургійних шлаків відливають камені для мощення доріг і підлог промислових будівель, бордюри, камінь, протикорозійні плитки, труби та інші вироби;

– металургійні шлаки використовують для виробництва шлакоситалів;

– найбільшим споживачем шлаків є промислова гідротехніка, де шлаки можна використовувати для спорудження дамб, шламонакопичувачів, закріплення укосів дамб, каналів, спорудження морських причалів, протифільтраційних заходів тощо.

Шлаки, що утворюються при виробництві феросплавів, використовують при виплавці сталі для розкислювання і легування рідкого металу, зв'язування шкідливих домішок. Феросплавні шлаки використовують для вилучення цінних металів, як добавки при виплавці сталі, феросплавів, в цементній промисловості, у виробництві шлакового литва, шлакоситалів, а також у виробництві будівельних матеріалів аналогічно доменним сталеплавильним шлакам.

Перспективним напрямом використання шлаків кольорової металургії є комплексна переробка, що включає попереднє вилучення кольорових і рідкісних металів, заліза з подальшим використанням силікатного залишку для виробництва будівельних матеріалів аналогічно шлакам чорної металургії.

Залізовмісний пил і шлами використовують в технологічних процесах шляхом добавки до агломераційної шихти, а також у якості добавки їх до складу шихти при виробництві цементу, фарб, барвників.

Графітний пил, що містить в своєму складі менше 60% графіту, може бути використаний для приготування теплоізоляційних сумішей в ливарному виробництві. Інший напрям утилізації полягає в збагаченні графітного пилу на металургійних підприємствах і подальшій переробці отриманого концентрату на спеціалізованих графітних заводах спільно з здобутою графітною рудою.

Напрямом утилізації сірковмісних шламів є застосування їх в сільському господарстві як меліоранту для кислих, підзолених і солонцюватих ґрантів. Шлам є додатковим джерелом сірки, кальцію, що дозволяє нейтралізувати

підвищену кислотність грантів.

В процесі очищення в первинних відстійниках осідає крупна окалина, яка періодично вилучається з відстійника і утилізується як добавка до агломераційної шихти. У вторинних відстійниках уловлюють дрібну окалину, що забруднена нафтопродуктами, вони погіршують міцність гранул шихти, знижують її газопроникність. Тому шихту попередньо обробляють вапном, вапняком або шламами інших металургійних виробництв, а потім використовують в агломераційному або сталеплавильному виробництвах. Іншим способом підготовки замасленої окалини до утилізації є обробка її рідким сталеплавильним шлаком [18, 19].

Вирішення проблеми використання залізовмісних відходів згідно роботи [20] можливе за наступних умов:

- створення нормативно-законодавчого поля, в якому власники підприємств з видобутку, збагачення, металургійної переробки залізовмісної продукції будуть зацікавлені по-перше, у створенні меншої кількості відходів, по-друге, у вторинному використанні останніх;

- удосконалення існуючих та розробки нових технологій видобутку і збагачення залізних руд, технологій попередньої підготовки залізовмісних відходів до вторинного використання в технологічних циклах існуючих чи спеціалізованих в цьому напрямку підприємств;

- налагодження системи збору та статистичної обробки даних щодо поводження з залізовмісними відходами, які накопичені, продовжують накопичуватись або вже утилізуються на підприємствах ГМК з метою створення податкового тиску та стимулювання економічно та екологічно виправданого поводження з цими відходами.

Згідно даних роботи [20] вітчизняними науково-проектними установами розроблено та запропоновано технології підготовки до використання залізовмісних металургійних відходів для впровадження на українських металургійних комбінатах, а саме:

- схеми зневоднення металургійних шламів (із будівництвом корпусів

зневоднення шламів та без них) з наступним перемішуванням шламів з вапном та подальшим брикетуванням для використання як домішок у шихту в агломераційному і доменному виробництвах (УкрГНТЦ «Енергосталь»);

– дезінтегратор-змішувач для гомогенізації складованих залізовмісних шламів, за допомогою якого здійснюється рівномірний розподіл залізовмісних відходів в об'ємі вихідної шихти, розроблений на кафедрі руднотермічних процесів і маловідходних технологій Дніпропетровського технічного університету, комплексна переробка відходів металургійних підприємств шляхом брикетування методом холодного вібропресування для використання їх подальше як домішок в шихту замість залізної руди та окатишів при виробництві чавуну.

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

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

Автори роботи [21] пропонують утилізацію залізоцинковмісних шламів та пилу газоочищення сталеплавильних цехів шляхом їх попереднього окускування та рециклінгу (повернення) у власну плавку у вигляді шлакоутворюючих та малошихтових брикетів. Технологія використання промислових металевих відходів (шламів) для виготовлення конструкційних деталей викладена у роботі [22].

Утилізації тонкодисперсних порошкових відходів чорної металургії присвячена робота [23], в якій запропонована технологія пресування двокомпонентних сумішей, одна з фаз яких є рідкою. Проблема витягу сполук хрому з відвалів хромітового виробництва досліджена у роботі [24].

Напрямки переробки шламів глиноземного виробництва з утилізацією димових газів печей спікання і витяганням рідкісних металів (ітрію, скандію,

цирконію, титану) досліджені у роботі [25], при цьому додаткове виділення глинозему направлено на отримання збагаченого залізовмісного концентрату. Переваги та недоліки комплексної переробки червоного шламу з отриманням глинозему, заліза (чавуну) і цементу на майданчиках глиноземних заводів і способу отримання на них тільки транспортабельного червоного шламу для відвантаження і переробки нової товарної продукції на діючих підприємствах розглянуті у роботі [26].

Значний інтерес представляє робота [27], присвячена технології отримання конструкційних та інструментальних матеріалів з відходів шлифовального виробництва.

Дослідження процесу переробки дрібнозернистих відходів металургійного виробництва з отриманням гранульованого чавуну і витяганням цинку описані у роботі [28].

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

Енерго-та ресурсозберігаючі технології не минули і конверторне виробництво. Так авторам [29] розроблена технологія виплавки сталі в кисневих конвертерах з використанням відпрацьованих автомобільних покришок, що дозволяє підвищити прихід тепла в конвертер за рахунок збільшення теплоти згорання палива і поліпшення умов теплопередачі внаслідок підвищення світності факела при згорянні сажистих частинок, що забезпечило зниження витрати палива в період попереднього нагріву брухту.

Застосування технології переробки тонкодисперсних залізовмісних відходів (шламів) аглодоменного та конверторного виробництва ВАТ «Северсталь» в міцні брикети дозволяє отримати економічний ефект за рахунок повернення металу, що входить в конверторний шлам та впровадження сквозної (безвідходної) технології [30]. Дослідниками [31] розглянуто ефективність технології утилізації суспензій шламу конверторних виробництв. Після попередньої обробки шлам пропонується використовувати в

агломераційній шихті, а також отримувати з відходів залізовмісний пігмент високої якості.

У ливарному виробництві запропоновано спосіб повернення в металооборот окалини, стружки та інших дисперсних металовідходів [32] та енергозбереження при виробництві відливок з алюмінієвих сплавів [33].

Енергозберігаюча технологія виготовлення стержнем, представлена у роботі [34] показує, що перехід на холодні технології виготовлення стрижнів замість технологій їх затвердіння із застосуванням теплової енергії забезпечує економію на кожній тонні не менше 50 кВт·год. електроенергії і близько 250 м³ природного газу, при цьому знижуються брак стрижнів, виливків, їх маса, а також підвищується розмірна точність.

У роботі [35] пропонуються напрямки утилізації замасленої окалини, в тому числі у вигляді добавки в кількості від 8 % до 12% в шихту для виготовлення будівельної цегли, що сприяє підвищенню міцності цегли та економії вуглецевмісних матеріалів, а також в асфальтобетонні суміші.

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

1.3 Висновки

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

2 КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ МАРГАНЕЦЬВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1 Аналіз вторинних марганецьвмісних матеріалів

Аналіз розподілу основних елементів між продуктами плавки силікомарганцю та феромарганцю в промислових умовах (табл. 2.1) показав, що основна кількість марганцю втрачається зі шлаком (10–16%), в якому він знаходиться як в оксидній формі, так і у вигляді металевих корольків. Значна частина марганцю переходить у відходи – продукти згущення шлаку та охолодей розливних ковшів (4–8%), в скрап – бризки та корольки металу на розливці (2–5%), в шлами газоочищення газів, що відходять, та аспіраційних систем стрічкових вузлів та розливних машин (2–6%).

Таблиця 2.1 – Розподіл основних елементів між продуктами плавки силікомарганцю (чисельник) та феромарганцю (знаменник)

Продукт плавки	Вміст елементів, %		
	марганець	кремній	фосфор
Метал	$\frac{72-80}{70-73}$	$\frac{40-48}{8-10}$	$\frac{75-80}{80-85}$
Шлак	$\frac{10-14}{12-16}$	$\frac{50-60}{70-80}$	$\frac{3-4}{2-3}$
Відходи	$\frac{4-8}{5-8}$	$\frac{3-5}{6-8}$	$\frac{4-6}{3-5}$
Скрап	$\frac{2-4}{3-5}$	$\frac{1-3}{2-4}$	$\frac{2-5}{2-4}$
Шлами	$\frac{2-5}{4-6}$	$\frac{2-4}{3-5}$	$\frac{4-6}{3-4}$
Ульот та не уточнені втрати	$\frac{1-2}{1-2}$	$\frac{0,5-1}{0,5-1}$	$\frac{1-2}{2-3}$

В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» встановлено, що масова частка марганцю в відвальних шлаках силікомарганцю та феромарганцю складає 11–14%. Концентрація марганцю в шлаковому піску (табл. 2.2), що утворюється в результаті дроблення та розсіву шлаку силікомарганцю за

Таблиця 2.2 – Хімічний склад марганецьвмісних матеріалів

Матеріал	Масова частка компонентів, %													н.п.п., %	W, %
	Mn	Fe	C	P	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O +K ₂ O	F	S	Zn	Pb		
Шлак силікомарганцю	11-13	0,15- 0,20	0,2- 0,4	0,012- 0,014	17-18	4,5- 5,5	49-50	7-8	3,3-4,5	–	0,8- 1,3	–	–	–	–
Шлак високо вуглецевого феромарганцю	12-14	0,10- 0,16	0,2- 0,4	0,008- 0,011	35-38	3-4	34-36	4-5	2,4-3,5	–	0,5- 0,8	–	–	–	–
Шлаковий пісок	16-18	1-2	1,5- 2,0	0,01- 0,05	18-19	2-3	44-46	4-6	2,0-3,5	–	0,5- 1,0	–	–	–	–
Металоконцентрат*	44-50	4-6	1,0- 1,4	0,3- 0,4	6-8	1-3	–	3-5	1,8-3,0	–	0,1- 0,3	–	–	–	–
Неконденційна дрібниця силікомарганцю**	65-71	7-11	1,3- 1,9	0,35- 0,43	1,5- 2,8	0,3- 0,8	–	0,5-0,8	–	–	–	–	–	–	–
Шлами аглофабрики	26-28	2,0- 2,8	5-10	0,20- 0,25	7-9	1,5- 3,0	20-22	2,5-3,5	2,5-4,0	0,2- 0,4	0,1- 0,2	–	–	13-15	15- 20
Шлами газоочищення плавильних цехів №1 та №2	16-20	1,4- 1,9	7-15	0,15- 0,25	5-7	1,5- 2,5	18-21	1,5-2,0	4,5-8,0	0,3- 0,5	0,3- 0,5	0,6- 1,5	0,5- 1,5	27-37	28- 32
Шлами флюсоплавильні	3-5	0,2- 0,5	1-3	0,05- 0,08	2-4	10-12	3-5	3-5	0,8-2,5	15-18	0,4- 0,8	0,01- 0,1	0,01- 0,1	12-15	20- 30
Пил вентиляційних систем	25-27	2-3	4-7	0,17- 0,20	6-10	2-3	18-22	3-5	1,5-3,0	0,1- 0,3	0,1- 0,4	0,01- 0,3	0,008- 0,01	8-12	0,3- 0,5
Пил аспіраційна	20-25	1-2	5-8	0,11- 0,15	2,5- 8,0	3-6	25-30	1,3-1,5	4-8	–	1,2- 2,5	0,8- 2,5	1,0- 2,5	10-12	–

Примітка: * – додатковий вміст 14–19% Si.

** – додатковий вміст 16–19% Si.

Таблиця 2.3 – Гранулометричний склад та властивості марганецьвмісних матеріалів

Матеріал	Вміст, %, фракція, мм										Питома поверхня (зовнішня), м ² /кг	Щільність ·10 ³ , кг/м ³	Температура, К	
	>5	3-5	1-3	0,5- 1	0,25- 0,5	0,16- 0,25	0,1- 0,16	0,071- 0,1	0,05- 0,71	<0,05			початку плавлення	утворення краплі
Шлаковий пісок	0,1	5,6	4,3	20,4	17,5	12,3	3,07	0,23	0,15	0,35	—	3,23	1418	1588
Металоконцентрат	97,4	1,7	0,6	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—	5,10	1448	1630
Неконденційна дрібниця силікомарганцю **	14,6	14,6	47,4	19,8	0,8	0,4	0,5	0,3	0,1	—	—	4,20	1453	1618
Шлами аглофабрики	—	—	—	1,4	3,6	12,8	5,4	4,7	29,1	43,1	396	2,90	1393	1553
Шлами газоочищення плавильних цехів №1 та №2	—	—	—	0,5	3,9	13,4	6,1	6,2	28,3	41,6	1364	3,00	1403	1753
Шлами флюсоплавильні	—	—	—	15,6	7,4	5,7	7,6	8,4	28,3	27,0	664	2,75	1365	1596
Пил вентиляційних систем	—	—	—	0,3	0,6	2,6	3,5	5,2	4,0	83,8	482	3,50	1373	1563
Пил аспіраційна	—	—	—	—	1,0	4,2	2,1	2,3	2,5	87,9	1913	2,94	1312	1705

фракціями, декілька вище (16–18%), що обумовлено значною кількістю (5–12%) корольків сплаву. Відвальні шлаки та шлаковий пісок містять також оксиди кальцію, магнію, кремнію та алюмінію, які в значній кількості є корисними при виробництві чавуну, сталі, лігатур та феросплавів. Однак в цих матеріалах є вміст сірки (0,5–1,3%) та лужних металів (2–4,5%).

Шлаковий пісок (табл. 2.2) на 90–95% представлений фракцією < 5 мм. Його щільність складає $3,23 \cdot 10^3$ кг/м³, а температура початку плавлення – 1418 К. Формування краплі розплаву відбувається при 1588 К.

Некондекційна дрібниця силікомарганцю (табл. 2.2), що утворюється в результаті фракціювання, за хімічним складом відповідає стандартному силікомарганцю. На 81,8% вона представлена фракцією 0,5–5 мм, її щільність складає $4,2 \cdot 10^3$ кг/м³, а температура початку плавлення – 1453 К. Формування краплі розплаву відбувається при 1618 К. Також некондекційна дрібниця силікомарганцю містить 1,7–2,5% вапна у вигляді домішок.

Вміст марганцю у металоцентраті (табл. 2.2), отриманого шляхом розподілу відвальних шлаків силікомарганцю на металеву та оксидну складову методом пневмосепарації, складає 44–50%. Кількість металевої фази в цьому матеріалі коливається в межах 40–60%. Металоцентрат представлений в основному фракцією > 5 мм (97,4%), щільність складає $5,1 \cdot 10^3$ кг/м³.

Шлами аглофабрики, газоочищення плавильних цехів та шлами флюсоплавильні (табл. 2.2) характеризуються високою вологістю ($W=15–32\%$) та вміщують відповідно 26–28, 16–20 та 3–5 % Mn.

Гранулометричний склад та властивості марганецьвмісних матеріалів приведені в табл. 2.3 [36].

2.2 Досвід впровадження технології комплексного використання вторинних оксидних та металовмісних матеріалів

В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» була розроблена комплексна технологія утилізації відходів виплавки марганцевих сплавів. Уловлювання пилу та шлаків газоочищення електропічних агрегатів та

аглофабрик поступають на аглофабрику заводу, до переміщуються з первинними марганець рудними матеріалами. Отриманий при спіканні цих шихтових компонентів агломерат використовують для виплавки товарного силікомарганцю.

Відвальний шлак високовуглецевого феромарганцю та частина шлаків силікомарганцю піддаються водної грануляції, а кірки шлаку, що розливається, поступають для переробки на дробарко-сортувальний комплекс. Сюди ж направляються шлаки, що були накопичені у відвалах. Отриманий при дробленні відвальний шлаку силікомарганцю щебінь використовується на металургійних підприємствах у якості шлакоутворюючої добавки при виплавці сталей широкого сортаменту, для виготовлення армованих та неармованих звичайних, тяжких та жаростійких бетонів, для приладів баластового шару залізничних шляхів, будівельних автомобільних доріг та штучних основ під фундаменти споруд та будівель.

Дрібні фракції шлаку силікомарганцю (шлаковий пісок), які містять підвищену кількість металевих корольків, використовуються при спіканні агломерату та повертаються на виплавку силікомарганцю. Аналогічним шляхом утилізується частина гранульованого шлаку високо вуглецевого феромарганцю. Використання в аглошихті матеріалів, які пройшли попереднє плавлення, сприяє підвищенню показників спікання та фізико-механічних властивостей агломерату.

Основна маса гранульованого шлаку високовуглецевого феромарганцю та силікомарганцю використовується на металургійних підприємствах при виробництві марганцевого та залізородного агломератів, у якості заповнювача при виробництві звичайних та тяжких бетонів та шлакоблоків.

В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» була реалізована в промислових масштабах технологія отримання шлаколитих виробів з огненно-рідкого шлаку силікомарганцю, застосування яких в металургії, хімічній промисловості та сільському господарстві збільшує термін дії агрегатів в 4–8 разів.

Дроблення корки шлаків використовується, наприклад, при збагаченні методом пневмосепарації з метою видалення метало концентрату, що використовується у електропечній шихті для виплавки силікомарганцю. Доказана також ефективність його використання в сталеплавильному виробництві замість стандартного силікомарганцю. Корки шлаків, ковшеві залишки, відходи розливки та фракціювання також повторно використовуються у якості металовмісних відходів при виплавці силікомарганцю та високо вуглецевого феромарганцю.

Розроблена технологія використання високофосфористого феромарганцю – попутного металу, що отримується при виплавці передільного малофосфористого шлаку, що дозволяє використовувати цей продукт та зекономити марганцеві феросплави.

Освоєна технологія отримання абразивного матеріалу зі шлаку силікомарганцю шляхом його подрібнення, розсіву та підбору необхідного фракційного складу. Абразивний матеріал (порошок) знайшов використання для очищення металевих поверхонь корпусів морських судин та іншого обладнання при проведенні ремонтів.

Впровадження технології комплексного використання оксидних та металовмісних матеріалів в умовах «Нікопольський завод феросплавів» дозволило:

- збільшити вилучення марганцю в умовах безперервно погіршення якості марганецьрудної сировини, що використовується при виробництві феросплавів на 4–6%;

- забезпечити практично повну переробку та використання шлаків поточного виробництва та приступити до переробки раніш накопичених у відвалах, а також скоротити річну потребу заводу в первинній марганцевій сировині більш ніж на 150 тис. тонн;

- зекономити щорічно більше 60 млн. кВт·год. електроенергії;

- знизити витрату коксової дрібниці при виробництві агломерату на 7–9%;

– забезпечити переробку та відвантаження споживачам щорічно до 30 тис. тонн попутного металу, який використовується в сталеплавильному та ливарному виробництвах;

– освоїти випуск зі шлаків товарів народної потреби (шлакоброки), а також шлакового лиття, що використовується на підприємствах галузі [36].

2.3 Висновки

1. Аналіз вторинних матеріалів феросплавного виробництва показав, що на сьогоднішній день широко використовуються серед вторинних марганецьвмісних матеріалів такі як шлак силікомарганцю, шлак високовуглецевого феромарганцю, шлаковий пісок, металоконцентрат, неконденційна дрібниця силікомарганцю, шлами аглофабрики, шлами газоочищення плавильних цехів, шлами флюсоплавильні, пил вентиляційних систем та пил аспірацій.

2. Впровадження технології комплексного використання оксидних та металовмісних матеріалів в умовах «Нікопольський завод феросплавів» дозволило:

– збільшити вилучення марганцю в умовах безперервно погіршення якості марганецьрудної сировини, що використовується при виробництві феросплавів на 4–6%;

– забезпечити практично повну переробку та використання шлаків поточного виробництва та приступити до переробки раніш накопичених у відвалах, а також скоротити річну потребу заводу в первинній марганцевій сировині більш ніж на 150 тис. тонн;

– зекономити щорічно більше 60 млн. кВт·год. електроенергії;

– знизити витрату коксової дрібниці при виробництві агломерату на 7–9%;

– забезпечити переробку та відвантаження споживачам щорічно до 30 тис. тонн попутного металу, який використовується в сталеплавильному та

ливарному виробництвах;

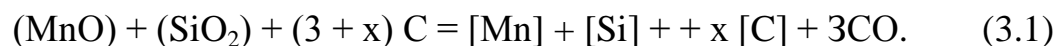
– освоїти випуск зі шлаків товарів народної потреби (шлакоброки), а також шлакового лиття, що використовується на підприємствах галузі.

3 ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ СИЛІКОМАРГАНЦЮ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТАЛОВІДХОДІВ МАРГАНЦЕВИХ ФЕРОСПЛАВІВ

3.2 Теоретичні основи виплавки силікомарганцю

Основним марганецьвмісним компонентом шихти при виплавці силікомарганцю є марганцевий агломерат, що отримується з суміші оксидних, карбонатних концентратів і вторинних матеріалів. Отримання сплаву здійснюється безперервним шлаковим процесом, заснованому на спільному відновленні оксидів марганцю і кремнію вуглецем коксу [37-39].

У загальному вигляді хімізм процесу отримання силікомарганцю можна представити наступною реакцією [39]:



Низька температура утворення силікатів марганцю призводить до раннього шлакоутворення в верхніх горизонтах руднотермічної електропечі, яке суттєво знижує активність оксидів марганцю і кремнезему та гальмує розвиток відновних процесів. Поряд з цим раннє шлакоутворення не дозволяє підвищити температуру в зоні реакції, що ще в більшій мірі погіршує розвиток процесів відновлення марганцю і кремнію. Це є основною причиною великих втрат марганцю зі шлаком, що досягає в промислових умовах > 15% [38, 39].

Аналіз термодинамічних умов відновлення кремнію з многокомпонентної шлакової системи при виплавці силікомарганцю показує, що для отримання в сплаві 17-20% SiO_2 шлаки силікомарганцю повинні мати насичену концентрацію кремнезему ($a_{\text{SiO}_2} = 1$) [39]. Це є основною причиною низького вилучення кремнію, яке за діючою технологією не перевищує 40 - 45%, а втрати його зі шлаком, який вміщує 45 - 50% SiO_2 , складають більше 50% [37-39].

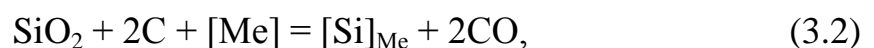
В процесі виробництва феросплавів на АТ «Нікопольський завод

феросплавів» утворюються неминучі технологічні втрати марганцю в оксидної формі (відвальні шлаки, шлами газоочищення) і у вигляді металовідходів (відсівання фракціонування, скрап та повернення розливки). При отриманні товарного силікомарганцю втрати відновленого марганцю у вигляді металовміщучої фази складають 6-12% і у вигляді високо вуглецевого феромарганцю - 8 - 13%.

Через обмежений попит на дрібні фракції марганцевих феросплавів неконденційні металовідходи в основному переплавляються в руднотермічних печах (рис. 3.1) в складі шихти, при цьому витяг марганцю в дрібниці не перевищує 82%.

Термодинамічний аналіз відновлювальних процесів, що відбуваються в присутності металічної фази, показує, що більш перспективним методом утилізації металовідходів є їх використання в першу чергу для отримання сплавів марганцю з різним вмістом кремнію (17-35%). Виходячи з цього запропонована технологія виплавки силікомарганцю, сутність якої полягає у відновленні кремнезему кварциту вуглецем в присутності марганцевмісної металеві фази і якості якої можуть бути використані металовідходи – відсіви фракціонування, скрап та повернення розливки. Технологія дозволить переробити всі види металовідходи при більш високому сумарному витягу марганцю та кремнію та при більш низьких матеріальних та енергетичних витратах.

Процес отримання силікомарганцю в присутності металічної фази в загальному вигляді можна представити таким чином:



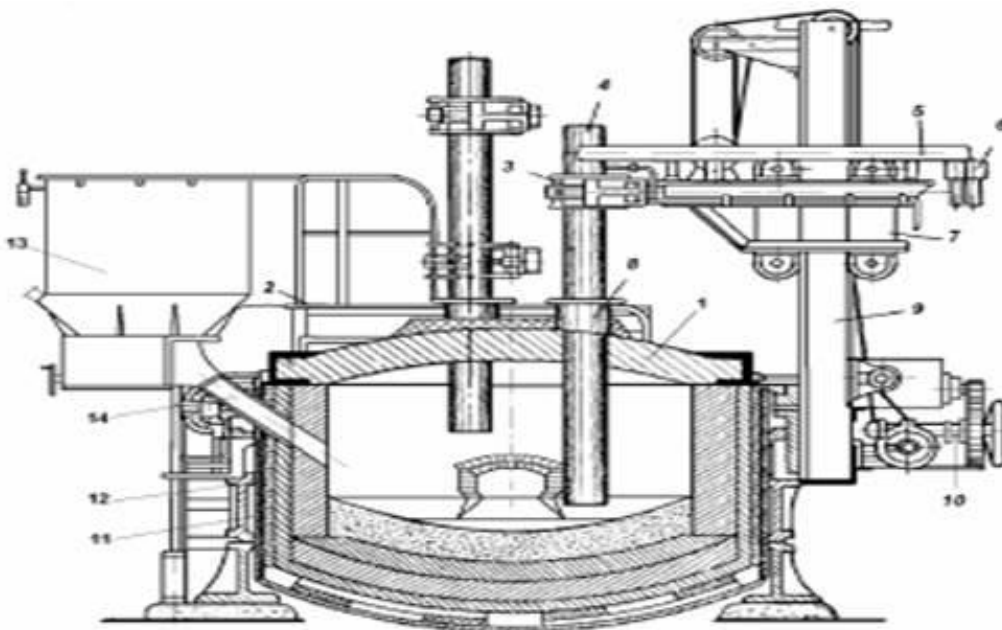
де Me – металловідходи.

У зв'язку з тим, що відновлення кремнію відбувається з кварциту шихти, а не з шлакового розплаву, константа рівноваги реакції (3.2) буде дорівнює:

$$K_p = a [\text{Si}],$$



а



б

1 – свод; 2 – майданчик для обслуговування електродів;
 3 – електродотримачі; 4 – електрод; 5 – токопідвід;
 6 – черевики гнучкою частини токоподвода; 7 – каретка;
 8 – ущільнююче кільце; 9 – стійка; 10 – привід переміщення
 електрода з тросової передачею; 11 – кожух печі;
 12 – футерування; 13 – бункер; 14 – тічка

Рисунок 3.1– Загальний вид (а) та схема (б) руднотермічної печі

так як $a_{Si}=1$, $a_C=1$ та $P_{CO}=101$ кПа.

Теоретичний опис процесу отримання силікомарганцю за пропонованою технологією зводиться до визначення активності кремнію в металі.

3.2 Дослідження технології виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів

Для підтвердження теоретичних передумов авторами роботи [40] для умов АТ «Нікопольський завод феросплавів» були проведені експериментальні дослідження по отриманню силікомарганцю з використанням в складі шихти марганецьвмісної металалевої фази – металовідходів силікомарганцю і феромарганцю. У якості шихтових матеріалів використовували:

- відсів високовуглецевого феромарганцю (78,4% Mn, 2,3% Si, 6,1% C, 0,47% P);
- відсів товарного силікомарганцю (74,8% Mn, 18,2% Si, 4% C, 0,34% P);
- кварцит (97,0% SiO₂);
- кокс (84,8% C_{ТВ});
- вапняк (52,1% (CaO + MgO); 45,1% н.п.п.).

Дослідження проводили в умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» в рудновідновній електропечі потужністю 240 кВА за чотирма варіантами, які передбачають отримання в сплаві різного вмісту кремнію (табл. 3.1).

Відсів фракціонування сплавів MnC17 і ФМн78 за своїм гранулометричним складом був представлений фракцією >20 мм, що утворюється в умовах існуючого виробництва АТ «Нікопольський завод феросплавів». Вапняк перед плавкою подрібнювали до фракції 5-20 мм, кокс використовували фракції >20 мм.

За кожним варіантом досліджень проведено 15 - 20 плавок. Виплавку сплаву здійснювали безперервним процесом з періодичним випуском продуктів плавки.

Електричний режим плавки відповідав напрузі 47,5 В, силі струму 500 - 1000 А. Процес характеризувався стійким струмовим навантаженням, глибокою

посадкою електродів в шихті, рівномірним газовиділенням по всій поверхні колошника. При виплавці сплаву MnC25 (варіанти 3 і 4) процес відрізнявся більш гарячим ходом колошника, метал і шлак виходили з більш високою температурою. Результати експериментальних досліджень наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Експериментальні дослідження по отриманню силікомарганцю з використанням в складі шихти металовідходів силікомарганцю і феромарганцю

Показник	Варіант виплавки			
	1	2	3	4
1. Витрата шихтових матеріалів, кг/баз.т.				
– відсів сплаву ФМн78	850	-	130	625
– відсів сплаву MnC17	-	890	690	-
– кварцит	525	315	470	1000
– кокс	255	135	220	470
– вапняк	58	45	45	60
2. Витрата електроенергії, кВт·год./баз.т.	4600	3300	4770	5780
3. Хімічний склад металу, %				
– Mn	66,4	68,6	63,2	50,1
– Si	21,4	25,6	30,3	40,7
– P	0,40	0,33	0,32	0,30
– C	0,90	0,20	0,14	0,05
4. Кратність шлаку	0,09	0,08	0,09	0,10
5. Витяг марганцю, %	94,0	93,5	93,4	95,4
6. Витяг кремнію, %	78,1	75,4	78,9	78,4

При порівнянні техніко-економічних показників за дослідною технологією з показниками виробництва передільного силікомарганцю (28% Si) необхідно зазначити вище використання марганцю (93,5 - 96,0% проти 84%) за діючою технологією, так як замість процесу відновлення марганцю з малофосфористого шлаку (МФШ) новою технологією передбачений переплав металевих відходів.

Одним з основних переваг отримання силікомарганцю за розробленою технологією є низька кратність шлаку, яка знаходиться в межах 0,08 - 0,1, тобто

процес є практично без шлаковим. Проведені дослідження дозволили розробити технологію виплавки силікомарганцю, що забезпечує:

- утилізацію металовідходів марганцевих феросплавів; підвищення використання марганцю на 13 - 16%;
- зниження кратності шлаку і відповідно втрат марганцю і кремнію з ним на 13 - 14% і 42-46%;
- зниження питомої витрати електроенергії на 20 - 30%.

Таким чином, для умов АТ «Нікопольський завод феросплавів» розроблено спосіб виплавки силікомарганцю з застосуванням в складі шихтових матеріалів відсіву фракціювання марганцевих феросплавів. Суть запропонованої технології полягає у відновленні кремнезему кварциту вуглецем коксу в присутності металевої фази - марганцю металовідходів. Запропонована технологія дозволяє переробляти відсів фракціювання товарного силікомарганцю та високо вуглецевого феромарганцю шляхом організації виплавки сплаву підвищеної якості та з кращими техніко-економічними показниками.

3.2 Висновки

1. В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» розроблена технологія виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів. Технологія основана на відновленні кремнезему кварциту вуглецем коксу в присутності металевої фази – марганцю з металовідходів. Технологія дозволяє переробити відсів фракціювання товарного силікомарганцю та вуглецевого феромарганцю шляхом організації виплавки сплаву підвищеної якості та з покращеними техніко-економічними показниками.

4 ОСВОЄННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛ З МАРГАНЕЦЬВМІСНОГО ПИЛУ

4.1 Дослідження технології виплавки малофосфористого шлаку із застосуванням окатишів

Одним з основних напрямків вдосконалення процесів феросплавної галузі є розробка нових технічних рішень, спрямованих на розширення переробки і утилізації побічних продуктів феросплавного виробництва та повернення їх в плавку з максимальною ефективністю.

Можливе рішення зазначеної проблеми - використання композиційних матеріалів різної форми гранулометрії з заданими характеристиками властивостей, отриманих огрудкуванням по багатоваріантній системі технологічних режимів (складів), які в подальшому застосовувалися б при виробництві різних марганецьвмісних сплавів.

Пил, що уловлюється від виплавки марганцевих феросплавів, характеризуються:

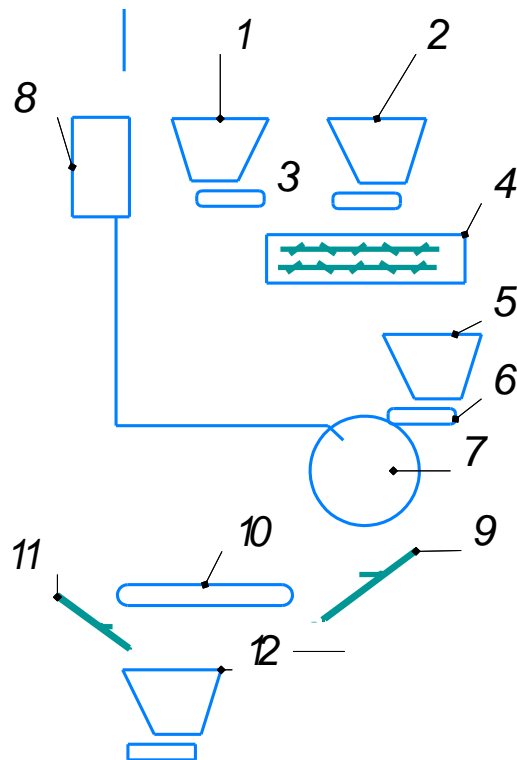
- наявністю великої кількості частинок дрібної фракції: <1 мкм – 80%, 10-100 мкм 15-8%, > 100 мкм 2-5%;
- розвиненою питомою поверхнею 1550-1600 м²/кг;
- стабільним хімічним складом: Mn 24-27%, SiO 20-22%, CaO 5-8%, R₂O 5-7%, P-0,02%, S-1,3%, н.п.п. -20%.

Так в умовах цеху №1 ВАТ «Запорізький завод феросплавів» набір перерахованих характеристик дозволив розвивати напрямок використання аспіраційного пилу в якості сполучного для грануляції коксового дріб'язку, що утворюється в кількості 10-13 тис.т/рік на вузлі підготовки.

Апаратурно-технологічна схема огрудкування пилу приведена на рис. 4.1.

Проведення пусконаладжувальних робіт в ручному режимі управління зумовило коливання по $C_{ТВ}$ 20-38%. Аналізуючи дані 26 проб можна прогнозувати можливість сприяння експресній методики визначення якості

окатишів за їх зольністю.



1 – бункер з пилом; 2 – бункер з коксовою дрібницею;
3 – дозатори; 4 – змішувач; 5 – бункер з шихтою;
6 – дозатор; 7 – огрудкувач; 8 – підготовка матеріалу, що пов’язує; 9 – грохот; 10 – сушило; 11 – грохот; 12 – бункер-накопичувач готових окатишів

Рисунок 4.1 – Апаратурно-технологічна схема огрудкування пилу

Низька кінцева волога окатишів забезпечує високу термічну міцність при попаданні на колошник електродугової сталеплавильної печі. Стабільний гранулометричний склад 95-97% фракції 10-15 мм призводить до стабілізації газодинамічного і електричного режиму ведення плавки. Накопичений статистичний матеріал дозволить в подальшому за рахунок більш точної регламентації режимів огрудкування отримувати окатиші з підвищеними металургійними властивостями.

В ході роботи проводилася відпрацювання технологічних параметрів виплавки товарного і передільного силікомарганцю з використанням

пилекоксових окатишів в напівпромислових умовах. Партія випробовуваних окатишів мала підвищені характеристики міцності $R_{у_{сухий}} > 90$ кг/ок., Чс 2,0 = 35-40. Шихта випробовувалися зі 15, 30, 45% ступенем заміни коксу фракції 5-25 мм, пилоподібним коксом фракції <3 мм у вигляді окатишів. Вивчалася ефективність використання окатишів з метою визначення впливу на техніко-економічні показники та якісні характеристики феросплавів. При заміні 15-30% вуглецю фракціонованого коксу, вуглецю фракціонованого коксу, вуглецем окатишів досягається ефект зниження домішок (знижується вміст Al, Ti, Cr). Збільшувалася витяг Mn на 1,1-1,5%, Si на 2,4-3,5%, знижувався витрата електроенергії на 130 кВт·год./т, збільшувалася продуктивність на 1,7%. В ході випробувань визначено верхню межу заміни вуглецю шихти окатишами, він дорівнює 30-45%, після якого практично залишаються незмінними техніко-економічними показниками виплавки і якісні характеристики сплавів.

З метою вдосконалення технології виробництва малофосфористого шлаку були підготовлені і проведені ряд промислових випробувань. На ділянці огрудкування аспіраційного пилу цеху №1 ВАТ «Запорізький завод феросплавів» була напрацьована партія окатишів в кількості 45 т. Середній хімічний склад окатишів наведено в табл. 4.1. Гранулометричний склад складав до 80% фракції 5-15 мм. Кількість окатишів на плавку малофосфористого шлаку давався з розрахунку заміни 50% відходів вуглезбагачення.

Основні техніко-економічні показники виплавки малофосфористого шлаку із застосуванням окатишів наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад окатишів

Матеріал	Масова частка, %								
	Mn	CaO	SiO	C _{тв.}	Al ₂ O ₃	MgO	S	P	н.п.п.
Пилекоксові окатиші	17-26	2,8-3,3	20-27	13-17	3,5-3,8	2,4-3,2	1,6-1,7	0,1	18-20

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники виплавки малофосфористого шлаку

Показник	Період роботи з окатишами		Базовий період	
	$\frac{\text{агломерат}}{\text{концентрат}} = \frac{1}{1}$	концентрат	$\frac{\text{агломерат}}{\text{концентрат}} = \frac{1}{1}$	концентрат
1. Тривалість роботи, доба:				
– фактична	2,62	2,21	2,56	2,27
– номінальна	2,45	2,25	2,55	2,53
2. Кількість плавок, шт.	17	15	18	17
3. Потужність, кВт	3218	3553	3372	3415
4. Продуктивність, баз.т/факт.добу	61,42	61,11	56,98	58,7
5. Питома продуктивність, баз.т/факт.добу/100 кВт	19,09	17,2	16,9	17,19
6. Витрата електричної електроенергії, кВт·год./баз.т	1258	1335	1423	1395
7. Витрата шихти на плавку, кг:				
– марганцевий концентрат	5500	11000	5500	10838
– агломерат	5500		5500	
Усього марганцевої сировини	1100	11000	11000	10838
– коксова дрібниця	700	753	706	618
– відходи КХЗ	559	1340	1000	1000
– відходи власного виробництва	1000	1000	1000	1000
– окатиші	1000	1000		
8. Питома витрата, кг/т:				
– марганцевий концентрат	585	1200	681,3	1240,7
– агломерат	598,8		696,8	
Усього марганцевої сировини	1183,8	1200	1378,1	1240,7
– коксова дрібниця	74,5	82,2	87,4	70,7
– відходи КХЗ	59,5	146,2	123,9	284,7
– відходи власного виробництва	106,4	109,1	123,9	114,5
– окатиші	100,4	109,1		
9. Вміст у шлаку, %:				
– марганець	44,6	44,4	43,7	42
– фосфор	0,0124	0,0154	0,0123	0,0145
10. Витяг марганцю, %	84,45	83,1	76,6	80,6

В якості базового варіанту прийнята робота печі №23 за цей же період. З табл. 4.2 видно, при виплавці малофосфористого шлаку із застосуванням окатишів питома продуктивність за 1-й та 2-й періоди дослідної компанії вище базового варіанту відповідно на 10% і 3%, питома витрата електроенергії нижче на 11% і 4,3%, питома витрата марганецьвмісної сировини нижче на 14% і 3,3%. Вміст марганцю в шлаку вище на 0,9% і 2,4% абс. Витяг марганцю вище на 8% абс. і 2,5% абс.

Слід зазначити коливання за хімічним і фракційним складом окатишів. Відмінною особливістю даної партії окатишів було знижений вміст в них вуглецю ($C_{\text{ТВ}}$ ~15%)

Тому при виплавці фалофосфористого шлаку із застосуванням 100% марганцевого концентрату при заміні значної частини відходів вуглезбагачення питома витрата коксу вище базового на 18,9%.

Отже остаточні висновки про доцільність використання пилекоксів окатишів при виплавці малофосфористого шлаку можливі за умови:

- стабілізації хімічного і фракційного складів пилекоксів окатишів в відділенні огрудкування цеху №1 ВАТ «Запорізький завод феросплавів»;
- напрацювання партії окатишів - не менше 180т [41].

4.2 Статична модель гранулометричного складу пилекоксів окатишів для феросплавного виробництва

При здійсненні автоматизації виробництва і використання окатишів істотним завданням є встановлення основних характеристик і закономірностей процесу. Одним з параметрів, що визначає якість сирих окатишів, є їх крупність. Від абсолютного значення діаметра окатишів залежить їх міцність, а ступінь однорідності гранулометричного складу визначається газопроникненістю шару окатишів при їх сушінні та проплавленні.

Вивчення характеру розподілу окатишів за крупності при різних режимах огрудкування необхідно для вирішення питань, пов'язаних з синтезом систем

управління процесами грануляції, сушки, використання.

Процес грануляції являє собою результат безлічі кінематичних і динамічних взаємодій твердих частинок у присутності рідини. Кожне окрема взаємодія є випадковим, але їх сукупність в зв'язку з однаковим для всіх частинок дією молекулярних сил зчеплення і спрямованим впливом сил відцентрових, тертя і гравітаційного поля характеризується цілком певними закономірностями. Логічно припустити, що ці закономірності процесу грануляції, як і багатьох інших природних масових процесів можуть бути виражені ймовірними моделями. Це положення в даній роботі підтверджується на підставі досвідчених даних.

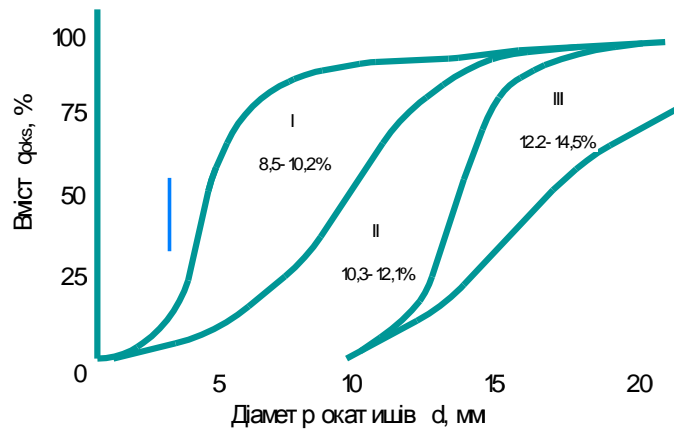
За основу при аналізі процесу грануляції прийняті результати експериментальних досліджень гранулометричного складу окатишів при зміні їх вологості, проведених на лабораторному і промисловому тарілчастому окомкувачі ділянки огрудкування ВАТ «Запорізький завод феросплавів». Зазначені дослідні дані містять обмежену статистику і характеризуються значним розкидом, що пов'язано з флуктуаціям вхідних, а отже, і вихідних параметрів процесу. У зв'язку з цим на першому етапі було виконано згладжування експериментальних залежностей, а потім проведена статистична реконструкція гранулометричних характеристик. Метою реконструкції було отримання характеристик розподілу масових виходів окатишів за крупністю q_0 і сумарних характеристик крупності $q_{ок.с}$.

При рівномірній зміні будь-якого з вхідних параметрів процесу грануляції (в даному випадку - вологості окатишів) характер кривих (крутизна, точка перегину) змінюється плавно (рис. 4.2). При збільшенні вологості характеристики переміщуються в область більш високої крупності і спочатку стають більш пологими, а потім - більшими. При подальшому підвищенні вологості крутизна характеристик знову зменшується.

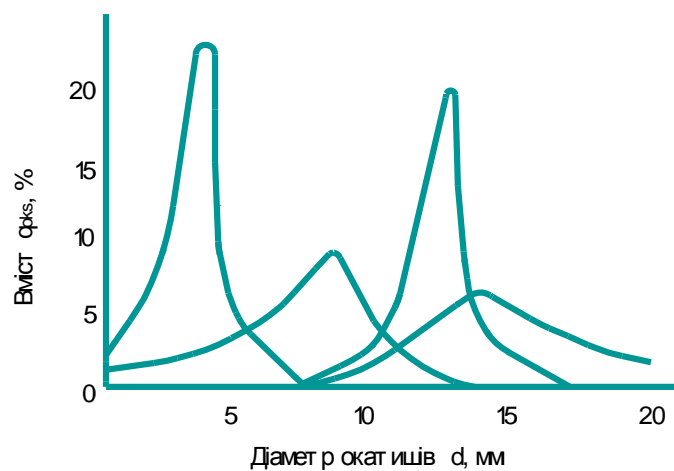
У вказаній закономірності вимірювання характеристик можна ви ділити три основні області:

– I – укрупнення матеріалу (вологість 8,5 -10,2%);

- II – ущільнення гранулометричного складу (вологість 10,3 -12,1 %);
- III – разуцільнення гранулометричного складу (вологість 12,2-14,5%).



а



б

Рисунок 4.2 – Сумарні характеристики (а) та характеристики розподілу окатишів (б) за крупністю при різних величинах вологості

В області I відбувається масове утворення і зростання гранул при достатку вихідного матеріалу. Область II відповідає зростанню гранул в умовах збільшення дефіциту вихідного матеріалу. Утворення нових гранул скорочується, наявний вихідний матеріал йде на укрупнення гранул, що раніше утворилися, в умовах зростаючого дефіциту вихідного матеріалу. При цьому однорідність суміші підвищується, що виражається в збільшенні максимуму та

зменшенні широти характеристик. Область III характеризується деяким подальшим укрупненням гранул, але одночасно і наростаючим процесом їх руйнування, що проявляється в поступовому збільшенні вмісту в котунах дрібних класів. В результаті при незначному перемещенні характеристик в бік більшої крупності їх максимум знижується, а широта збільшується.

Стан процесу грануляції, граничне між областями I і II, характеризується найменшою широтою характеристики розподілу і найбільшим її максимумом, а отже, найбільшою щільністю гранулометричного складу окатишів. За даними великолабораторних і напівпромислових досліджень, саме в такому режимі досягається максимальна міцність окатишів на стиск. Таким чином, з точки зору основних показників якості сирих окатишів - міцності і однорідності по крупності - зазначений граничний режим процесу грануляції є оптимальним.

Для узагальненої оцінки гранулометричного складу окатишів доцільно застосовувати статистичні показники, що характеризують стан, розсіювання, асиметрію і ексцес характеристик крупності.

Цікавим є зіставлення отриманих гранулометричних характеристик з функцією нормального розподілу (Гаусса). Виявляється вони близькими тільки на кордоні областей і процесу, тобто далеко від точки, відповідної оптимальному режиму.

Гранулометричний склад окатишів обумовлюється сукупністю факторів, що залежать від фізичних властивостей гранулометричного матеріалу і режимних параметрів процесу грануляції. До перших відносяться гранулометрія пилу і коксу, вологість і співвідношення компонентів в шихті. Режимними параметрами є витрата шихти і позв'язуючого матеріалу, кут нахилу і швидкість обертання окомкувача.

Дослідження із застосуванням імітаційного моделювання показали що збільшення виходу придатного на 20-25% і зменшення вмісту дрібниці до рівня не перевищує 3-4%, дозволяє знизити собівартість придатної продукції на 1,8-2,8%. Заходи, спрямовані на зниження рівня механічної стабілізації окатишів аналогічні брикетам і агломерату легко окупаються і можуть здійснюватися

поетапно під час планово-попереджувальних ремонтів.

Слід особливо відзначити, що збільшення міцності окатишів шляхом механічної стабілізації за сучасними представленнями не є доцільним, так як при цьому велика частина гідного подрібнюється. Необхідно домогтися максимальної міцності технологічними прийомами.

Введення в практику нових оціночних показовий виробництва окатишів, крім поліпшення екологічної обстановки дозволить вирішити, проблеми нормування екологічних, енергетичних та інших показників, уможливить досить коректний порівняльний аналіз роботи ділянки огрудкування в різних режимах.

Аналіз впливу різних технологічних факторів і режиму механічної обробки агломерату на екологічні показники процесу огрудкування показує значні резерви удосконалення технології, що дозволить вирішити питання, пов'язані з поліпшенням екологічної обстановки на ділянці огрудкування. Створення експертних систем управління технологічним процесом огрудкування дозволить поліпшити обґрунтованість прийнятих рішень на основі економічних, екологічних і технологічних критеріїв з урахуванням якості продукту, що отримується. Впровадження оціночних показників по придатному продукту, економічно стимулюючих екологічне вдосконалення виробництва, є необхідною умовою для використання будь-яких інновацій, так як при цьому буде забезпечено відповідність оціночних критеріїв цілям і задачам технології огрудкування - отримання огрудкованої сировини [41].

4.3 Висновки

В умовах АТ «Запорізький завод феросплавів» освоєна технологія виробництва гранул з марганецьвмісного пилу, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей.

5 ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ФЕРОМАРГАНЦЮ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БРИКЕТІВ МАНГАНОФЛЮСУ

5.1 Дослідження технології брикетування шламів і колошникового пилу

Відомо, що при виплавці чавуну і феромарганцю в системі газоочищення утворюється в рік 12,2 тис. тонн шламів (в перерахунку на суху масу) та 17 тис. тонн колошникового пилу. Зазвичай згущений шлам відстійників вологістю до 50% змішується з колошниковим пилом та постачається на аглофабрику.

Тому в умовах ВАТ «Костянтинівський металургійний завод» була досліджена технологія брикетування шламів і колошникового пилу. Спочатку технологію досліджували в лабораторних умовах, пресуючи матеріал в прес-формі. З огляду на склад і обсяги річного виходу шламів і колошникового пилу, розробили технологію виробництва манганофлюсу.

При виробництві манганофлюсу для виготовлення брикетів передбачається використовувати весь колошниковий пил доменної печі №2, частину шламу та відсів вапна.

Технологія виробництва брикетів наступна. Шлам після природної сушки на майданчику вологістю до 5,0% змішують з відсівом вапна і колошникового пилу. Після 2 діб вилежування в штабелі матеріал знову ретельно перемішують, завантажують в приймальний бункер преса і брикетують. Брикети відсівають від фракції -10 мм і протягом 24 годин зміцнюють на повітрі.

Склад брикетів складає: Mn – 17,7%; CaO – 18,2%; SiO₂ – 12,4%; C – 12,4%; S – 0,73%; P – 0,27%; Al₂O₃ – 3,49%; K₂O + Na₂O – 3,46%; н.п.п. – 20,1%.

Для подальших досліджень і відпрацювання технології, яка дозволила б

утилізувати весь шлам і весь пил доменного виробництва, було змонтовано дослідну установку, що включає змішувач, бункер, брикетний прес і гуркіт для відсіву дрібниці.

При переході на виплавку феромарганцю двома печами склад і річний вихід шламу та колошникового пилу змінюються. Розрахунки показують, що вихід шламу складе 11,8 тис. тонн на рік (в перерахунку на суху масу), а пилу - 10,7 тис. тонн в рік.

Склад шламу при виплавці феромарганцю складає: Mn – 13,3%; CaO – 20,0%; Al₂O₃ – 6,7%; MgO – 0,82%; Fe – 1,32%; S – 1,07%; P – 0,046%; н.п.п. – 30,0%.

При відпрацюванні технології на дослідній установці задовільні результати були отримані, коли для брикетування готували суміш наступного складу: шлам (вологістю до 50%) – 51%; колошниковий пил – 23%; відсів вапна - 26%.

Суміш ретельно перемішували та залишали на 2,4 години в закритому приміщенні для більш повного гасіння вапна. Після цього суміш знову перемішували, завантажували в бункер преса та брикетували.

Відсіану на гуркоті дрібницю повертали у бункер преса, а готові брикети вкладали в штабель.

З цієї технології і була проведена партія брикетів масою 10 т. Хімічний склад брикетів складає: Mn – 12,5%; CaO – 30,5%; SiO₂ – 8%; C – 15,3%; S – 0,4%, н.п.п. – 21%.

Розміри брикетів - (25 x 25 x 10) мм; міцність на стиск - не менше 40 кг/брикет; щільність - 1,95 г/см³. Брикети були випробувані в конвертерному цеху «Єнакіївського металургійного заводу», де з їх використанням проведено 5 промислових плавок.

Плавки проводилися з присадкою брикетів в кількості 400-600 кг на плавку замість плавикового шпату. Порядок і час присадки брикетів проводили - аналогічно присадкам плавикового шпату. Результати плавок представлені в табл. 5.1.

Як видно з табл. 5.1, основність шлаку на плавках з брикетами була на 0,1 од. більше, а Fe_{ar} - на 2,0% вище, ніж на плавках із застосуванням плавикового шпату при однаковій витраті вапна на 0,1% масової частки кремнію в чавуні.

Таблиця 5.1 – Середні результати базової та дослідної плавки з застосуванням при брикетів манганофлюсу замість плавикового шпату

Показник	Сталь марки Зпс	
	базова плавка	дослідна плавка
1. Витрата матеріалів, т:		
– металевого лому	40	40
– вапна	14,8	12,6
– плавикового шпату	0,4	-
– брикетів		0,65
– чавуну	120	120
2. Масова частка елементів в чавуні, %		
– С	1,5	1,25
– Mn	0,46	0,48
– S	0,056	0,056
– P	0,08	0,087
3. Масова частка елементів в металі на повалці, %		
– С	0,04	0,05
– Mn	0,06	0,05
– S	0,056	0,056
– P	0,019	0,014
4. Температура металу на повалці, °С	1585	1590
5. Масова частка Mn в готовій сталі, %	0,46	0,43
6. Масова частка FeO у шлаку, %	20,01	22,05
7. Основність шлаку після продувки, од.	2,82	2,91

Відзначене деяке (на 0,01%) збільшення масової частки вуглецю і зниження масових часток фосфору (на 0,005%) і марганцю (на 0,01%) в металі після продувки плавки з застосуванням брикетів.

На підставі результатів плавки можна зробити висновок, що брикети можуть застосовуватися для забезпечення процесу шлакоутворення

конвертерної плавки, що виключає добавки дорогого плавикового шпату [42].

5.2 Висновки

1. Досвід впровадження технології утилізації відходів феромарганцю в умовах ВАТ «Костянтинівський металургійний завод» шляхом застосування при виробництві брикетів манганофлюсу показав, що брикети можуть застосовуватися для забезпечення процесу шлакоутворення конвертерної плавки, що виключає добавки дорогого плавикового шпату.

6 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРОДОВИЩА В ФЕРОСПЛАВНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

6.1 Основні принципи охорони навколишнього природного середовища

На сьогодні у всьому світі дуже гостро стоїть проблема екологічного стану. Україна не є виключенням. Так головними причинами, що призвели до загрозливого стану довкілля в Україні, є [43, 44]:

- застарілі технології виробництва та застаріле обладнання,
- висока енергомісткість та матеріаломісткість, що перевищують у два-три рази відповідні показники передових країн з виробництва металопродукції;
- високий рівень концентрації промислових об'єктів;
- несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних виробництв;
- відсутність належних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водо забезпечення та інше);
- низький рівень експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів;
- відсутність належного правового та економічного механізмів, які б стимулювали розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем;
- відсутність належного контролю за охороною довкілля.

Промислові підприємства є найпотужнішим джерелом комплексного впливу на природні екосистеми, що пов'язано з багатьма виробничими процесам, як-то видобування корисних копалин, їх збагачення, наступна переробка з метою виробництва готової продукції, а також її транспортування та використання. Промислове виробництво завжди включає процеси споживання природних ресурсів і процеси переміщення в екосистемі відходів та нереалізованої енергії [45].

Так промислове виробництво феросплавів являє небезпеку для всіх компонентів навколишнього середовища. Утворення вторинних продуктів виробництва (відходів), а в подальшому їх накопичення забруднює значні території [46].

При взаємодії людини з природою у процесі виробництва та споживання постають дві взаємопов'язані проблеми:

- вплив обмеженості природних ресурсів на їх використання і розвиток суспільного виробництва, зростаюче забруднення середовища;
- необхідність розробки комплексу заходів щодо ліквідації цієї небезпеки для подальшого розвитку суспільства.

Природокористування має загальний характер, оскільки будь-який вид діяльності людей викликає зміни природного середовища. Ускладнення взаємозв'язків у природних, виробничих і соціальних системах, зростання пріоритету природогосподарських зв'язків викликають необхідність їх регулювання [47].

Виходячи зі світового досвіду та системного аналізу екологічних проблем металургійного комплексу стратегічними напрямками діяльності у цій галузі є [48]:

- комплексна структурна перебудова галузі;
- підвищення ефективності використання сировинних та енергетичних ресурсів до світового рівня;
- зниження частки продукції, що її отримують у мартенівському виробництві, і розширення використання конверторного її виробництва;
- перехід на екологічно чисті технології в головних ланках виробничого ланцюга металургійного циклу.

Програма розв'язання екологічних проблем металургійної промисловості має передбачати [48]:

- проведення поглибленого екологічного аудиту на всіх металургійних комплексах України;
- розроблення екологоорієнтованих критеріїв структурної перебудови

металургійного комплексу України, яка б ґрунтувалася на результатах аудиту металургійної промисловості;

- розроблення програми першочергових заходів у металургійному комплексі з метою зменшення кількості викидів твердих часток у повітря та поліпшення якості довкілля;

- удосконалення нормативно-методичних засобів регулювання викидів забруднюючих речовин металургійної промисловості;

- розроблення та впровадження механізму узгодження рівня допустимих викидів з темпами модернізації технологій і структурної перебудови в металургійній промисловості;

- реалізацію комплексу програм з переробки та утилізації твердих відходів.

6.2. Екологічні проблеми промислового комплексу України

Предметом промислової екології є механізм зниження забруднення середовища в процесі виробництва. Промисловість забруднює середовище теплом, шумом, електромагнітним випромінюванням, які вкрай гнітюче впливають як на людину, так і на природу в цілому. Так, наприклад, вплив шуму є однією з головних причин стресів в людському суспільстві і природі. Однією з найбільших небезпек вважається забруднення ґрунтових вод і глибоких водоносних горизонтів. На відміну від поверхневих вод цю воду практично неможливо очистити або потрібно застосування дорогих технологій. Але основне навантаження несуть на собі, звичайно ж, атмосфера і відкриті водойми [49]. До числа основних напрямів розвитку промислової екології можна віднести наступне [50]:

- очищення викидів. Розробляються і впроваджуються все нові системи очисних споруд, що перешкоджають попаданню шкідливих речовин в атмосферу і у водойми. Однак проблема цим не вирішується. Залишається питання їх утилізації;

- удосконалення технології виробництва шляхом повторного використання відходів;

- удосконалення видобувних і промислових галузей промисловості. Тут відбуваються практично неконтрольовані процеси руйнування ландшафтів, загибелі придатних для землеробства земель, забруднення середовища, безпосереднє знищення рослинного і тваринного світу планети;

- перехід на екологічно більш чисті джерела енергії;

- зниження шкідливості транспорту.

До основних антропогенних факторів розвитку екологічної кризи в Україні належать передусім великі промислові комплекси – споживачі сировини, енергії, води, повітря, земельних просторів і водночас найпотужніші джерела практично всіх видів забруднень (механічних, хімічних, фізичних, біохімічних) [51].

На підприємства чорної металургії припадає близько 15% всіх промислових викидів в атмосферу пилу, 8-10% – викидів діоксиду сірки, 10-15% – загального обсягу споживання води. До цього слід додати величезну кількість твердих відходів (шлаків, шламів тощо). Наприклад, навколо металургійних комбінатів м. Маріуполя розташовано багато сховищ металургійних шлаків. На території міста знаходяться дев'ять гідротехнічних споруд, на які впливають металургійні шлаки. Скрізь, де є металургійні шлаки, у водоймах накопичуються води з надзвичайно високою концентрацією сульфідів, які іноді прориваються в струмки і річки, в результаті рукотворних паводків, що призводить до сильного забруднення та виникнення техногенних аварій. Кисень у воді витрачається на окислення сульфідів, вміст кисню в даних сульфідних водоймах стає рівним нулю і це призводить до загибелі живих організмів.

Сучасний промисловий комплекс України за своєю структурою, технологіями і рівнем природокористування залишається брудно- і ресурсоємним, екологічно незбалансованим [52].

Сьогодні промислова екологія охоплює дуже широке коло проблем та

питань охорони навколишнього середовища. Для їх вирішення слід поглибити рівень наукових досліджень, розгорнути обґрунтування екологічних прогнозів для окремих регіонів та України в цілому.

Необхідно удосконалити управління природоохоронною діяльністю, виробити систему адміністративних, економічних, психологічних, освітніх заходів та визначити відповідальність населення за порушення заборони викидання неочищених вод у водойми і викидів у атмосферу, виробити систему безпечних технологій внесення у ґрунт мінеральних добрив, отрутохімкатів, на науковий рівень піднести процес лісозаготівель, щоб до мінімуму звести шкідливий вплив від вирубування лісу.

Треба виробити національну програму екологічного оздоровлення, яка може стати базою поступового нормування всіх компонентів природних комплексів, забезпечити контроль якості сільськогосподарської продукції у зв'язку з радіоактивним і хімічним забрудненням, що перевищує допустимі концентрації [53].

Від успішного вирішення цих проблем залежить здоров'я людей, продуктивність їхньої праці. При цьому необхідно всебічно враховувати особливості природи та клімату, не повинно бути єдиного стандарту при проектуванні міст в різних природних умовах [54]. Також слід зазначити, що екологія навколишнього середовища насамперед залежить від ставлення людей до проблем та питань з її охорони, від розуміння всієї серйозності та важливості цих питань. Тому екологія буде тим чистіше, чим швидше людина навчиться розуміти всю їх важливість. Саме промислова екологія є найвдалішим шляхом для вирішення проблем навколишнього середовища.

6.3 Екологічна безпека виробництва та охорона навколишнього природного середовища феросплавної промисловості України

Основними принципами охорони навколишнього природного середовища Згідно закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»

є [55]:

- пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, нормативів та лімітів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;

- гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;

- запобіжний характер заходів щодо охорони навколишнього природного середовища;

- екологізація матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони навколишнього природного середовища, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій;

- обов'язковість екологічної експертизи;

- гласність і демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;

- науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище;

- компенсація шкоди, заподіяної порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

- встановлення екологічного податку, збору за спеціальне використання води, збору за спеціальне використання лісових ресурсів, плати за користування надрами відповідно до Податкового кодексу України.

Одним із важливих напрямків у роботі АТ «Нікопольський завод феросплавів» є впровадження заходів із екологічної безпеки виробництва і охорони навколишнього природного середовища. Так, в умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» практично повністю виключено використання природного газу, замість якого застосовано фєрогаз, що попутно утворюється під час виробництва феросплавів. Розроблена екологічна стратегія

щодо скорочення забруднення навколишнього середовища, яка спрямована на вдосконалення систем очищення технологічних газів і пов'язана із заміною малоефективних «інерційних» на найкращі та ефективні на сьогоднішній період – рукавні фільтри. При цьому вловлений пил та шлам в обсязі до 60 тисяч тонн на рік повторно використовується під час виробництва агломерату, частково заміщуючи марганцеву руду.

АТ «Нікопольський завод феросплавів», як одне з найбільших підприємств гірничо-металургійного комплексу країни, є активним учасником екологічних програм Дніпропетровської області. Впроваджені проекти повністю відповідають завданням регіональних і державних інноваційних програм з охорони навколишнього середовища. Тільки за останні 15 років в АТ «Нікопольський завод феросплавів» виконано 9 природоохоронних заходів із будівництва потужних (сумарна потужність 4,4 млн.м³/год.) вискоєфективних систем очищення на загальну суму 363 млн. грн., що дозволило знизити кількість викидів твердих забруднюючих речовин в атмосферу в 2,5 рази і питомий показник викиду марганцю в 2 рази. З 2010 року завод повністю припинив скидання забруднених зливових і колекторно-дренажних вод у водні об'єкти, встановивши ефективні системи очищення води, що дозволило повернути до 470 тис. куб. води у технологічний цикл із відповідною економією витрат свіжої води Каховського водосховища.

На АТ «Нікопольський завод феросплавів» розроблена і сертифікована система менеджменту якості відповідно до вимог МС ISO 9001: 2000 та ДСТУ ISO 9001-2001. З метою зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище розроблена і сертифікована система менеджменту навколишнього середовища відповідно до вимог МС ISO 14001: 2004 [56].

АТ «Запорізький завод феросплавів» є порівняно чистим в екологічному відношенні підприємством: усі електропечі обладнані системами газоочищення, що забезпечують уловлювання газів і пилу не менше 99,9%. На заводі працює ділянка грудкування пилу власного виробництва, частина феросплавного газу використовується замість природного газу для виробництва

вапна, сушки технологічного посуду і тепло-водопостачання заводу. Якість управління і товарної продукції підтверджена міжнародним стандартом якості ISO 9001 : 2015 [57].

6.4 Висновки

1. Проаналізовано основні принципи охорони навколишнього природного середовища в металургійній галузі та визначені актуальні стратегічні напрямки її діяльності:

- комплексна структурна перебудова галузі;
- підвищення ефективності використання сировинних та енергетичних ресурсів до світового рівня;
- зниження частки продукції, що її отримують у мартенівському виробництві, і розширення використання конверторного її виробництва;
- перехід на екологічно чисті технології в головних ланках виробничого ланцюга металургійного циклу.

2. Проаналізовано стан екологічної безпеки феросплавної промисловості України на прикладі АТ «Нікопольський завод феросплавів» та АТ «Запорізький завод феросплавів».

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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

2. Аналіз вторинних матеріалів феросплавного виробництва показав, що на сьогоднішній день широко використовуються серед вторинних марганецьвмісних матеріалів такі як шлак силікомарганцю, шлак високовуглецевого феромарганцю, шлаковий пісок, металоконцентрат, неконденційна дрібниця силікомарганцю, шлами аглофабрики, шлами газоочищення плавильних цехів, шлами флюсоплавильні, пил вентиляційних систем та пил аспірацій.

3. Аналіз сучасних методів удосконалення металургійного виробництва шляхом використання вторинних відходів показав на перспективність застосування:

- технології комплексного використання вторинних оксидних та металовмісних матеріалів;
- технології виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів;
- технології виробництва гранул з марганецьвмісного пилу, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей;
- технології утилізації відходів феромарганцю шляхом застосування при виробництві брикетів манганофлюсу.

4. Освоєння технології комплексного використання оксидних та металовмісних матеріалів в умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» дозволило:

- збільшити вилучення марганцю в умовах безперервно погіршення якості марганецьрудної сировини, що використовується при виробництві феросплавів на 4–6%;

- забезпечити практично повну переробку та використання шлаків поточного виробництва та приступити до переробки раніш накопичених у відвалах, а також скоротити річну потребу заводу в первинній марганцевій сировині більш ніж на 150 тис. тонн;
- зекономити щорічно більше 60 млн. кВт·год. електроенергії;
- знизити витрату коксової дрібниці при виробництві агломерату на 7–9%;
- забезпечити переробку та відвантаження споживачам щорічно до 30 тис. тонн попутного металу, який використовується в сталеплавильному та ливарному виробництвах;
- освоїти випуск зі шлаків товарів народної потреби (шлакоброки), а також шлакового лиття, що використовується на підприємствах галузі.

5. В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» розроблена технологія виплавки силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів. Технологія основана на відновленні кремнезему кварциту вуглецем коксу в присутності металевої фази – марганцю з металовідходів. Технологія дозволяє переробити відсів фракціювання товарного силікомарганцю та вуглецевого феромарганцю шляхом організації виплавки сплаву підвищеної якості та з покращеними техніко-економічними показниками.

6. В умовах АТ «Запорізький завод феросплавів» освоєна технологія виробництва гранул з марганецьвмісного пилу, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей.

7. Досвід впровадження технології утилізації відходів феромарганцю в умовах ВАТ «Костянтинівський металургійний завод» шляхом застосування при виробництві брикетів манганофлюсу показав, що брикети можуть застосовуватися для забезпечення процесу шлакоутворення конвертерної плавки, що виключає добавки дорогого плавикового шпату.

8. Проаналізовано основні принципи охорони навколишнього природного середовища в металургійній галузі та визначені актуальні стратегічні напрямки

її діяльності:

- комплексна структурна перебудова галузі;
- підвищення ефективності використання сировинних та енергетичних ресурсів до світового рівня;
- зниження частки продукції, що її отримують у мартенівському виробництві, і розширення використання конверторного її виробництва;
- перехід на екологічно чисті технології в головних ланках виробничого ланцюга металургійного циклу.

Проаналізовано стан екологічної безпеки феросплавної промисловості України на прикладі АТ «Нікопольський завод феросплавів» та АТ «Запорізький завод феросплавів».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

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

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

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

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

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

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

17. Єгоров К.В. Аналіз відходів металургійного виробництва. *Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра*. 2010. С. 193-196.

18. Абашина К. О., Хандогіна О. В. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Утилізація промислових відходів» (для студентів 6 курсу денної форми навчання спеціальності 8.17020201 – Охорона праці (за галузями)). Харків: ХНУМГ ім.О.М. Бекетова, 2016. 58 с.

19. Горбунов О. Д. Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні маловідходні технології» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 144 «Теплоенергетика» очної та заочної форм навчання. Кам'янське: ДДТУ, 2016. 124 с.

20. Губіна В. Г., Горлицький Б. О. Проблема залізовмісних відходів гірничо-металургійного комплексу України – системний підхід. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2009. Вип. 7. С. 79-92.
21. Литимин В. М., Макарова М. В., Васильева М. С., Насыров Т. М. Пыль и шлам газоочисток металлургических заводов и анализ путей их утилизации. *Теория и технология металлургического производства*, 2015. №1 (16). С. 82 – 86.
22. Пахомова С.А., Иванченко В.В. Эффективность использования металлических отходов для изготовления конструкционных деталей. *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана*. Серия «Машиностроение», 2007. №3. С. 74 – 78.
23. Кокорин В. Н., Цеменко В. Н., Кокорин М. В. Прессование структурнодисперсных систем с различным агрегатным состоянием фаз в технологических процессах утилизации тонкодисперсных порошковых отходов чёрной металлургии. *Вестник Ульяновского государственного технического университета*, 2004. №2. С. 39 – 41.
24. Колёсова О. В., Островский С. В., Басов В. Н., Циппер А. А. Поисковые исследования по извлечению соединений хрома из шламов хроматного производства. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*, 2014. №4. С. 76 – 90
25. Отходы глиноземного производства - перспективное сырье для черной и цветной металлургии / Л. А. Пасечник и др. *Труды Кольского научного центра РАН*, 2018. С. 884 – 888.
26. Утков В. А., Сизяков В. А. Современные вопросы металлургической переработки красных шламов. *Записки горного института*, 2013. Т 202. С. 39 – 43.
27. Каяк Г. Л., Фоменко В. С., Андреев В. В. Разработка технологии утилизации шлифовального шлака. *Вестник инженерной школы*

Дальневосточного федеративного университета. Серия «Технические науки. Материаловедение и технологии металлов», 2017. №1(30). С. 60 – 61.

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

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

30. Технология и экономическая эффективность переработки железосодержащих отходов (шламов) конверторного производства ОАО «Северсталь» в прочные брикеты / Е. М. Булыжнев и др. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2009. Т 11. №3(2). С. 404 – 408.

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

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

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

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

35. Снежко Е. И., Квижинадзе О. Н. О направлениях утилизации и переработки железосодержащих шламов прокатного производства. *Известия*

Южного федеративного университета. Технические науки, 2004. С. 248.

36. Комплексное использование вторичных марганецсодержащих материалов / А. Н. Овчарук, И. И. Люборец, И. П. Рогачёв и др. *Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства: теория и технология, эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов, экология, экономические аспекты развития внутреннего и внешнего рынков: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию ГметАУ и 75-летию кафедры электрометаллургии (30.06–02.07.1999)*. Днепропетровск: Системные технологии, 1999. С. 400–404.

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

38. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. *Теория и технология производства ферросплавов: учебн. для вузов*. Москва: Metallurgia, 1988. 784 с.

39. Гасик М.И. *Марганец: монография*. Metallurgia: Metallurgia, 1992. 607 с.

40. Исследование и разработка технологии получения силикомарганца с применением металлоотходов марганцевых ферросплавов/ В. А. Гладких, Г. Д. Ткач, В. Ф. Лысенко и др. *Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства: теория и технология, эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов, экология, экономические аспекты развития внутреннего и внешнего рынков: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию ГметАУ и 75-летию кафедры электрометаллургии (30.06–02.07.1999)*. Днепропетровск: Системные технологии, 1999. С. 164–166.

41. Гаврилов В. А. Освоение технологи производства гранул из марганецсодержащей пыли уловленной сухими газоочистками электротермических печей. *Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства: теория и технология, эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов, экология, экономические аспекты развития внутреннего и внешнего рынков: материалы*

международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию ГметАУ и 75-летию кафедры электрометаллургии (30.06–02.07.1999). Днепропетровск: Системные технологии, 1999. С. 405–411.

42. Шестопалов В. Н., Варава В. И., Княжанский М. М. Разработка и опробование технологии утилизации отходов производства чугуна и ферромарганца. *Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства: теория и технология, эффективность использования минерально-сырьевых ресурсов, экология, экономические аспекты развития внутреннего и внешнего рынков*: материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию ГметАУ и 75-летию кафедры электрометаллургии (30.06–02.07.1999). Днепропетровск: Системные технологии, 1999. С. 425–426.

43. Проблеми довкілля: причини, наслідки та шляхи вирішення. URL: <https://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/18851/> (дата звернення: 15.10.2020).

44. Конащук В. Л., Левін О. В. До питання про вирішення еколого-економічних проблем діяльності промислового підприємства. *Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії* / ред. О. В. Коваленко. Запоріжжя, 2014. Вип. № 7. С. 162 - 170.

45. Мамчук І. В., Абрамчук М. Ю. Урахування та аналіз природоохоронних витрат у системі екологічного менеджменту. *Механізм регулювання економіки*. 2008. №3. С. 223-240.

46. Макарова В. Н. Оценка опасности металлургического производства. *Новини інженерної науки Придніпров'я*. 2016. №1. С. 29-34.

47. Актуальність проблеми охорони природи. URL: <https://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21284/> (дата звернення: 15.10.2020).

48. Екологічна безпека в промисловості. URL: <https://ru.osvita.ua/vnz/reports/ecology/21105/> (дата звернення: 15.10.2020).

49. Промислова екологія. URL: <http://znaimo.com.ua> (дата звернення: 15.10.2020).

50. Основи промислової екології. URL: <http://www.coolreferat.com> (дата

звернення: 15.10.2020).

51. Промисловий комплекс України. URL: <http://www.ukrreferat.com/>
(дата звернення: 15.10.2020).

52. Металургійний комплекс України. URL:
http://otherreferats.allbest.ru/geography/00122371_0.html (дата звернення:
15.10.2020).

53. Екологічні проблеми промислового комплексу. URL:
[http://eco.com.ua/content/ekologo-ekonomichne-obgruntuvannya-racionalnogo-
vodokoristuvannya-u-promislovomu-kompleksi](http://eco.com.ua/content/ekologo-ekonomichne-obgruntuvannya-racionalnogo-vodokoristuvannya-u-promislovomu-kompleksi) (дата звернення: 15.10.2020).

54. Основи промислової екології. URL:
<http://bukvar.su/jekologija/197208-Osnovy-promyshlennoiy-ekologii.html> (дата
звернення: 15.10.2020).

55. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата
звернення: 15.10.2020).

56. АТ «Нікопольський завод феросплавів». URL:
<http://ukrfa.com.ua/ua/member-2> (дата звернення: 15.10.2020).

57. АТ «Запорізький завод феросплавів». URL:
<http://ukrfa.com.ua/ua/member-3> (дата звернення: 15.10.2020).

ДАДАТКИ

ДОДАТОК А

**НАКУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
МАГІСТРА**

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут**

МАТЕРІАЛИ

**XXV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів**



Запоріжжя
2020

**Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут**

МАТЕРІАЛИ

**XXV науково-технічної конференції
студентів, магістрантів, аспірантів,
молодих вчених та викладачів**

24-27 листопада 2020

ЗМІСТ

Секція металургії

Голота К.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	5
Аналіз та вдосконалення технології випалу вапняку в виробництві глинозему	
Агафонов О.А., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	6
Аналіз та вдосконалення технології зневоднення гідроксиду алюмінію	
Живиця І.В., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	6
Аналіз та вдосконалення технології гідрокласифікації розбавленої пульпи у виробництві глинозему	
Личко Д.М., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	7
Аналіз та вдосконалення технології мокрого розмелювання бокситів	
Лотошников О.О., магістрант гр. 8.1369-мкм-з, Нестеренко Т.М., доц., канд. техн. наук	7
Аналіз та вдосконалення технології згущення червоного шламу	
Подвойський Ю.О., ст. гр. МЕТ-17-16д, Лічконенко Н.В., ст.викл.	
Залежність гранулометричного складу металевих гранул від гідродинамічної нестабільності струменя розплаву	8
Кушніренко О.Г., ст. гр. 6.1369-с, Лічконенко Н.В., ст.викл.	9
Сучасні способи отримання порошків для адитивних технологій	
Сидоренко М.А., ст. гр. 6.1369, Лічконенко Н.В., ст.викл.	10
Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва вогнетривів в Україні	
Донець В.Г., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук	11
Дослідження впливу структури коксу на його властивості	
Єрмаков П.В., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук	12
Аналіз нових технологій коксування вугілля	
Рибалка Є.М., магістрант гр. 8.1369 – МКМ, Бережна О.Р., доц., канд. техн. наук	13
Скачков В.О., доц., докт. техн. наук	
Підвищення якості вуглецевих блоків для електродів методом просочення	
Ярмонов М.О., магістрант гр. 8.1369 – МЧМ, Скачков В.О., доц., докт. техн. наук	13
Застосування модернізованої системи опалювання в мартенівському виробництві	
Єрмаков П.В., ст. гр. 8.1369-МЧМ, Кириченко О.Г., доц., канд. техн. наук –	14
Аналіз нових технологій коксування вугілля	
Ганоченко М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	15
Проблеми розсіпання феросплавів	
Діброва М.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	16
Аналіз технології виплавки карбіду бора	
Матвеев О.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	17
Комплексне використання вторинних марганецьвмісних матеріалів	
Юрченко Є.О., магістрантка гр. 8.1369-мчм-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук,	18
Воденнікова Л.В., ас.	
Теплова робота мартенівської печі	
Гарус К.М., магістрант гр. 8.1369-мчм-з, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук	19
Радіоактивність сировини та продуктів металургійного виробництва	
Вінник І.І., студент гр. 6.1369-мчм-с-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук,	20
Воденнікова Л.В., ас.	
Сучасні проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів	
Лисенко Є.І., студент гр. 6.1369-мчм-с-д, Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук,	21
Воденнікова Л.В., ас.	
Адитивні технології: перспективи та проблеми 3D та 4D-друку	

- технологічні параметри підготовки компонентів шихти до плавці;
 - електричні параметри ведення процесу, що забезпечують оптимальну концентрацію електричної енергії в реакційному обсязі;
 - виплавлений карбід бору у вигляді товарної фракції, або шліфувальних порошоків.
- Серед актуальних напрямів досліджень, присвячених удосконаленню технології виплавки бору, слід виділити вибір раціональної технології грануляції шихти та оптимального режиму сушки

На сьогодні актуальними залишаються і питання зниження параметрів синтезу порошоків (зменшення температури синтезу та тривалості технологічного процесу) і зменшення ціни одержуваних сполук. З літературних джерел відомо про використання різних видів вуглецевого матеріалу в якості джерела вуглецю реакцій карбідо- і борідоутворення, але практично повністю відсутні дані про використання вуглецевих нановолокон для синтезу тугоплавких сполук.

Відомий спосіб отримання карбіду бору методом самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВС) шляхом нагрівання аморфного бору, який міститься в реакційній склянку, в суміші метану з аргоном. Реакція СВС-процесу починається при температурі 400 ° С, процес ініціювався пропусканням струму через вольфрамову спіраль.

Мають місце дослідження, присвячені способу отримання карбіду бору термічним розкладанням солі додекагідро-клозе-додекаборатної кислоти.

Перспективним також вважається спосіб отримання карбіду бору, що складається в нагріванні шихти з суміші аморфного бору і високодисперсного вуглецевого матеріалу (нановолокнистого вуглецю).

Слід не обійти увагою і карботермічний спосіб отримання полідисперсного порошку карбіду бора. Спосіб дозволяє отримати полідисперсний порошок карбіду бору заданого зернового складу від 5 до 150 мкм, що не потребує інтенсивного подрібнення.

УДК 620.22:669.74

Матвеев О.О., магістрант гр. 8.1369-мчм-д,
Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук – науковий керівник

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИНИХ МАРГАНЕЦЬВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету,
кафедра металургії*

На сьогодні пріоритетним напрямком використання відходів феросплавного виробництва стало їх максимальне залучення в технологічні процеси металургійного переділу. Застосування енерго-та ресурсозбереження в металургії шляхом використання вторинних відходів дасть змогу знизити матеріало-та енергоємність металопродукції та зменшити негативний вплив металургії на стан навколишнього середовища.

Так металургійний переділ шламів збагачувальних фабрик і відвальних шлаків феросилікомарганцю має важливе значення у вирішенні проблеми комплексного використання марганецьвмісної сировини, що дозволяє розширити рудносировинну базу та істотно знизити втрати марганцю на стадії збагачення і металургійного переділу.

Аналіз розподілу основних елементів між продуктами плавки силікомарганцю та феромарганцю в промислових умовах показав, що 10–16% марганцю втрачається зі шлаком, в якому він знаходиться як в оксидній формі, так і у вигляді металевих корольків; 4–8% марганцю переходить у відходи (продукти згущення шлаку та охолодей розливних ковшів); 2–6% марганцю переходить у шлами газоочищення газів, що відходять, та аспіраційних систем стрічкових вузлів та розливних машин та 2–5% марганцю переходить в скрап (бризки та корольки металу на розливці).

В умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» запропонована комплексна технологія утилізації відходів виплавки марганцевих сплавів. Застосування технології дозволило:

- на 4–6% збільшити вилучення марганцю в умовах безперервно погіршення якості марганецьрудної сировини, що використовується при виробництві феросплавів;
- забезпечити практично повну переробку та використання шлаків поточного виробництва та приступити до переробки раніш накопичених у відвалах;
- зекономити енергетичні ресурси;
- на 7–9% знизити витрату коксової дрібниці при виробництві агломерату;
- забезпечити переробку та відвантаження споживачам попутного металу;
- освоїти випуск зі шлаків товарів народної потреби (шлакоблоки) та шлакового лиття.

Також в умовах АТ «Нікопольський завод феросплавів» розроблена технологія отримання силікомарганцю з використанням металовідходів марганцевих феросплавів. Технологія ґрунтується на відновленні кремнезему кварциту вуглецем коксу в присутності металевої фази – марганцю з металовідходів. Технологія дозволяє переробити відсів фракціонування товарного силікомарганцю та вуглецевого феромарганцю шляхом організації виплавки сплаву підвищеної якості та з покращеними техніко-економічними показниками.

В умовах АТ «Запорізький завод феросплавів» освоєна технологія виробництва гранул з марганецьвмісного пилю, що уловлюється сухим газоочищенням електротермічних печей.

На ВАТ «Костянтинівський металургійний завод» розроблена та апробована технологія утилізації відходів феромарганцю. Зокрема, для виробництва брикетів (виробництво манганофлюсу) використовується колошниковий пил доменної печі, шлам з відстійників та відсів вапна.

УДК 669.183.2

Юрченко Є.О., магістрантка гр. 8.1369-мчм-д,

¹Воденнікова О.С., доц., канд. техн. наук, ²Воденнікова Л.В., ас. – наукові керівники

ТЕПЛОВА РОБОТА МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЕЧІ

¹*Інженерний навчально-науковий інститут Запорізького національного університету, кафедра металургії*

²*Запорізький державний медичний університет, кафедра природничих дисциплін для іноземних студентів та токсикологічної хімії*

На сьогодні дуже актуальним є питання вдосконалення теплової роботи мартенівських печей з метою скорочення питомої витрати палива та енергоносіїв на виплавку сталі, а також зниження шкідливих викидів в навколишнє середовище (на базі безвитратних і малозатратних заходів).

Одним з найбільш ефективних енергоресурсозберігаючих напрямків, що дозволяють без значних часових та фінансових витрат істотно поліпшити техніко-економічні показники роботи мартенівських печей є вдосконалення системи їх опалення, в тому числі конструкції пристроїв для палення та режимів подачі енергоносіїв в робочий простір агрегату.

Відомо, що продуктивність мартенівської печі в значній мірі залежить від теплового режиму плавки і відповідної організації виробництва - безперебійної і своєчасної подачі матеріалів та рідкого чавуну, а також чіткого виконання всіх технологічних операцій.

Протягом усіх періодів мартенівської плавки в піч подають паливо, при цьому близько 85-90% тепла передається від факела до ванни випромінюванням, а 5-15% - конвекцією. Чим вище температура факела і ступінь чорноти полум'я, тим інтенсивніше нагрівається шихта і тим менше часу витрачається на плавку. Підвищення температури факела досягають поліпшенням ступеня нагріву повітря і газу в регенераторах і збагаченням повітря киснем; підвищення ступеня чорноти факела - карбюрація полум'я.