

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної магістерської роботи**

рівень вищої освіти другий ((магістерський) рівень)

(другий (магістерський) рівень)

на тему «Особливості технології застосування антрациту при виплавці
феросиліцію ФС 45»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1362-мчм

Ясунас Олександр Костянтинович

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Металургія чорних металів

(шифр і назва)

Керівник Скачков В.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Ю.О. Бєлоконь

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2023 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
Рівень вищої освіти другий магістерський рівень
другий (магістерський) рівень
Спеціальність 136 металургія
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма обробка металів тиском
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри МТЕТБ
Ю.О. Белоконь
"07"05 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Ясунас Олександр Костянтинович
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема проекту (роботи) «Особливості технології застосування антрациту при виплавці феросиліцію ФС 45»
керівник роботи (проекту) Скачков Віктор Олександрович д.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 09.10.2023 року №1580-с
- Строк подання студентом роботи (проекту) 01.12.2023
- Вихідні дані до роботи (проекту) Визначення режиму виплавці феросиліцію ФС 45, встановити можливість заміни частини коксу на природний антрацит, оцінити ефективність запропонованої заміни.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина, Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 10 слайдах (на 10 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Розділ 1 назва розділу</i>	<i>Скачков В.О., професор</i>	
<i>Розділ 2 назва розділу</i>	<i>Скачков В.О., професор</i>	
<i>Розділ 3 назва розділу</i>	<i>Скачков В.О., професор</i>	
<i>Розділ 4 назва розділу</i>	<i>Скачков В.О., професор</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i>	

7. Дата видачі завдання 07.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>09.10-16.10.2023</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>29-30.11.2023</i>	
3	<i>Розділ 1</i>	<i>17.10-27.10.2023</i>	
4	<i>Розділ 2</i>	<i>28.10 --06.11.2023</i>	
4	<i>Розділ 3</i>	<i>07-16.11.2023</i>	
5	<i>Розділ 4</i>	<i>17-26.11.2023</i>	
6	<i>Висновки</i>	<i>28.11.2023</i>	

Студент Ясунас О. К.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту(роботи) В.О.Скачков
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 79 с. 5 рис. 22 табл. та 23 джерела.

ФЕРОСИЛІЦІЙ, ТЕХНОЛОГІЯ, КОЖУХ, ФУТЕРУВАННЯ,
ЕЛЕКТРОДИ, ЛЕГУЮЧІ ЕЛЕМЕНТИ, ДОМІШКИ.

Метою роботи є аналіз, обґрунтування та розробка технології виплавки феросиліція ФС45 з частковою заміною коксу на антрацит.

Наведено обґрунтування технології виробництва феросиліції марки ФС45. Наведено загальну характеристику технологічного обладнання для виплавки ФС45, наведено властивості та призначення феросиліцію ФС 45, представлено технологію виробництва та випуск плавки.

Наведено результати розрахунків матеріального та теплового балансів.

У розділі охорона праці наведено характеристику шкідливих умов виробництва, розробку заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів виробничої середовища з виплавки ФС45.

Зміст

Вступ.....	6
1. Особливості виробництва та застосування феросиліцію	10
1.1 Розвиток феросплавного виробництва в Україні.....	10
1.2. Властивості та призначення феросиліція	13
1.3 Способи виробництва феросиліція.....	16
1.4 Сировинні матеріали для виробництва феросиліція.....	19
1.5. Структура та властивості вуглецевих відновників.....	21
2. Технологія виробництва феросиліцію маркиФС 45	24
2.1 Шихтові матеріали для виплавки феросиліцію ФС45	24
2.2 Складання і зберігання шихтових матеріалів.....	27
2.3 Дозування шихтових матеріалів.....	27
2.4 Процес ведення (хід) плавки.....	29
2.5 Випуск феросиліція ФС45.....	33
2.6 Процеси розливання і складування металу.....	35
3. Технологічні розрахунки процесу виробництва ФС45	38
3.1. Розрахунок матеріального балансу.....	38
3.2 Розрахунок теплового балансу виплавки ФС45.....	48
3. 3 Структура і показники основного обладнання.....	54
3.3.1 Обґрунтування вибору печі.....	54
3.3.2 Розрахунок основних параметрів рудовідновлювальної печі.....	56
3.3.3 Основні вузли та елементи конструкції рудовідновлювальної печі РКЗ – 21.....	57
4 Охорона праці та техногена безпека	69

4.1 Шкідливі та небезпечні фактори на ділянці виплавки феросплавів.....	69
4.2 Заходи щодо зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів.....	73
Висновки.....	76
Перелік джерел посилання.....	77

Вступ

Актуальність. Кремній являється металоїдом сіро-стального або чорного кольору, його щільність дорівнює $2,334 \text{ г/см}^3$, температура плавлення $1410 \text{ }^\circ\text{C}$ і кипіння $2630 \text{ }^\circ\text{C}$, теплота плавлення 46 кДж / моль . В системі Fe – Si існує три евтектики : перша , відповідна змісту 20% Si і температурі плавлення $1195 \text{ }^\circ\text{C}$, друга – 51% Si і $1212 \text{ }^\circ\text{C}$ і третя 59% Si і $1207 \text{ }^\circ\text{C}$. Температура плавлення стандартних сортів феросиліцію не перевищує 1370°C .

Феросплавне виробництво є однією з головних частин металургійного виробництва більшості держав світу. При цьому багатосторонність використання феросплавів багато в чому визначає рівень та якість всього металургійного комплексу. Географія поставок українських феросплавів в поточному році залишається досить великою: 32 країни чотирьох континентів, за винятком країн Південної Америки та Океанії з Австралією. Розподіл експорту українських феросплавів по регіонах показує, що основними споживачами продовжують залишатися країни СНД , на частку котрих доводиться 43,4% всього експорту. На другому місці по споживанню українських феросплавів знаходяться країни Азії - 28,4% всього експорту. З усіх поставок в цей регіон феросилікомарганець становить 60,1%, феросиліцій 39,5%, а феромарганець - 3,9%. Найбільшими покупцями українських феросплавів в цьому регіоні є Туреччина (18,4 тис.т), Саудівська Аравія (10,3 тис.т) і Японія (7,9 тис.т).

Кремній – сильний розкислювач, тому його сплави широко використовуються для розкислювання сталей майже усіх марок, а також як легуючий елемент. Звичайні сталі містять 0,35% Si у високолегованих кремнистих сталях зміст кремнію може перевищувати 5%. Сплави кремнію (75% - ний феросиліцій, силікохром) використовують у якості відновника при силікотермічному виробництві інших сплавів.

Феросплави отримують трьома методами: доменним, металотермічним і електротермічним. Крім того, все більше застосування знаходять такі методи: отримання феросплавів в твердому і рідкому стані під вакуумом, рафінуванням вуглецевих сплавів продувкою їх киснем в конвертері, змішання рідких розплавів, а також отримання чистих металів електротермічним-способом.

В якості відновника при виробництві сплавів кремнію використовують металургійний каменеві-вугільний кокс, нафтовий і пісковий кокс, деревне вугілля. Відновник повинен мати наступні властивості: високу реакційну здатність; низький зміст золи, летючих і вологи; достатню механічну міцність; високий електроопір; рівний і постійний розмір кусків ; не високу вартість. Основним вуглецевим відновником при виплавці феросплавів довгий час оставався коксовий орішок – відхід при сортуванні валового і доменного класів коксу. Найбільш перспективним у справжній час стає використання природних вуглецевих матеріалів – вуглів. Сходячи із перерахованих вимог, представляє інтерес використання антрациту (марки АМ), довжинопламених вуглів (марки ДГМ), а також вуглецево містящих брикетів.

Мета роботи Метою роботи є всебічний аналіз способів отримання феросиліцію та оцінка можливості заміни частини коксу на природне вугілля – антрацит.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан виробництва та використання феросиліцію.
2. Дослідити фізико-хімічні та технологічні особливості отримання феросиліцію із застосуванням коксу та антрациту.

3. Провести оцінку характеристик ФС45, отриманого із застосуванням антрациту

Об'єкт дослідження: фізико-хімічні особливості процесу виплавки ФС45 із застосуванням антрациту у промислових умовах.

Предмет дослідження: технологія процесу виплавки ФС45 з використанням антрациту в печі РКЗ-21.

Методи дослідження: хімічний аналіз у системі рудної сировини, хімічний та гранулометричний аналіз сировинних компонентів та їх вплив на якість феросиліцію

Наукова новизна:

1. Встановлено механізми процесів відновлення із частковою заміною коксу антрацитом
2. Розроблено раціональні шляхи підготовки рудної сировини
3. Встановлено механізми хімічних реакцій у процесі відновлення природним антрацитом

Практичне значення:

1. Запропоновано введення як відновник природного антрациту в межах 15 – 30 %
2. Встановлено зниження собівартості ФС45 за рахунок використання антрациту.

Апробація результатів роботи: результати досліджень, які включено до кваліфікаційної магістерської роботи, доповіли на конференції кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки.

Відомості про публікації: основні результати роботи викладені в збірці магістерських робіт і статей, і 1 тезах конференцій.

Структура і об'єм роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 23

найменувань, викладена на 79 сторінках машинописного тексту, включаючи 5 рисунків, 22 таблиці.

1 Особливості виробництва та застосування феросиліцію

1.1 Розвиток феросплавного виробництва в Україні

Феросплавне виробництво є однією з головних частин металургійного виробництва більшості держав світу. При цьому багатосторонність використання феросплавів багато в чому визначає рівень та якість всього металургійного комплексу. В Україні було зосереджено близько 40% всіх потужностей феросплавного виробництва колишнього СРСР, які забезпечують потребу металургійного комплексу країни в марганцевих феросплавах на 83%, кременистих - на 32%, лігатур і модифікатори - на 20% .

Наприкінці 20 століття металургійна промисловість України, включаючи феросплавну галузь, зіткнулася із серйозними проблемами виробництва та реалізації металопродукції. Феросплави є передільною продукцією, рівень споживання якої визначається загальним станом металургійного виробництва як усередині країни, так і за її межами. Феросплавна підгалузь є енерговитратною. Внаслідок багаторазового збільшення вартості практично всіх видів енергії, зниження видобутку марганцевої сировини та виробництва коксу, зумовило зменшення попиту на феросплави в умовах скорочення внутрішнього та зовнішніх ринків. В останні роки у феросплавному виробництві намітилася певна стабілізація, яка дозволяє з оптимізмом дивитися в майбутнє.

Що стосується виробництва, то в 2010 році феросплавні заводи України (Нікопольський, Запорізький і Стахановський) за даними ПХО «Металургпром», виробили 251 тис. т. продукції, що становить приблизно 140% обсягу минулого року.

У 2009 році відбулося збільшення середньомісячного виробництва феросплавів. Найбільш в цьому досяг успіху Запорізький феросплавний завод ЗФ, що збільшив виробництво майже на 17% в порівнянні з минулим

роком. Стахановський ЗФ і Нікопольський ЗФ наростили середньомісячне виробництво відповідно на 12,5 і 5,9%.

Географія поставок українських феросплавів в поточному році залишається досить великою: 32 країни чотирьох континентів, за винятком країн Південної Америки та Океанії з Австралією.

Розподіл експорту українських феросплавів по регіонах показує, що основними споживачами продовжують залишатися країни СНД, на частку котрих доводиться 43,4% всього експорту.

Серед держав СНД поза конкуренцією залишається Російська федерація, яка за два місяці 2009 р. Імпортувала близько 56,7 тис.т. феросплавів, з них на частку феросилікомарганцю припадати 59,3%, феромарганцю - 31,7% і феросиліцію - 8,9%.

На другому місці по споживанню українських феросплавів знаходяться країни Азії - 28,4% всього експорту. З усіх поставок в цей регіон феросилікомарганець становить 60,1%, феросиліцій 39,5%, а феромарганець - 3,9%. Найбільшими покупцями українських феросплавів в цьому регіоні є Туреччина (18,4 тис.т.), Саудівська Аравія (10,3 тис.т) і Японія (7,9 тис.т).

У зв'язку з позначеною понизительною тенденцією у світовому виробництві сталі, на світовому ринку виробництва феросплавів відзначаються ознаки зменшення попиту на базові феросплави.

У зв'язку з тим що світовий ринок базових феросплавів перебуває у прямій залежності від виробництва сталі, цінові тенденції на цих ринках схожі, що відповідає раніше зробленим прогнозами.

Вище було сказано, що загальносвітові тенденції виробництва сталі та феросплавів, не дивлячись на періодичні кризи, полягає в невеликому, але постійному їх зростанні.

Таблиця 1.1 - Виплавка феросплавів і сталі в Україні (млн.т.)

Рік	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2009
Сталь (всього) в тому числі	50,3	39,8	23,4	21,9	25,2	24,1	27,1	31,4
Мартенівська	27,2	21,5	11,8	11,0	12,2	11,7	13,2	15,7
Киснево- конвертерна	21,3	16,6	10,7	10,1	12,1	11,5	13,0	14,7
Електросталь	1,85	1,73	0,86	0,86	0,86	0,87	0,87	1,0
Феросплави, всього	2,38	1,98	1,25	1,16	1,23	1,02	1,06	1,4

Як видно з таблиці 1.1 зміна обсягів виробництва відбувалося за рахунок усіх видів виплавки при деякому зменшенні частки мартенівської сталі .

Суттєве скорочення виробництва сталі і зміна його структури неминуче викличе перерозподіл структури споживання феросплавів.

За останні роки структура феросплавів в Україні зазнала деяких змін у бік збільшення частки високо-вуглецевого феромарганцю .

Таблиця 1.2 - Структура виробництва феросплавів в Україні, (%)

Марка феросплаву	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2009
Мн С17	50,8	55,4	56,3	55,7	49,7	51,9	47,2	52,8
ФС(на45)	25,0	21,8	26,3	21,9	25,6	21,9	23,3	22,2
ФМн 78	9,7	11,8	9,2	13,0	14,9	13,0	17,4	17,9

ФМн Д70	12,6	9,3	6,0	7,2	7,3	11,5	10,6	5,7
ФМн78+ФМнД70	22,3	21,1	15,2	20,2	22,2	24,5	27,9	23,6
ФМн88	---	---	0,8	1,3	1,6	0,9	1,0	0,9
ФМн90	0,1	0,1	---	---	0,1	0,5	0,3	0,3
Мн 95	1,6	1,4	1,4	0,9	0,8	0,3	0,2	0,02

Аналіз роботи феросплавних заводів України показує, що обсяги і сортамент виробництва феросплавів, традиційних для цих заводів, в перспективі до 2020 року і далі будуть змінюватися в залежності від розвитку внутрішнього виробництва чавуну і сталі, її якісних і структурних змін, а так само від кон'юнктури зовнішнього ринку та можливості експорту вироблених марганцевих і кременистих феросплавів. Багато в чому ці зміни будуть залежати від цін на сировину та електроенергію.

«Концепція розвитку гірничо-металургійного комплексу України до 2020 р.» затверджена урядом України, передбачає збільшення частки виплавки легованих і нержавіючих сталей (в тому числі методом АКР) у загальному обсязі виробництва сталі в Україні.

1.2 Властивості і призначення феросиліцію

Кремній являється металоїдом сіро-стального або чорного кольору, його щільність дорівнює $2,334 \text{ г/см}^3$, температура плавлення $1410 \text{ }^\circ\text{C}$ і кипіння $2630 \text{ }^\circ\text{C}$, теплота плавлення 46 кДж / моль .

З киснем кремній утворює кремнезем SiO_2 , існуючий у різноманітних модифікаціях (кварц α і β , тридиміт α , β і γ , крістобалліт α і β і кремнеземисте скло), і нестійкий моно-окис SiO . Моноокис кремнію летюча і при температурах нижче 1500°C розпадається на кремній і кремнезем.

З вуглецем кремній утворює карбід кремнію SiC (карборунд), теплота утворення котрого дорівнює $51,92$ кДж / моль . Щільність карборунду складає $3,2$ г / cm^3 , температура плавлення (випаровування) 2700°C .

Із залізом кремнезем сплавається в любых співвідношеннях (рис. 2.1) і утворює силіцидів - Fe_2Si_2 , FeSi , FeSi_2 , Fe_3Si_2 і ін., із котрих найбільш міцними являється FeSi ; його температура плавлення 1410°C ; теплота утворення $\Delta H^\circ_{237} = -80,4$ кДж .

В системі $\text{Fe} - \text{Si}$ існує три евтектики : перша , відповідна змісту 20% Si і температурі плавлення 1195°C , друга – 51% Si і 1212°C і третя 59% Si і 1207°C . Температура плавлення стандартних сортів феросиліцію (табл. 2.1) не перевищує 1370°C .

Сплавам заліза і кремнію властива велика схильність до ліквідації. Це пояснюється великою різницею у щільності існуючих фаз у сплавах заліза з кремнієм . При цьому одночасна присутність у сплаві лебоїту (містить $53,5 - 56,5\%$ Si і відповідного приблизно Fe_2Si_5) і примісив алюмінію, фосфору і кальцію приводить у вологій атмосфері до розсипання феросиліцію.

По хімічному складу феросиліцій повинен задовольняти потреби ГОСТ 1415 – 78 (табл. 1.2).

У позначенні марок феросиліцію букви указують на основне призначення:

Л – для ливарного виробництва; Э – для виплавки електротехнічної сталі.

Одинадцять марок електропідного феросиліцію можна розділити на три групи : низьокремністий (ФС 20, ФС 20л і ФС 25), з середнім змістом кремнію (ФС 45, ФС 65 і ФС 69) і висококремністий (ФС 75л,ФС 75э, ФС 90 і

ФС 92). Хоча такий поділ умовний, проте має певні зручності при аналізі теоретичних основ і технології виплавки феросиліцію.

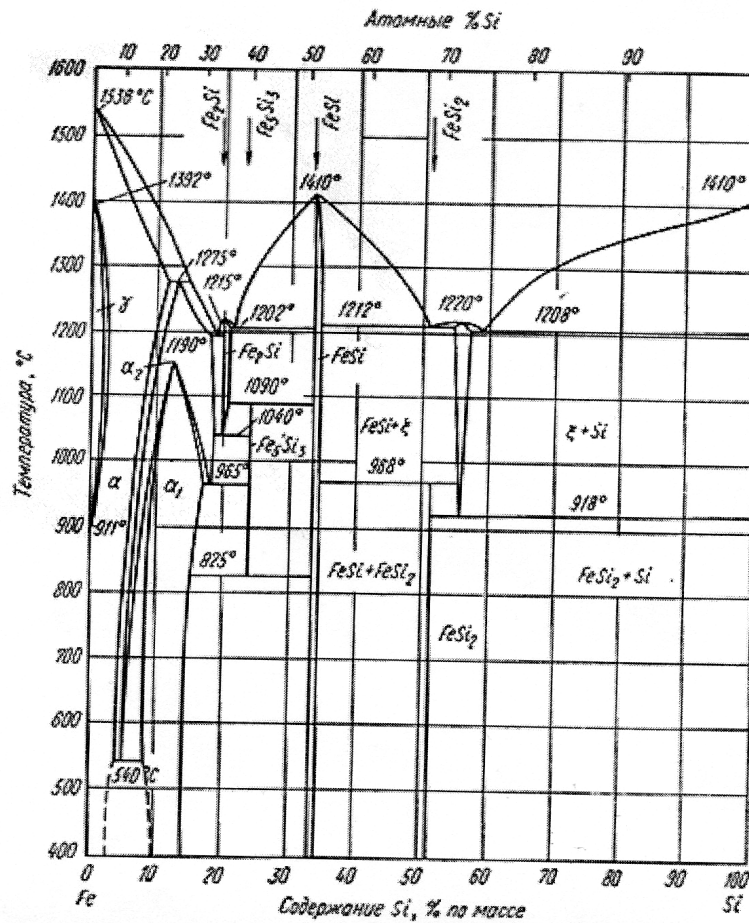


Рис 2.1 Диаграмма состояния Fe–Si

Рисунок 1.1 - Діаграма стану Fe – Si

Кремній – сильний розкислювач, тому його сплави широко використовуються для розкислювання сталей майже усіх марок, а також як легуючий елемент. Звичайні сталі містять 0,35% Si у високолегованих кремнистих сталях зміст кремнію може перевищувати 5%. Сплави кремнію (75% - ний феросиліцій, силікохром) використовують у якості відновника при силікотермічному виробництві інших сплавів. Крім того, феросиліцій використовують для приготування термітних сумішей, установках для збагачення руд і т.д. Чистий кремній застосовують при виробництві деяких сплавів у кольоровій металургії (силумінів, кременистих бронз і ін.)

Таблиця 1.3 Хімічний склад електропічного феросиліцію

Марка	Si, %	Масовий вміст, % (не більш)							
		C	S	P	Al	Mn	Cr	Ti	Ca
ФС 92	≥92	---	0,02	0,03	2,5	0,2	0,2	---	0,5
ФС 90	≥ 89	---	0,02	0,03	3,5	0,2	0,2	---	---
ФС 75	74 – 80	---	0,02	0,05	---	0,4	0,4	---	---
ФС75л	74 – 80	---	0,02	0,05	1,5	0,3	0,3	---	---
ФС75э	74 – 80	0,1	0,02	0,04	0,1	0,3	0,2	0,05	0,1
ФС69э	67 – 72	0,1	0,02	0,04	0,1	0,3	0,3	0,04	0,1
ФС 65	63 – 68	---	0,02	0,05	2,5	0,4	0,4	---	---
ФС 45	41 – 47	---	0,02	0,05	2	0,6	0,5	---	---
ФС 25	23 – 27	0,8	0,02	0,06	1	0,9	1	---	---
ФС 20	19 – 23	1	0,02	0,1	1	1	0,3	---	---
ФС20л	19 – 23	---	0,02	0,2	1	1		---	---

1.3 Способи виробництва феросиліцію

Для виробництва феросплавів характерно різноманіття застосовуваних технологічних прийомів. Це викликано різницею фізико-хімічних властивостей елементів, що входять до складу сплавів.

Найбільш важливими факторами, що визначають вибір способу і технології, є хімічний склад феросплаву і техніко-економічні показники виробництва.

Феросплави отримують трьома методами: доменним, металотермічним і електротермічним. Крім того, все більше застосування знаходять такі методи: отримання феросплавів в твердому і рідкому стані під вакуумом, рафінуванням вуглецевих сплавів продувкою їх киснем в конвертері,

змішання рідких розплавів, а також отримання чистих металів електротермічним способом.

Отримання доменним методом феросплаву вимагають високого (у порівнянні з електротермічним) витрати дорогого коксу, в слідстві чого вони насичені вуглецем і забруднені сіркою і фосфором.

Метало-термічний метод оснований на застосуванні тепла хімічних реакцій відновлення оксидів алюмінієм, кремнієм, кальцієм.

Метало-термічні методи отримання феросплавів поділяються в залежності від тепла застосовуемого відновника (алюмінієтерапія, силікотермія, кальциєтермія); у ряді випадків застосовуються одночасно декілька відновників. Феросплави, виплавлені метало-термічним методом характеризуються низьким вмістом вуглецю та інших домішок. При цьому використовують різні варіанти апаратурного оформлення процесу.

Електротермічні способи здійснюються в енергетичних установках, перетворюють електричну енергію в теплову, використовуювану для відновлення, плавлення, нагрівання металів і сплавів.

Електротермічні методи засновані на використанні дугових електричних печей, в яких тепло виділяється при проходженні струму через газовий проміжок і шихтові матеріали, володіють високим електричним опором. Самі процеси характеризуються можливістю отримання високих температур в області горіння електричних дуг, хімічної нейтральністю джерел тепла, можливістю здійснення процесів з будь-яким складом газової фази (окис Тривалість, відновної, нейтральною) і у вакуумі, а так само легко і швидко змінювати потужність установки з повною її автоматизацією .

Безперервні і періодичні процеси . Феросплавні процеси поділяють на безперервні та періодичні. Безперервні процеси характеризуються безперервним завантаженням шихти в рудо-невідновні пічі із закритим колошником та періодичним випуском феросплаву або шлаку . Шихта розташована в печі весь час на певному рівні. електроди постійно занурені

в шихту. В якості відновника застосовують вуглецеві матеріали. Потужність печей 16,5 - 75 МВт.

Періодичні процеси ведуть з використанням певної кількості шихтових матеріалів, призначених для однієї плавки. Завантажена в піч шихта повністю проплавляються з відновленням оксидів провідних металів. Випуск продуктів плавки (металу або шлаку) ведуть пери води періодично; частіше всього випускають з печі метал і шлак одночасно .

Шлакові і без шлакові процеси. Відносна кількість шлаку при виробництві феросплавів визначають або у відсотках по відношенню до маси металу, або по кратності шлаку, тобто за співвідношенням маси шлаку та металу. До без шлаковим процесів відносять виплавку феросплавів, при яких кількість шлаків не значно і становить 3 - 10% від маси металу. При без шлакових процесах шлак утворюється оксидами, що містяться в невеликих кількостях в рудах, концентратах, нерудних матеріалах і не відбудованими під час плавки .

Шлакові процеси супроводжуються утворенням значної кількості шлаків. Кратність шлаку може становити від 1,2 - 1,5 до 2,5 - 3,5 .

Феросиліцій марки ФС 45 виплавляють безперервним електротермічним способом з періодичним випуском сплаву і шлаку, тому що цей спосіб характеризується раціональним використанням тепла, одержаного при підводі електричної енергії до ванної печі ; рас плави оксидів та металу завжди закриті шаром шихти, втрати тепла відкритої поверхні розплаву відсутні.

Тепло газів що відходять частино витрачається на нагрів шихтових матеріалів, у результаті чого у шихті йдуть процеси видалення летких речовин гідратної та гігроскопічної вологи, починаються процеси відновлення оксидів у твердих фазах, забезпечуються теплом ендотермічні реакції, що протікають на поверхні вуглеводистого відновника при контакті конденсованих вищих й газоподібних нижчих оксидів елементів.

1.4 Сировинні матеріали для виробництва феросиліцію

Для виплавки феросиліцію застосовують наступні шихтові матеріали :

- кремній-містячі матеріали; (кварцит)
- вуглецеві матеріали; (відновник)
- залізо-містячі добавки.

Кремній-містячі матеріали. Застосовуваний для виплавки сплавів кремнію

Кварцит повинен відповідати наступним вимогам:

- 1) зміст SO_2 не менш 96% (96 – 99%);
- 2) зміст P_2O_5 -- не більш 0,02%;
- 3) кількість шкідливих шлакоутворюючих сумішей Al_2O_3 , MgO і CaO – повинно бути мінімальним;
- 4) волого поглинання кварцу не повинно перевищувати 5%;
- 5) кварцит повинен володіти механічною міцністю і при дрібненні і нагріві утворювати мінімальну кількість дрібниці; кварцит, що містить вуглець, не придатний до плавки, так як при нагріванні розтріскується і погіршує газопроникність шихти.

Відновник. В якості відновника при виробництві сплавів кремнію використовують металургійний каменеві-вугільний кокс, нафтовий і пісковий кокс, деревне вугілля. Відновник повинен мати наступні властивості: високу реакційну здатність; низький зміст золи, летючих і води; достатню механічну міцність; високий електроопір; рівний і постійний розмір кусків ; не високу вартість.

Ліпшими відновниками являється кокс-орішок, одержуваний як відсів при виробництві металургійного коксу. Зміст фосфору у коксі не повинно перевищувати 0,06%.

Доцільно добавляти у шихту у якості відновника деревині тирса і стружку. Це знімає електричну провідність шихти, забезпечуючи цим самим глибoku посадку електродів, а також поліпшує газопроникність колошника.

Залізомістячі добавки . При виплавці феросиліцію залізо вводять у виді сталльної стружки. Стружка повинна бути мілкою, не містячи іржі і примісив стружки кольорових металів. Не дозволяється застосовувати стружку легованих сталей і чавунову, так як легована стружка вносить у сплав хром, нікель, марганець і інші елементи, а чавунна стружка -- фосфор.

Підготовка шихтових матеріалів до плавки зводиться к подрібненню і сортуванні їх у цілях отримання заданого гранулометричного складу.

Кварцит дрібниця і промивається водою для видалення глинистих домішок, а потім підвергається розсіву для відсіву дрібниці і сортування по фракціям.

Оптимальний розмір кусків кварциту при виробництві ФС 45 повинен складати 25 – 80 мм.

Кокс підвергається подрібненню і грохоченню для отримання фракції розміром 6 – 25 мм.

Залізну виту стружку дроблять до розміру 50 мм.

Слід прагнути к тому, щоб у підготовленій шихті розміри як кварциту, так і коксу були більш однорідними і щоб не попадались як крупні, так і мілкі куски і того і другого. Наявність дрібниці погіршує газопроникність колошнику, крупний кокс різко негативно позначається на глибині посадки електродів, а крупний кварцит веде до обгару електродів, важкості у роботі льотки.

1.5 Структура та властивості вуглецевих відновників

В зв'язку з скороченням в останній час поставок металургійного коксу створився дефіцит вуглецевих відновників, застосовуваних при виплавці феросплавів. Ця ситуація в значній мірі стимулює пильність до підбору і випробуванню нових ефективних відновників.

Основним вуглецевим відновником при виплавці феросплавів довгий час оставався коксовий орішок – відхід при сортуванні валового і доменного класів коксу. Між тим вимоги феросплавного і доменного виробництв до коксу діаметрально протилежні. Якщо для доменного процесу головні показники – це високі крупність (> 40 мм) і механічна міцність, то для виплавки феросплавів – високі електро-опір і реакційна здатність, забезпечувані при невеликій щільності і розвиненою пористою структурі.

Найбільш перспективним у справжній час стає використання природних вуглецевих матеріалів – вуглів. Вони володіють широким діапазоном речового складу, фізико-хімічних і механічних здатностей, різною поведінкою при високотемпературному нагріві. Ті з них, котрі можуть бути використані у якості відновника без попередньої термічної обробки, повинні мати низький зміст мінеральних примісив і задовольняючої потребам виробництва склад, достатню термічну міцність, низьку графітіруваність, високе значення електроопору і реакційної здатності, оптимальний фракційний склад.

Сходячи із перерахованих вимог, представляє інтерес використання антрациту (марки АМ), довжинопламених вуглів (марки ДГМ), а також вуглецево містящих брикетів.

В останні роки на АТ «Запорізький завод феросплавів», проводиться цілеспрямована робота по вивченню і опробуванню частинної заміни орішка коксового антрацитом марки АМ, вугіллям марки ДГМ, вуглецевомістящими брикетами на основі коксової дрібниці .

Іспитами, проведеними на АТ «Запорізький завод феросплавів», показана доцільність частинної заміни орішка коксового при виплавці феросплавів. При цьому доля його заміни може вагається в межах :

- антрацит – 20 – 40% ;
- ДГМ – 20 – 30% ;
- коксо-брікети – 10 – 20%.

Антрацити як кам'яне вугілля мають ряд властивих їм відмінних фізичних і фізико-хімічних властивостей, що дозволяє у нинішніх умовах розглядати їх як компоненти шихти для виплавки феросплавів. Однією із причин більш широкого використання антрациту при виплавці феросиліцію в заміні частини коксу-орішку є складені негативні відношення до не традиційних видів вуглецевих відновників. Це відношення виправдовують складною залежністю зміни удільного опору антрацитів з підвищенням температури, схильність їх до графітизації, низькою пористістю і ін. . Разом з тим практично не уділяється уваги вивченню комплексу властивостей різноманітних антрацитів, кам'яного вугілля, урахування яких дозволив би на науковій основі провести вибір найбільш відповідних видів і марок твердих вугільних відновників.

В період проведення опитно-промислової компанії виплавки феросиліцію ФС 45 з частинною заміною коксу донецьким антрацитом марки АМ технологічний процес характеризувався наступними показниками: утримуюче струмове навантаження і глибока посадка електродів, нормальна робота газових трактів газоочистки, задовільна рідино-рухомість шлаку і нормальний випуск його із печі. Промислова компанія виплавки ФС 45 підтвердила можливість використання в шихті антрациту в заміні частини коксу. З урахуванням меншої вартості антрациту приблизно на 50% в порівнянні з коксом, застосування більш дешевшої суміші вуглецевих відновників дозволила знизити собівартість феросиліцію.

Рішення проблеми залучення антрациту, кам'яних вуглів в аспекті дослідження їх природи знаходиться у початковій стадії. На ряду з вивченням

відзначених вище проблемних задач, не менш важливим являється теоретичні і експериментальні дослідження обґрунтування гран-складу кварциту, коксу і антрациту, щоб забезпечити потрібний електричний опір вмісту ванни печі, достатню газопроникність і високе вилучення кремнію в феросиліцій. Для поліпшення технологічного процесу рекомендовано проведення подальших опитів з використанням антрациту поліпшеного гранскладу.

Висновки

1. Всебічно розглянуто питання якості та призначення феросиліцію, визначено обсяг стандартних марок та їх хімічний та фазовий склад. Встановлено обсяги виробництва феросиліції в Україні.

2. Представлено способи виробництва феросиліцію, проведено аналіз характеристик та можливостей застосування способів виробництва ФС.

3. Проведено аналіз застосування, структури та властивості вуглецевих відновників. З огляду на характеристики антрациту визначено можливість заміни частини коксу на антрацит.

2 Технологія виробництва феросиліцію марки ФС 45

2.1 Шихтові матеріали для виплавки феросиліцію ФС45

Для виплавки феросиліцію використовують наступні шихтові матеріали: кварцит, вуглецевий відновник і залізомістячий компонент.

Кварцит повинен відповідати вимогам технічних вимог ТУУ 14.5-00191879-006-2001 «Кварцит металургійний» і ТУУ 01056244-001-95 «Кварцит Толкачевського родовища для виробництва вогнетривів, феросплавів і динасових виробів» приведений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад кварциту

Найменування показників	Норми для марок	
	Кварцит металургійний марки КМ-80	Кварцит Толкачевського марки ТК-97-60
Масова доля SiO ₂ , % не менш	97,5 ± 0,2	97
Масова доля Al ₂ O ₃ , % не більш	1,5	1,6
Масова доля Fe ₂ O ₃ , % не більш	0,6	0,7
Забрудненість, %	1,0	5,0
Розмір кусків Д, мм в межах	25 – 80	25 – 60
З більш Д найбільшого, % не більш	15	15
Менш Д найменшого, % не більш	7	5

У феросплавному виробництві застосовуються всілякі види вуглецевих відновників в залежності від їх фізико-хімічних властивостей. Оцінка відновника по діючим нормативним документам часто не характеризує його якість як відновника для отримання всіляких сплавів. Властивості відновника і доцільність його застосування для отримання визначеного типу феросплаву визначаються при випробуваннях у промислових обставинах.

У якості вуглецевого відновника при виплавці феросиліцію застосовуємо горішок коксовий, кокс каменеві - вуглецевий і вугілля антрацит мілкий, відповідні нормам і вимогам технічних умов ТУУ 322-00190443-120-97, ТУУ 322-00190443-125-99 і ТУУ 12.00185 775.072-94 відповідно) указаних у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Фізико-хімічні властивості коксу

Найменування показників	Норма для класу і марки					
	10 x 25		25 x40		13 x25	
	КО - 1	КО- 2	КО - 3	К - 1	К - 2	АМ
Зольність, % не більш	11,0	13,0	13,0	12,0	14,0	10,0
Масова доля загальної вологи, % не більш	20,0	20,0	20,0	14,0	14,0	7,0
Масова доля кусків розміром, % не більш:						
більш 25 мм	10,0	10,0	10,0			
менш 10 мм	10,0	15,0	15,0			
більш 40 мм				6,0	6,0	
менш 25 мм				6,0	6,0	
менш 13 мм						17,0

Показник масової долі вологи не є бракованим, а служить для розрахунку з постачанням. Показник масової долі розмірів кусків не є бракованим, а служить класифіцированим параметром і для додаткової характеристики якості коксу.

Стальна стружка видів 14 А і 15 А, чугунка стружка 24 А, окалина повинні відповідати потребам ГОСТ 2787-75 «Метали чорні вторинні. Загальні технічні умови» таблиця 2.3.

Таблиця 2.3- Загальні технічні умови на стальну стружку

Класи	Категорії	Види	Номер виду	Загальні призначення
Стальні	А	стальна стружка № 1	14	14 А
Лом і відходи	А	стальна стружка № 2	15	15 А
Чавунна стружка	А	чавунна стружка	24	24 А

Показники якості вторинних металів по їх складу, ступені чистоти, габаритам і масі повинні відповідати вимогам (табл. 2.4):

Таблиця 2.4 - Показники якості вторинних металів

Склад	Ступінь чистоти	Габарити і маса
1	2	3
Мілка сталевна стружка, а також, висічка. Не допускаються кускові відходи і лом.	<p><u>Сталевна стружка № 1</u></p> <p>Вуглецева сталевна стружка не повинна бути змішана з чавунною стружкою і стружкою із кольорових легуваних металів . Стружка не повинна бути горілою і іржавою</p> <p>Зміст домішок (в т.ч.масла не повинно перевищувати 3% по масі .</p>	<p>Довжина витку стружки і висічки повинна бути не більш 50 мм.</p> <p>Припускаються витки довжиною до 100 мм у кількості не більш 3 % по масі .Маса висічки повинна бути не більш 0,025 кг .</p>
Мілка сталевна стружка без клубків в'юнообразної стружки , а також висічок . Не допускаються кускові відходи і лом	<p><u>Сталевна стружка № 2</u></p> <p>Сталевна стружка не повинна бути змішаною з чавуновою стружкою і стружкою із кольорових металів . Вуглецева стружка не повинна бути змішаною з легваної. Стружка не повинна бути горілою і іржавою (наліт іржі допускається).</p> <p>Сумарний зміст без шкідливих сумішей і масла не повинно перевищувати 3 % по масі</p>	<p>Довжина вику стружки і висічки повинна бути не більш 100 мм.</p> <p>Допускається витки до 200 мм в кількості не більш 3 % по масі . Маса висічки повинна бути не більш 0,05 кг</p>

1	2	3
Чавунна стальна стружка без кускових відходів і лому	Чавунна стружка не повинна бути змішаною зі сталлюю стружкою і стружкою із кольорових металів . Легована чавунна стружка не повинна змішуватися з вуглецевою. Стружка не повинна бути іржавою (наліт іржі допускається). Сумарний зміст без шкідливих сумішей і масла не повинно перевищувати 3 % по масі	Не регламентується

2.2 Складання і зберігання шихтових матеріалів

Сировина і відходи виробництва розвантажуються і зберігаються на складі шихти по видам у окремих приямках. Місця для їх розвантаження і зберігання повинні бути встановлені документально.

Сировина із вагонів вивантажується грейферним краном і розсипається по всій площі приямків. Збір його для підготовки здійснюється грейферами почергово із різних місць приямка. Завантаження сировинних матеріалів у приймальний бункер вузла підготовки без усереднення у приямках забороняється.

Зміни схеми місць розгрузки, зберігання і подачі сировини і матеріалів вносить старший майстер шихтового відділення.

2.3 Дозування шихтових матеріалів

Дозування шихти ведуть на основі розрахунку складу шихти, т.е. співвідношення між кварцитом, відновником і сталлюю стружкою, що

подаються у піч. Дозування шихтових матеріалів здійснюється автоматично. Точність зважування шихтових матеріалів контролюється ваговимірвальними пристроями, погрішність котрих не повинна перевищувати $\pm 2,0 \%$.

Кварцит, коксовий орішок, стружка подаються у зв'язаному регулюванні. Ведучім є дозатор кварциту. Відходи подаються автономно.

У кожний дозувальний вузол входить 6 дозаторів (2 – кварцит, 2 – коксовий орішок і 2 – стружка) (табл. 2.5)

Продуктивність дозаторів :

- кварцевих 102 т/г
- коксовий 66 т/г
- стружковий

Тарування дозаторів виробляється згідно графіку. Кожен дозатор один раз у неділю проходить статичне тарування, крім того за вимогою старшого майстра здійснюється додаткове тарування (перед початком подачі) дозаторів, закріплених за піччю. Очистка дозаторів здійснюється два рази на зміну перед дозуванням, а також по мірі забруднення

Таблиця 2.5 - Примірна схема загрузки шихтових матеріалів у розхідні бункера дозувальних вузлів

Найменування матеріалу	Маркіровка дозатора
Кварцит	1/3 , 1/5
Кокс	1/4 , 1/6
Стружка	1/1 , 1/2

Зміни їх співвідношення шихтових матеріалів здійснюються майстром з урахуванням наявних даних о вологості відновника і даних о ході печі.

Урахування поданих у пічні бункера шихтових матеріалів фіксується у технологічному журналі і карточці урахування шихти, котра щодобово передається майстру по шихті.

2.4 Процес ведення (хід) плавки

У процесі експлуатації обслуговуючий персонал постійно стежить за роботою печі, її механізмами, контрольно-вимірювальними пристроями, системою охолодження, газовим режимом печі.

Із дозувальних пристроїв шихтові матеріали по системі транспортерів подаються у пічні бункера, котрі повинні бути заповнені шихтою не менш ніж на половину об'єму. Загрузка шихти у піч здійснюється по тічкам через завантажувальні воронки. Тічки і воронки повинні бути постійно заповнені шихтою, котра самотеком поступає у піч. Проплавлення шихти у воронках недопустимо, так як це розгерметезує робоче простір і веде до росту температури під зводом у наслідок підсосу повітря. Затвори пічних карманів відкриті і обслуговуючий персонал повинен слідкувати за постійністю наповнення трубо – тічок і воронок із шихтою.

Добавки коксу, кварциту і залізної стружки подаються по трубо-тічкам на плавильну площадку печі, і при необхідності завантажуються у воронки вручну.

Усунення зависання шихтових матеріалів у трубо – тічках і пічних бункерах здійснюється тільки при відключеній печі і не менш ніж двома робочими. У випадках знаходження проплавлення у загрузочних воронках, що свідчить о зависанні шихтових матеріалів у трубо – тічках або бункерах, необхідне проплавлене місце у воронках засипати шихтою. Для заподіяння попадання феросплавного газу у трубо-течку і пічний бункер, де зависла шихта, на зводі печі, у районі цієї трубо-тічки повинні бути розкриті два вибухових клапани. Потім усувається зависання шихти шляхом шурування прутом через шибер або спеціально вирізані отвори у трубо-тічках і бункерах у місці зависання. Після закінчення роботи, вирізані отвори заварюються.

Нормальна робота печі характеризується наступними признаками:

- рівномірним сходом шихти в загрузочних воронках;

- глибокою стійкою посадкою електродів при заданій потужності печі
- оптимальна довжина робочого кінця електроду повинна бути у межах 2700 – 2800 мм;
- максимальне використання потужності печі на даній ступені напруження ;
- тиск під зводом 0,2 – 0,4 мм вод.ст. (до +1 мм вод.ст.), вимірюваного
- дифманометрами (1,96 – 3,92 до 9,8 Па) ;
- температура газу під зводом повинна бути у рамках 500 – 600°C, вимірюваної термопарами ;
- постійною кількістю і складом газів що відходять: CO – 75 - 80 %, H₂ – до 8 % , O₂ - до 1 % ;
- розрядженням у початку нахильного газоходу не вище 40 – 80 мм вод.ст (400 – 800 Па), вимірюваним тяго метром ;
- перепадом розрядження на трубі Вентурі у рамках 1500 – 2000 мм вод.ст. (14700 – 19600 Па), вимірюваним тяго метром ;
- рівномірним виходом металу і шлаку у відповідності із завантаженою шихтою і використаною електроенергією.

У випадку порушення шихтовки печі або неправильного ведення технологічного процесу можливий розлад ходу печі. Задача плавильного персоналу помітити відхилення у самій початковій стадії, коли відновити нормальне положення не важко.

Порушеннями ходу печі є:

- висока посадка електродів;
- низька посадка електродів з втратою токового навантаження;
- зростання розрядження;
- підвищення тиску під зводом і температури підзводного простору;
- підвищення складу водню і кисню у феросплавному газі.

При високій посадці електродів необхідно:

- у випадку устійливого підвищення навантаження переключити піч на низьку ступінь;
- при надлишку відновника від коректувати його до норми і прийняти міри для посадки електродів (різка непереривна посадка більш ніж на 300 мм не допускається), як виключення допускається за дозволом майстра дача кварциту у вільному виді;
- при коротких електродах зробити їх позачерговий перепуск;
- перевіряється правильність дозування шихтових матеріалів.

При низькій посадці електродів з втратою струмового навантаження необхідно:

- підняти ступінь напруження;
- перевірити правильність дозування шихтових матеріалів;
- дати додаткові порції коксу і від коректувати навіску відновника.

При зростанні розрядження необхідно перевірити розрядження у всіх точках газового тракту і призвести при необхідності чистку підсводового простору і нахильного газоходу.

Підвищення тиску під зводом, наявність великого перепаду тиску у різних точках підсводового простору свідчить о його забиванні, утворюванні у ньому перегоронок і накопиченій пилі в гирло газоходу.

Підвищення температури підсводового простору може бути визвано появленням розрядження у якій-або його частині, а також проплавленням колошника печі в наслідок зависання шихти у воронках.

Підвищення складу водню і кисню у газі свідчить о збільшенні вологості шихти або наявності течі води або підсосу повітря у підсводовий простір.

Оптимальними робочими ступінями в залежності від напруження у живлячій сіті і посадці електродів, при виплавці ФС 45 є 4 – 6.

Перемикання ступенів трансформатора виконується на включеній печі черговим електриком по потребі старшого плавильника.

Регулювання електричного режиму здійснюється дистанційно, при необхідності можна регулювати в ручну.

Контроль за електричним режимом на печі здійснюється по контрольно-вимірвальним приборам (вольтметрам, амперметрам, ватметрам), встановленим на пультах керування, лічильникам активної і реактивної енергії.

Виплавка феросиліцію ведеться на набивних самообжигуючихся електродах діаметром 1200 мм.

Перепуск електродів виконується дистанційно з панелі, що знаходиться у пульті керування печі, під керівництвом старшого плавильника.

У випадку відгару електроду на проміжку 0 – 1000 мм. від контактних щік виконується його разовий перепуск на 300 – 500 мм (в залежності від стану електродної маси), і трансформатори печі переключаються на нижчі ступені напруження. При цьому навантаження на електродах не повинна перевищувати номінальну.

Тиск газу під зводом печі повинен бути позитивним не більш 1 мм вод.ст. (9,8 Па), робота з розрядженням не допускається. Відбір газу для манометричних пристроїв виконується не менш ніж у двох точках під зводом.

Оптимальний режим встановлюється при тиску 0,2 – 0,4 мм вод. Ст.. (1,96 – 3,92 Па). Такому режиму повинно відповідати:

- зміст (у тракті чистого газу) CO не менш 75% і кисню не більш 1%;
- зміст водню (під зводом і в тракті чистого газу) не більш 8 %;
- розхід газу не менш 150 м³ / год на 1 МВт витраченої потужності.

Контроль змісту газів на окис вуглецю, водень і кисень здійснюється газоаналізаторами, встановленими на печах. Також відбір проб на зміст кисню, двоокису вуглецю, окису вуглецю виконується газо-рятувальниками три рази на добу камерним способом.

На пічках встановлені наступні межі сигналізації і відхилення печей по показникам приборів газового аналізу:

- по змісту водню:
- спрацювання сигналізації 8%
- вимикання печі 12%
- по змісту кисню
- спрацювання сигналізації 1%
- вимикання печі 2%

При змісті водню 12% або кисню більш 2% піч повинна бути негайно вимкнена. Встановлення і усунення причин підвищених концентрацій кисню і водню в цьому випадку, виконується тільки на вимкненій печі.

Контроль за справністю всіх датчиків газового і температурного режиму покладається на службу КІП заводу.

2.5 Випуск феросиліцію ФС45

Випуск сплаву виконується 4 – 6 разів у зміну у відповідності з графіком, утвердженим начальником цеху. Протяжність випуску для нормально працюючої печі встановлюється не більш 20 – 30 хвил.

У цілях запобігання надмірного накоплення розплаву у печі ,що може призвести до порушення електричного і газового режимів, аварії на горні і прогару ванни, з'їм електроенергії між двома випусками не допускається понад 40 тис кВт/ч. Рішення об відключенні печі, або зниження її потужності приймає виробничий майстер або начальник зміни.

Розділка льотки виконується залізним прутом за допомогою електро - прожигу. Випуск металу виконується у футерований ківш . Для поліпшеного виходу сплаву і шлаку, у час випуску, після сходу основної струї металу горновий виконує періодичну шурування льотки прутом.

При появі симптомів накоплення металу у печі ("слабий" вихід, відсутність шлаку, невідповідність випуску металу розходу електроенергії і

шихти, поштовхи по "струму", гарячий хід колошника, стійке зростання сурового навантаження):

- забороняється різка посадка одного або декількох електродів;
- лютку пропалюють киснем на глибину 2 – 2,5 м з подальшою шуровкою залізними прутами;
- перевіряють довжину електродів, якщо вони вкорочені – доводять до довжини 2,7 – 2,8 м.

По ходу випуску необхідно спостерігати за рівнем металу у ковші; поверхня металу, з метою зменшення його втрат у виді настилів, прикривається коксовою дрібницею, також відбирається проба сплаву для експресного визначення кремнію.

Для забезпечення нормального виходу метал і шлаку необхідно:

- підтримувати лютку у нормальному робочому стані, т.е. її діаметр не повинен перевищувати 120 мм;
- у випадку збільшення діаметру лютки більш 120 мм, її необхідно забити електродною масою, після цього через 2 – 3 випуску лютку довести до нормального діаметру; забивка лютки виконується по указівці старшого плавильника;
- заділка зашлакованої лютки не допускається; при ошлакуванні лютки, перед її заділкою, очко лютки розжигується;
- своєчасно встановлювати сводік із електродної маси; установка сводика виконується через 8 – 12 днів, товща сводику повинна бути не більш 250 мм.

Перед установкою сводику лютка повинна бути обов'язково забита електродною масою і очищена від шлаку, остатки старого сводику також вибиваються; лютка закривається конусами, виготовленими із вогнетривкої глини м'якої консистенції і 20 – 30% мілкої електродної маси. Підготовлений конус повинен бути просушеним до повного видалення вологи; нормально

працююча лютка повинна закриватися 2-3 конусами так, щоб зовнішня частина каналу лютки була вільною на 100 – 150 мм.

Для уникання просочування металу між люточним підвидовим блоком і футеровкою жолобу, горновий зобов'язаний:

- перевірити повноту заповнення шва перед установкою сводику ;
- раз на добу очистити потік і положити свіжий шар електродної маси товщиною 40 – 20 мм; для облегшення чистки лотку, останній під час випуску присипається коксовою дрібницею.

Після розливки ківш повинен бути очищеним від шлаку і металу і проконтрольованим на справність футеровки.

При будь-якому стані лютки у горна печі завжди повинен знаходитися запасний ківш.

2.6 Процеси розливання та складування сплаву

Феросиліцій розливають на машинах конвеєрного типу. Ківш, встановлений на траверсі, шарнірно зв'язаною з рамою і гідроциліндрами кантувального пристрою, опрокидується, і метал по трохи зливається рівномірною струєю у розливочний жолоб, футерований вогнетривкою цеглою. Із нього метал поступає у виливниці (мульди), котрі рухаються разом з ланцюгом конвеєра машини. Заповнені металом виливниці рухаються к скидному нахильному жолобу машини. Від начала конвеєра до його середини виливниці охолоджуються водою, крім того на всій горизонтальній частині конвеєра вони охолоджуються потужною струєю повітря. Охолоджені злитки металу випадають із виливниць і по скидному нахильному жолобу попадають до короба.

Наповнення коробів металом не повинно перевищувати їх вантажопідйомності і габаритів. Допускається складування однієї плавки у двох і більш коробах.

Перед началом розливки машиніст розливочної машини повинен переконатися, що поставлений під метал короб чистий і не має кусків від попередньої плавки.

Машиніст розливочної машини зобов'язаний постійно слідкувати за падінням злитків із мульд до коробу. По якості перших десяти злитків сплаву визначається їх ступінь охолодження, злиток повинен розбиватися мінімум на три куски без витікання із них рідкого металу. Якщо це не спостерігається, машиніст зобов'язаний: збільшити ступінь охолодження, зупинити конвеєр і зробити витримку або переключити конвеєр на меншу швидкість.

Відбір проб металу для маркувального аналізу здійснюється від кожного випуску, маркування відібраних проб виконується із зазначенням номеру плавки по конкретній печі. Після закінчення розливки, коли вийде остання мульда, конвеєр машини зупиняють, щоб вода що подається на охолодження виливниць, не попала у короб з металом.

Усі розливочні машини розволені таким чином, що метал поступає на склад готової продукції, де він у коробах важиться, остиває і грузиться для відправки споживачу. При необхідності феросиліцій помарочно зберігається в бункерах. В кожен бункер засипається партія на один вагон.

Приймання феросиліцію на складі готової продукції виконує ОТК заводу.

Готова продукція, фракціонована або в кусках, прийнята ОТК, відвантажується споживачу.

Висновки

1. Визначено характеристики вторинних сплавів за їх складом, ступенем чистоти, габаритами та масою, які забезпечують отримання необхідних параметрів феросиліцію.

2. Визначено склад та методи дозування шихтових матеріалів та точності зважування шихтових матеріалів, показано, що точність дозування контролюється ваговимірними пристроями, похибка яких не повинна перевищувати $\pm 2,0$ %.

3. Встановлено основні порушення ходу печі - висока посадка електродів; низька посадка електродів із втратою струмового навантаження; зростання розрядки; підвищення тиску під взводом та температури підвзводного простору; підвищення складу водню та кисню у феросплавному газі.

3. Технологічні розрахунки процесу виробництва ФС45

3.1 Розрахунок матеріального балансу

Розрахунок ведемо на 100 кг кварциту. Фазовий склад вихідних матеріалів представлений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фазовий склад компонентів шихти

Склад фаз	Кварцит	Кокс	Зола коксу	Антрацит	Зола антрациту	Залізна стружка	Електр одна маса	Зола електродної маси
SiO ₂	97,0	---	48,7	---	62,0	---	---	50,0
Fe ₂ O ₃	0,3	---	20,0	---	23,8	---	---	14,0
Al ₂ O ₃	0,7	---	24,7	---	9,0	---	---	23,0
CaO	0,3	---	4,7	---	3,7	---	---	8,0
MgO	0,1	---	1,0	---	0,7	---	---	3,0
P ₂ O ₅	---	---	3,0	---	0,1	---	---	---
SO ₃	---	---	1,3	---	2,0	0,03	---	2,0
P	---	---	---	---	---	0,03	---	---
Fe	---	---	---	---	---	90,0	---	---
Mn	---	---	---	---	---	0,3	---	---
Si	---	---	---	---	---	0,3	---	---
C	---	84,0	---	86,0	---	0,24	85,5	---
зола	---	11,0	---	7,4	---	---	10,0	---
волога	1,6	1,0	---	2,0	---	5,0	---	---
летучі	---	4,0	---	4,6	---	4,0	5,0	---

Допускаємо, що сірка і фосфор із стружки переходять у сплав, а сірка коксу випаровується.

Приймаємо розподілення окислів в процесі плавки :

Окисли SiO₂ Fe₂O₃ Al₂O₃ CaO MgO P₂O₅ SO₃

Відновлюється, %	98,0*	99,0	50,0	40,0	0	100,0	100,0
Переходить у шлак, %	2,0	1,0	50,0	60,0	100,0	0	0

Приймаємо наступні розподілення відновлювальних елементів :

Елемент	SiO	Si	Fe	Al	Ca	P	S
Переходить в метал, %	100	95	85	85	50	–	–
Випаровується, %	–	5	15	15	50	100	100

Розрахунок потреби вуглецю на відновлення окислів кварциту представлений у таблиці 3.2

Таблиця 3.2 – Розрахунок кількості вуглецю для відновлення окислів кварциту

Окисел	Із 100 кг. окислів кварциту відновлюється, кг	При відновленні виділиться кисню, кг
SiO ₂ до Si	$97,0 \cdot 0,91 = 88,27$	$88,27 \cdot 32 : 60 = 47,07$
SiO ₂ до SiO	$97,0 \cdot 0,07 = 6,79$	$6,79 \cdot 16 : 60 = 1,81$
Fe ₂ O ₃ до Fe	$0,3 \cdot 0,99 = 0,30$	$0,30 \cdot 48 : 160 = 0,089$
Al ₂ O ₃ до Al	$0,7 \cdot 0,50 = 0,35$	$0,35 \cdot 48 : 102 = 0,165$
CaO до Ca	$0,3 \cdot 0,40 = 0,12$	$0,12 \cdot 16 : 56 = 0,034$
Всього :		49,168

Для зв'язування 49,168 кг кисню (табл.3.2) в окис вуглецю необхідно використовувати відновників: $\frac{49,168 \cdot 12}{16} = 36,876 \text{ кг}$

Частина вуглецю, внесеного коксом затрачається на відновлення окислів золи коксу. Розрахунок кисню, що виділяється при відновленні золи коксу, приведений у таблиці 3.3.

Для відновлення окислів, представлених в табл.3.3 потребується вуглецю: $\frac{4,138 \cdot 12}{16} = 3,101 \text{ кг}$.

Таблиця 3.3 - Розрахунок кисню, що виділяється при відновленні золи коксу

Окисел	Із 100 кг коксу відновлюється, кг	При відновленні виділиться кисню, кг
SiO ₂ до Si	$11 \cdot 0,487 \cdot 0,91 = 4,875$	$4,875 \cdot 32 : 60 = 2,600$
SiO ₂ до SiO	$11 \cdot 0,487 \cdot 0,07 = 0,375$	$0,375 \cdot 16 : 60 = 0,100$
Fe ₂ O ₃ до Fe	$11 \cdot 0,20 \cdot 0,99 = 2,178$	$2,178 \cdot 48 : 160 = 0,653$
Al ₂ O ₃ до Al	$11 \cdot 0,24 \cdot 0,50 = 1,320$	$1,320 \cdot 48 : 102 = 0,621$
CaO до Ca	$11 \cdot 0,047 \cdot 0,40 = 0,207$	$0,207 \cdot 16 : 56 = 0,059$
P ₂ O ₅ до P	$11 \cdot 0,003 \cdot 1,0 = 0,033$	$0,033 \cdot 80 : 142 = 0,019$
SO ₃ до S	$11 \cdot 0,013 \cdot 1,0 = 0,12$	$0,143 \cdot 48 : 80 = 0,086$
Всього :		4,138

Частина вуглецю, внесеного коксом і антрацитом, витрачається на відновлення золи антрациту. Розрахунок кисню, що виділяється при відновленні золи антрациту, приведений у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Розрахунок кисню, що виділяється при відновленні золи антрациту

Окисел	Із 100 кг коксу відновлюється, кг	При відновленні виділиться кисню, кг
SiO ₂ до Si	$7,4 \cdot 0,62 \cdot 0,91 = 4,175$	$4,175 \cdot 32 : 60 = 2,227$
SiO ₂ до SiO	$7,4 \cdot 0,62 \cdot 0,07 = 0,321$	$0,321 \cdot 16 : 60 = 0,086$
Fe ₂ O ₃ до Fe	$7,4 \cdot 0,238 \cdot 0,99 = 1,744$	$1,744 \cdot 48 : 160 = 0,523$
Al ₂ O ₃ до Al	$7,4 \cdot 0,09 \cdot 0,50 = 0,333$	$0,333 \cdot 48 : 102 = 0,157$
CaO до Ca	$7,4 \cdot 0,037 \cdot 0,040 = 0,110$	$0,110 \cdot 16 : 56 = 0,031$
P ₂ O ₅ до P	$7,4 \cdot 0,001 \cdot 1,0 = 0,007$	$0,007 \cdot 80 : 148 = 0,004$
SO ₃ до S	$7,4 \cdot 0,02 \cdot 1,0 = 0,148$	$0,148 \cdot 48 : 80 = 0,089$
Всього:		3,117

Для відновлення цих окислів потребується вуглецю: $\frac{3,117 \cdot 12}{16} = 2,338 \text{ кг}$

Так як в 100 кг суміші відновника міститься 75 кг коксу і 25 кг антрациту, то сумарна кількість вуглецю складе: $84 \cdot 0,75 + 86 \cdot 0,25 = 84,5 \text{ кг}$

Із наявних в 100 кг коксово-вугільної суміші 84,50 кг вуглецю буде застосовано:

На відновлення окислів золи: $3,101 \cdot 0,75 + 2,338 \cdot 0,25 = 2,91 \text{ кг}$

На відновлення окислів кварциту: $84,50 - 2,91 = 81,59 \text{ кг}$ або 81,59 %.

Для відновлення 100 кг кварциту потребується 36,876 кг вуглецю або коксово-вугільної суміші: $\frac{36,876}{0,8159} = 45,20 \text{ кг}$

Приймаємо, що 8 % коксово-вугільної суміші згорає на колошнику і витрачається на навуглецювання сплаву, тоді потреба суміші складе:

$$45,20 : 0,92 = 49,130 \text{ кг.}$$

Вуглець електродів приймає участь в реакціях відновлення. Розхід електродної маси на 1 т кварциту 25 кг для ФС 45. Електродна маса містить Золю, окисли котрої також частино відновлюються.

Розрахунок кількості кисню, що виділяється при відновленні золи електродної маси, приведений у таблиці 3.5.

Для зв'язування 0,093 кг кисню в окис вуглецю потребується вуглецю: $\frac{0,093 \cdot 12}{16} = 0,070 \text{ кг}$

Електродна маса вносить вуглецю: $2,5 \cdot 0,85 = 2,125 \text{ кг}$,
приблизно половина цього вуглецю витрачається на відновлення окислів, що зменшує потребу в коксо-вугільній суміші на: $(\frac{2,125 - 0,070}{2}) : 0,8159 = 1,260 \text{ кг}$

Таким чином, потреба в коксо-вугільній суміші на калашу, що містить 100 кг кварциту, дорівнює: $49,130 - 1,260 = 47,87 \text{ кг}$.

Таблиця 3.5 - Розрахунок кількості кисню, що виділяється при відновленні золи електродної маси

Окисел	Із 2,5 кг електродної маси відновлюється, кг	При відновленні виділиться кисню, кг
SiO ₂ до Si	$2,5 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,91 = 0,114$	$0,114 \cdot 32 : 60 = 0,061$
SiO ₂ до SiO	$2,5 \cdot 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,07 = 0,009$	$0,009 \cdot 16 : 60 = 0,002$
Fe ₂ O ₃ до Fe	$2,5 \cdot 0,1 \cdot 0,14 \cdot 0,99 = 0,035$	$2,035 \cdot 48 : 160 = 0,011$
Al ₂ O ₃ до Al	$2,5 \cdot 0,1 \cdot 0,23 \cdot 0,50 = 0,029$	$0,029 \cdot 48 : 102 = 0,014$
CaO до Ca	$2,5 \cdot 0,1 \cdot 0,08 \cdot 0,40 = 0,008$	$0,008 \cdot 16 : 56 = 0,002$
SO ₃ до S	$2,5 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 1,0 = 0,005$	$0,005 \cdot 48 : 80 = 0,003$
Всього:		0,093

Або $47,87 \cdot 0,75 = 35,90$ кг коксу і $47,87 \cdot 0,25 = 11,97$ кг антрациту.

Розрахунок формування хімічного складу сплаву:

Кількість елементів, відновлених із 100 кг кварциту, 35,90 кг коксу, 11,97 кг антрациту і 2,5 кг електродної маси, показані в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Вноситься, кг

Елемент	із золи кварциту	із золи коксу	із золи коксу	із золи електродної маси	Всього, кг
Si	$88,27 - 47,07 = 41,20$	$(4,875 - 2,600) \cdot 0,359 = 0,817$	$(4,175 - 2,227) \cdot 0,1197 = 0,223$	$0,114 - 0,61 = 0,53$	42,303
Al	$0,35 - 0,165 = 0,185$	$(1,320 - 0,621) \cdot 0,359 = 0,251$	$(0,333 - 0,157) \cdot 0,1197 = 0,021$	$0,029 - 0,014 = 0,015$	0,472

Fe	0,30- 0,089=0,2 11	(2,178- 0,653*0,359=0 ,547	(1,744- 0,523)*0,1197=0 ,146	0,035- 0,011=0,024	00,928
Ca	0,12-	(0,207- 0,059)*0,359= 0,053	(0,110- 0,031)*0,1197=0 ,009	0,008- 0,002=0,006	0,154
P	0,034=0,0 86	(0,033- 0,019)*0,359= 0,005	(0,007- 0,004)*0,1197=0 ,001	-	0,006
S	-	(0,143- 0,086)*0,359= 0,019	(0,148- 0,089)*0,1197=0 ,007	0,005- 0,003=0,002	0,028

Данні о розподілі відновника елементів приведені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Данні о розподілі відновника елементів

Елемент	Перейде у сплав, кг	У випаровування, кг
Si	42,303	$SiO=(6,79-1,81)+(0,375-0,100) \cdot 0,359+(0,321-0,086) \cdot 0,1197+(0,009-0,002)=5,114$
Al	$0,472 \cdot 0,85 = 0,401$	$0,472 - 0,401 = 0,071$
Fe	$0,928 \cdot 0,95 = 0,882$	$0,928 - 0,882 = 0,046$
Ca	$0,154 \cdot 0,85 = 0,131$	$0,154 - 0,131 = 0,023$
P	$0,006 \cdot 0,50 = 0,003$	$0,006 - 0,003 = 0,003$
S	-	0,285
Всього :	Всього : 43,720	Всього : 5,285

загальна вага сплаву, що містить 66% Si ..., дорівнює

$$\frac{42,303}{0,66} = 64,10 \text{ кг}$$

кожуха самоспікаючихся електродів вносять 0,2 заліза на 100 кг кварциту, прути – 1,2 кг заліза.

$$64,10 - 1,4 - 43,72 = 18,98 \text{ кг,}$$

або

$$18,98 : 0,90 = 21,1 \text{ кг стружки.}$$

Данні о складі і ваговій кількості сплаву приведені у таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Формування хімічного складу та кількості сплаву

Хим. елемент	Вносити хімічні елементи з шихти, кг			Загальна вага	
	Із кварциту, коксу, антрациту і електродів	Із стружки	Із кожухі і прутів	кг	%
Si	42,303	$21,1 * 0,003 = 0,063$	-	42,366	65,88
Al	0,401	$21,1 * 0,90 = 18,99$	-	0,401	0,62
Fe	0,882	$21,1 * 0,0003 = 0,006$	1,40	21,272	33,08
Ca	0,131	$21,1 * 0,0024 = 0,051$	-	0,131	0,20
P	0,003	$21,1 * 0,003 = 0,063$	-	0,009	0,01
C	0,013*	$21,1 * 0,0003 = 0,006$	-	0,064	0,01
Mn	-		-	0,063	0,01
S	-		-	0,006	0,01
Всього :				64,312	100,0

Розрахунок формування складу та кількості шлаку

У таблиці 3.9 представлений склад складу і кількості шлаку.

Таблиця 3.9 – Утворення складу та кількості шлаку.

Йде на утворювання шлаку, кг			
Окис	Із кварциту	Із золи коксу	Із золи антрациту
SiO ₂	$100 \cdot 0,97 \cdot 0,02 = 1,94$	$35,90 \cdot 0,11 \cdot 0,487 \cdot 0,02 = 0,038$	$11,97 \cdot 0,74 \cdot 0,62 \cdot 0,02 = 0,011$
Al ₂ O ₃	$100 \cdot 0,007 \cdot 0,50 = 0,35$	$35,90 \cdot 0,11 \cdot 0,24 \cdot 0,50 = 0,474$	$11,97 \cdot 0,74 \cdot 0,09 \cdot 0,50 = 0,040$
FeO	$100 \cdot 0,003 \cdot 0,01$ (144 / 160) = 0,003	$35,90 \cdot 0,11 \cdot 0,20 \cdot 0,01$ (144 / 160) = 0,007	$11,97 \cdot 0,74 \cdot 0,238 \cdot 0,01$ (144 / 160) = 0,002
CaO	$100 \cdot 0,003 \cdot 0,6 = 0,18$	$35,90 \cdot 0,11 \cdot 0,047 \cdot 0,6 = 0,111$	$11,97 \cdot 0,74 \cdot 0,037 \cdot 0,6 = 0,020$
MgO	$100 \cdot 0,001 = 0,10$	$35,90 \cdot 0,11 \cdot 0,01 \cdot 1,0 = 0,040$	$11,97 \cdot 0,74 \cdot 0,007 \cdot 1,0 = 0,006$

Йде на утворювання шлаку, кг			
Окис	Із кварциту	Всього	
		кг	%
SiO ₂	$2,5 \cdot 0,10 \cdot 0,5 \cdot 0,02 = 0,003$	1,992	59,07
Al ₂ O ₃	$2,5 \cdot 0,10 \cdot 0,23 \cdot 0,50 = 0,029$	0,893	26,48
FeO	$2,5 \cdot 0,10 \cdot 0,14 \cdot 0,01 \cdot (144 / 160)$ =0,003	0,012	0,36
CaO	$2,5 \cdot 0,10 \cdot 0,08 \cdot 0,6 = 0,012$	0,323	9,58
MgO	$2,5 \cdot 0,10 \cdot 0,03 \cdot 1,0 = 0,007$	0,152	4,51
Всього	6	3,372	100,0

Кратність шлаку

$$\frac{3,372}{64,312} \approx 0,05$$

Кількість газів

Згорає вуглецю коксу , антрациту і електродів на колошнику $2,125 - 35,90 \cdot 0,84 + 11,97 \cdot 0,86 - 36,876 - 0,070 - 0,029 - 2,91 \cdot 0,4787 = 42,575 - 38,368 = 4,207$ кг.

Для спалювання цієї кількості вуглецю потребується кисню

$$\frac{4,207 \cdot 16}{12} = 5,61 \text{ кг}$$

Цієї кількості кисню супроводжують азот

$$\frac{5,609 \cdot 0,78}{0,22} = 19,88 \text{ кг}$$

Всього буде використано повітря

$$5,61 + 19,880 = 25,49 \text{ кг.}$$

При окисленні вуглецю киснем повітря утворюється CO:

$$\frac{4,207 \cdot 28}{12} = 9,816 \text{ кг CO.}$$

При окисленні вуглецю окислами кварциту утворюється CO:

$$\frac{36,876 \cdot 28}{12} = 86,044 \text{ кг CO.}$$

При окисленні вуглецю окислами золи коксу і антрациту утворюється CO:

$$\frac{0,4787 \cdot 2,91 \cdot 28}{12} = 3,250 \text{ кг CO.}$$

При окисленні вуглецю окислами золи електродної маси утворюється CO:

$$\frac{0,070 \cdot 28}{12} = 0,163 \text{ кг CO.}$$

Летючі і волога кварциту, коксу, антрациту електродної маси і стружки складають: $100 \cdot 0,016 + 35,90 \cdot (0,40 + 0,01) + 11,97 \cdot (0,04 + 0,02) + 2,5 \cdot 0,05 + 21,1 \cdot (0,04 + 0,05) = 6,209$ кг

Всього утворюється газів: $19,886 + 9,816 + 86,044 + 3,250 + 0,163 + 6,209 = 125,368$ кг.

Матеріальний баланс процесу приведений у таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 - Матеріальний баланс процесу виплавки феросиліція ФС45

Прихід технологічних матеріалів			Розхід матеріалів у сплав		
Найменування матеріалу	кг	%	Найменування матеріалу	кг	%
Кварцит	100,00	50,41	Сплав	64,312	32,43
Кокс	35,90	18,10	Шлак	3,372	1,70
Антрацит	11,97	6,03	Гази	125,368	63,21
Залізна стружка	21,10	10,64	Облік	5,285	2,66
Електродна маса	2,50	1,26	Нев'язка	+ 0,023	0,01
Повітря на горіння коксу і елементів	25,49	12,85			
Залізо кожухів і прутів	1,40	0,71			
Всього :	198,36	100,00	Всього :	198,337	100,0

Розхід шихтових матеріалів на 1 т ФС 45 , кг проектний

Кварцит	$\frac{100 \cdot 1000}{64,312} = 1555 \text{ кг}$
Кокс	$\frac{35,90 \cdot 1000}{64,312} = 558 \text{ кг}$
Антрацит	$\frac{11,97 \cdot 1000}{64,312} = 186 \text{ кг}$
Залізна стружка	$\frac{21,10 \cdot 1000}{64,312} = 328 \text{ кг}$

3.2 Розрахунок теплового балансу виплавки ФС45

Теплота окислення вуглецю до СО по реакції $C + 1/2O_2 = CO$ складає 2222 ккал / кг вуглецю .

При окисленні вуглецю коксу і електродів виділяється тепла

$$Q_1 = (35,90 \cdot 0,84 + 2,5 \cdot 0,85) \cdot 2222 = 94239 \text{ ккал.}$$

Тепло від екзотермічних реакцій. Утворювання силіцидів заліза здійснюється по реакції $Fe + Si = Fe Si$; $\Delta H = - 19100$ ккал; на 1 кг заліза виділиться 341 ккал.

У 45 - ному феросиліції все залізо зв'язано у силіцид заліза. Теплота утворювання силіциду заліза (21,272 кг заліза) складе

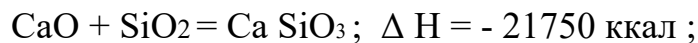
$$q_1 = 21,272 \cdot 341 = 7180 \text{ ккал.}$$

Утворювання силікатів Al_2O_3 і CaO стається по наступним реакціям



на 1 кг Al_2O_3 виділиться 450 ккал,

$$q_2 = 0,893 \cdot 450 = 402 \text{ ккал.}$$



на 1 кг CaO виділиться тепла 388 ккал, при 0,340 кг CaO виділиться,

$$q_3 = 0,323 \cdot 388 = 125 \text{ ккал.}$$

всього в результаті екзотермічних реакцій виділяється тепла

$$Q_2 = 7180 + 404 + 125 = 7707 \text{ ккал.}$$

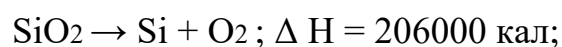
Тепло, що вноситься шихтовими матеріалами при $20^\circ C$, ккал :

Кварцит	$100 \cdot 0,168 \cdot 20 = 336$
Кокс і антрацит	$(35,90 + 11,97) \cdot 0,20 \cdot 20 = 191$
Залізна стружка	$21,10 \cdot 0,11 \cdot 20 = 46$
Всього	573

Всього приход тепла: $94239 + 7707 + 573 = 102519$ ккал.

Розхід тепла

Розхід тепла на ендотермічні реакції . Окисли дисоціюють наступним чином:



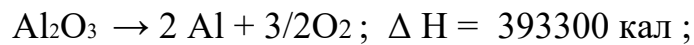
або 3433 ккал на 1 кг SiO_2 .

Дисоціювало кремнезему

$$88,27 + 6,79 + 0,359 \cdot (4,875 + 0,375) + 0,1197 \cdot (4,175 + 0,321) + 0,114 + 0,009 = 97,606 \text{ кг},$$

для чого потребувалося тепла

$$97,606 \cdot 3433 = 336145 \text{ ккал.}$$



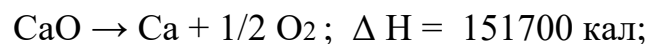
або 3856 ккал на 1 кг Al_2O_3 .

Дисоціювало глинозему

$$0,35 + 0,359 \cdot 1,32 + 0,1197 \cdot 0,333 + 0,029 = 0,893 \text{ кг},$$

потребується тепла на дисоціацію

$$0,893 \cdot 3856 = 3543 \text{ ккал.}$$



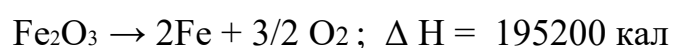
або 2709 ккал на 1 кг CaO .

Дисоціювало окису кальцію

$$0,12 + 0,359 \cdot 0,207 + 0,1197 \cdot 0,11 + 0,008 = 0,215 \text{ кг},$$

для чого потребувалося тепла

$$0,215 \cdot 2709 = 590 \text{ ккал.}$$



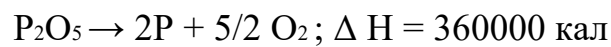
або 1220 ккал на 1 кг Fe₂O₃.

Дисоціювало окису заліза

$$0,30 + 0,359 \cdot 2,178 + 0,1197 \cdot 1,744 + 0,035 = 1,326 \text{ кг,}$$

потребувалося тепла на дисоціацію

$$1,326 \cdot 1220 = 1653 \text{ ккал}$$



або 2535 ккал на 1 кг P₂O₅.

Дисоціювало п'ятиокису фосфору

$$0,359 \cdot 0,033 + 0,1197 \cdot 0,007 = 0,013 \text{ кг,}$$

потребувалося тепла на дисоціацію

$$0,013 \cdot 2535 = 33 \text{ ккал.}$$

Сумарна кількість тепла на дисоціацію окислів:

$$Q_1 = 336145 + 3543 + 590 + 1653 + 33 = 341964 \text{ ккал .}$$

Тепло-зміст феросиліцію при 1800°C:

$$Q_{\text{Si}} = 124,5 + 0,232 \cdot 1800 = 542,1 \text{ ккал / кг}$$

$$Q_{\text{Fe}} = 22,26 + 0,1942 \cdot 1800 = 371,8 \text{ ккал / кг}$$

$$Q_{\text{FeSi}} = ((542,1 \cdot 65,88) + (371,8 \cdot 33,08)) / 100 = 490 \text{ ккал / кг}$$

$$Q_2 = 64,312 \cdot 490 = 31513 \text{ ккал.}$$

Тепло-зміст шлаку при 1800°C:

$$q = 0,286 \cdot 1800 = 514,8 \text{ ккал / кг}$$

$$Q_3 = 3,372 \cdot 514,8 = 1756 \text{ ккал.}$$

Тепло-зміст газообразних продуктів. Припустимо, що гази покидають піч при середній температурі 700°C. Для спрощення розрахунків приймаємо теплоємності усіх газообразних продуктів рівними теплоємності окису вуглецю – основною складовою газообразної фази.

$$Q_4 = 125,368 \cdot 7,27 / 28 \cdot 700 = 22786 \text{ ккал.}$$

Втрата тепла кладкою печі. Загальна поверхня трьохфазної печі потужністю 21000 кВ·А складає 200 м². Температура кожуху можна прийняти 130°C. Удільний тепловий потік при температурі навколишнього повітря 20°C дорівнює 1600 ккал·год / м². Піч втратить за годину 1600*200 = 320000 ккал.

Продуктивність печі на годину дорівнює 2,33 т ФС 45 або 2,33·1555 3600 кг кварциту. В перерахунку на 100 кг кварциту теплові втрати будуть рівні

$$Q_5 = 320000 \cdot 100 / 3600 = 8889 \text{ ккал.}$$

Теплові втрати колошника і на охолодження. По експериментальним даним теплові втрати через колошник і з охолодженням печі при плавці ФС 45 складають 7% від загальних втрат (без урахування хімічної енергії газів що відходять).

Загальний розхід тепла буде рівним

$$Q_{1-5} = 341964 + 31513 + 1756 + 22786 + 8889 = 426018 \text{ ккал.}$$

З урахуванням втрат тепла через колошник печі сумарний розхід тепла складе

$$Q_6 = 426018 / 0.93 = 460796 \text{ ккал.}$$

Визначення розходу електроенергії. Різниця між статтями розходу і приходу тепла

$$460796 - 102519 = 358277 \text{ ккал,}$$

Або

$$358277 : 860 = 417 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Недостатню кількість тепла покривається підведеною електроенергією.

Ураховуючи, що електричний к.п.д. сучасних трьохфазних печей складає $\sim 85\%$, можна визначити розхід електроенергії на 100 кг кварциту:

$$417 : 0,85 = 490,6 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Розхід на 1 т сплаву (45% Si)

$$490,6 \cdot 1555 / 100 = 7629 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Тепловий баланс плавки феросиліцію марки ФС 45 (проектний варіант) приведений у таблиці 3.11.

Таблиця 3.11- Тепловий баланс плавки феросиліцію марки ФС 45

Приход			Розхід		
Стаття	ккал	%	Стаття	ккал	%
1	2	3	4	5	6
Електроенергія	423980	80,64	Дисоціація окисів	342701	65,18
Окис вуглецю до СО	93486	17,78	Тепло металу	31553	6,00
Утворювання силіцидів заліза і силікатів	7747	1,47	Тепло шлаку	1810	0,34
1	2	3	4	5	6
Внесено шихтовими матеріалами	573	0,11	Тепло газів	22235	4,23
			Втрати тепла кладкою печі	8889	1,69
			Втрати тепла через колошник і з охолодженням	34878	6,63
			Електричні втрати і нев'язка	83740	15,93
Всього	525786	100,0	Всього	525786	100,0

3 Структура та параметри основного обладнання

3.3.1 Обґрунтування вибору печі

Обсяг підприємства феросплавів знаходиться у прямій залежності від потужності електропечей. У справжній час важливішим напрямком

технічного прогресу у виробництві феросплавів являється збільшення одиничних потужностей плавильних агрегатів. Збільшення потужностей плавильних агрегатів значно підвищує продуктивність труда, знижує удільний розхід електроенергії, капітальні та експлуатаційні розходи. Разом з тим, робота потужних електропечей нерозривно пов'язана з виділенням великої кількості феросплавного газу, важкими температурними умовами роботи деталей та вузлів пічок, забрудненням навколишнього середовища. У цьому зв'язку першочерговими задачами являються утилізація фізичного та хімічного тепла феросплавних газів, охорона навколишнього середовища, покращення санітарно-гігієнічних умов труда та експлуатації обладнання.

Найбільш широке застосування у виробництві феросплавів знайшли круглі трьохфазні печі з трьох кутовим розташуванням електродів. У такій печі добре концентрується тепло, і плавильні тиглі, утворені під кожним електродом, з'єднані між собою, що дозволяє працювати з одним випускним отвором. Крім того, круглі печі характеризуються мінімальною тепловіддачею поверхнею з високим ступенем використання тепла.

Впровадження закритих пічок різко покращує умови труда, знижує розхід шихтових матеріалів та електродів, а також дозволяє утилізувати гази що виходять. Основною конструктивною відмінністю закритих пічок являється наявність зводу. Шихта по мірі розходів по трубо течкам подається у піч через спеціальні воронки. Відокремлюючіся у процесі плавки не згорають над колошником, як і у відкритих печах, а відводяться до системи газоочистки.

3.3.2 Розрахунок основних параметрів рудовідновлювальної печі

Таблиц 3.12 - Параметри рудовідновлювальної печі

№ п/п	Назва параметра	Розрахункова формула	Розрахункове значення
Розрахунок діаметра електродів та їх розпаду			
1	Номінальна потужність трансформаторів	P	21000 кВт
2	Висока ступінь напруження	$U_{Л} = K\sqrt[3]{P}$	232 В
3	Нижча ступінь напруження	$U_{Л} = K\sqrt[3]{P}$	166 В
4	Робоча ступінь напруження	$U_{Л} = K\sqrt[3]{P}$	195 В
5	Лінійна сила струму	$I_{Л.Р.} = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{Л.Р.}}$	60926 А
6	Діаметр електродів	$d_{эл} = \sqrt{\frac{4I_{Л.Р.}}{\pi \cdot \gamma}}$	118,8 см
7	Активна потужність печі :	$P_a = P \cdot \cos\phi$	18900 кВт
8	Корисна потужність печі	$P_{пол} = P_a - P_{пот} = P_a - 3I^2 \cdot R_{к.с}$	17118 кВт
9	Електричний коефіцієнт корисної дії	$\eta = \frac{P_{пол}}{P_a}$	0,91
10	Діаметр розпаду електрода	$d_p = 2,5d_{эл}$	3000мм
Розрахунок основних параметрів ванни печі			
11	Відстань від електродів до футеровки печі	$a = (0,85 \dots 1,0) \cdot d_p$	2700 мм
12	Діаметр ванни печі	$d_B = d_p + 2,7d_{эл}$	6300 мм
13	Внутрішній діаметр кожуха печі	$D_K = d_B + 2L_{\phi}$	8100 мм
14	Товщина кожуха печі :	$\delta_K = \frac{1}{300}$	27 мм
15	Глибина ванни печі :	$h_B = (2,5 \dots 2,7)d_{эл}$	300 мм
16	Висота кожуха ванни печі	$H_K = h_B + \delta_{л}$	5055мм

Стіни рудо відновлювальної печі футеруються:

-- кутковими блоками	550мм;
-- шамотною цеглою	250мм;
-- шамотною крупкою	100мм;
-- азбестом листовим	10мм;
Всього	910мм.

Подину печі футерують:

-- азбестом листовим	10мм;
-- шамотною крупкою	100мм;
-- шамотною цеглою	845мм;
-- кутковими блоками	1100мм;
Всього	2055мм.

3.3.3 Основні вузли та елементи конструкції рудовідновлювальної печі РКЗ – 21

Основні елементи конструкції феросплавної печі : трансформатори, коротка сіть, кожух та звід печі, електродів тримачі, несущій циліндр, механізм переміщення електродів, механізм перепуску електродів, водоохолодження печі, газоочистка та футеровка печі .

Печі РКЗ -21 обладнуються трьома трансформаторами типа ЄОЦН-8200/10. Трансформатори мають установку змушеного охолодження масла. Температура охолоджувальної води масло охолоджувачів не повинна перевищувати 25°C, розхід води 250 л/хв, розхід масла 600 л/хв.

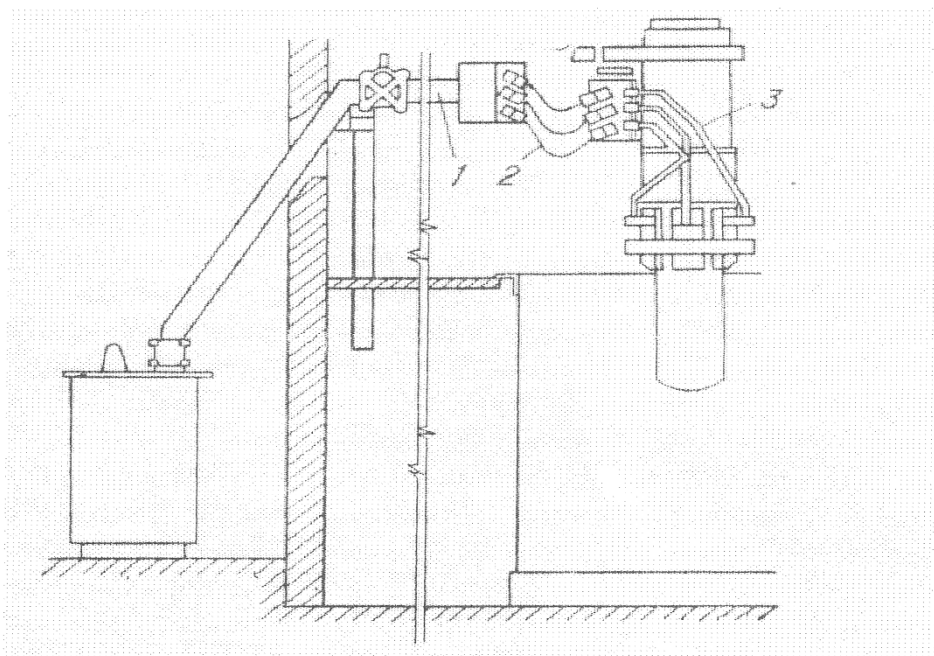
Переключення супінів напруження виробляється під навантаженням при струмі не вище номінального. Кожній супіні трансформатора відповідають визначена величина напруження на стороні низького напруження , а також сила струму та потужність.

Перемикаючий пристрій складається з : перемикача, розташованого в загальному баку трансформатора ; контактора, розташованого у віддільному баку, залитому трансформаторним маслом; приводного механізму, розташованого на стінці баку трансформатора.

Приводний механізм має двигун перемінного струму потужністю 400 В и забезпечується покажчиком положення перемикача.

Трансформатор забезпечується: розширювачем для масла з маслоуказателем; вихлопною трубою з мембраною, діючою при підвищенні тиску 0,5 атмосфер; термометричним газоаналізатором; газовим реле; масло охолоджувачем; насосом з електродвигуном; електричним контактним манометром та фільтром сітчастим; адсорбером; катками ребордами для руху по колії 1524 мм.

Коротка сіть – ділянка електричної печі від пічного трансформатора до електродів і є струмо-проводом вторинного напруження Коротка мережа зазвичай складається з трьох вузлів (рис.3.1). Перший вузол третій вузол – пакети плоских мідних шин розміром 450 x 12 мм.



1— пакет шин; 2 – гнучка частина; 3 – струмопровідні труби

Рисунок 3.1 - Схема короткої сеті

Другий вузол – гнучкі стрічки товщиною 1.0 – 1.2 мм. Непорушний кінець стрічки закріплений у нерухомих башмаках шинного пакета, а рухомий – у рухомих башмаках, від яких струм поступає з контактними щоками.

Третій вузол – струмопровід від рухаючогося башмака до щік електродотримача, що виконується із водо охолоджувальних труб діаметром 50x30 мм.

Коротка мережа виконується у вигляді збірних пакетів, т.е. прямі та зворотні шини в пакеті кожної фази чергуються. При цьому магнітні поля, що виникають, взаємно компенсуються і зменшується реактивний опір. При підході до печі пакети розшиваються: прямі шини пакета через гнучкі стрічки з'єднуються із струмопроводом одного електродотримача, а зворотні шини цього пакета – з струмопроводом другого електродотримача.

Кожух печі повинен бути міцним, щоб утримати масу футерування, вагу шихтових матеріалів, розплаву металу. Кожух печі має циліндричну форму та виконаний з листової сталі товщиною 30 мм у вигляді звареної конструкції. Для зниження деформацій від дії сил, що виникають внаслідок теплового розширення футерування, до зовнішньої стінки кожуха приварюють ребра та пояси жорсткості. У закритих печах роль верхнього пояса жорсткості виконує пісочний затвор. Кожух печі встановлюється на паралельні двотаврові балки, що сприяють охолодженню поду.

Свод закритої печі повинен зберігати міцність при дії високих температур та забезпечувати герметизацію у підсводовому просторі.

Пічь РКЗ – 21 укривається водоохолоджувальним металевим сводом з вогнетривким покриттям. Свод раз'ємний, з дев'ятьма підвісними водоохолоджувальними зварними плитами і центральною мідною плитою (хрестовиною), складеної із трьох секцій. Плити підвішені на дев'яти консолях, а центральна плита опирається на торці плит. Плити ізольовані друг від друга, хрестовини і кожуха печі. Секції представляють собою порожнисті (пустотелие) плоскі плити із листової сталі товщиною 10мм.

Знизу плити футеровані вогнетривким бетоном, нанесеним на приварену до секції металічну арматуру. Зверху звід покритий шаром цементу товщиною 30 – 50 мм.

В своді маються три отвори, в котрих встановленні металеві воронки та обичайки для електродів і подачі шихти. Крім того, в своді маються два отвори для відводу газів в установку газоочистки і дев'ять отворів для вибухових клапанів.

Електроди. Виплавка феросиліцію ведеться на набивних самообпалюючих електродах діаметром 1200 мм.

Самообпалюючий електрод представляє собою заповнений електродною масою металевий кожух з внутрішніми ребрами, виконаний із листової сталі товщиною 3 мм.

Кожух, виготовлений із окремих секцій, служить формою для електродної маси, захищає електрод від окислення повітрям, забезпечує проходження електричного струму від електродотримача до частини електрода, яка зкоксована, а також посилює передачу тепла до верхньої (незкоксованої) частини електрода.

Внутрішні ребра кожуха призначені для збільшення поверхні дотику з електродною масою, для ліпшого утримання її, поліпшення електропровідності і механічної міцності електрода. Для поліпшення зчеплення з масою, ребра надрізаються у вигляді « язичків », відгибаємих по чергово у різні сторони.

Електродотримач (рис.1.2) складається із водоохолоджувального кільця струмоведучих контактних щік та натискних пристроїв контактних щік. Кільце складається з двох напівкілець, з'єднаних сталевими шарнірними болтами через бронзові втулки (для розриву магнітного контуру, утвореного що проходить по електроду струмом). Півкільця є масивними порожнистими водоохолоджувальними виливками, в порожнини котрих розміщуються пружинні зажимні пристрої. Число зажимних пристроїв відповідно числу

контактних щік. Кільце з допомогою чотирьох підвісок кріпиться до спеціального литого сталюого кільця, зв'язаного з несущім циліндром.

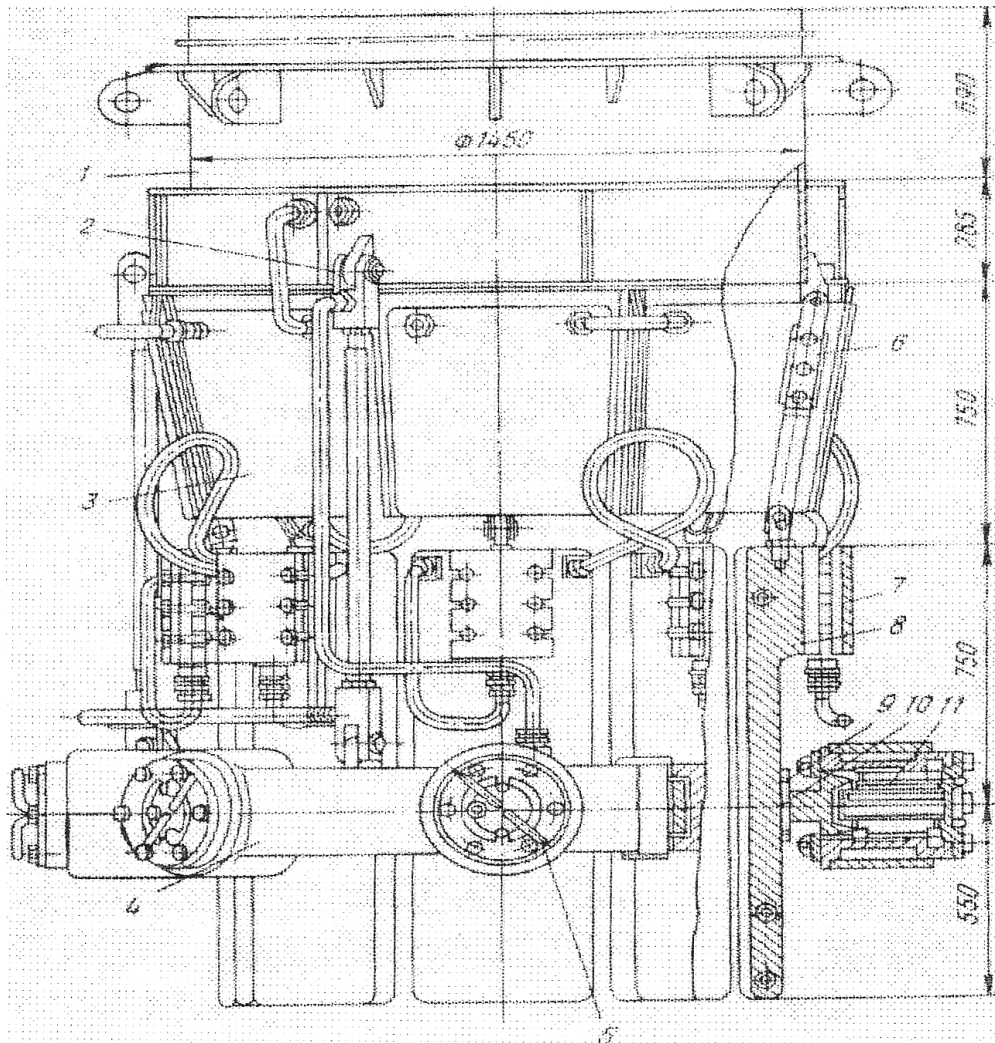
Контактні щоки виробляють із міді і мають всередині змійовик для охолодження. Для кожної контактної щоки в кільце вмонтовано саморегулюючий натискний пристрій, котре складається із сталюого стакану, виготовленого разом із кільцем. Внутрі стакану поміщається натискний щиток, пружини, гайка та різьбова втулка. Регулювання натискного зусилля пружини здійснюється обертанням різьбової втулки.

Несущій циліндр (рис. 1.2) служить для підвішування електрода та електродотримача через підвісний пристрій для переміщення електрода в процесі роботи. Циліндр виробляють із листового заліза товщиною 10-16 мм. Довжина його визначається відстанню від колошникового майданчика до зони нарощування електродів. Внутрішній діаметр циліндра на 100 – 200 мм більший за діаметр електрода.

Для підвіски щік та кільця на циліндрі встановлено кільцеве кріплення. Водяне та повітряне охолодження електрода запобігає перегріву та займанню електродної маси, розташованої вище рівня щік. Завдяки потоку повітря, спрямованому зверху донизу, гази з печі не проникають на електродний майданчик.

Зазор між циліндром та верхнім кінцем циліндру ущільнень, забезпечує центрівку електрода та ізолює електрод від несущого циліндру. Зазор у місці проходу циліндра через міжповерхове перекриття також має ущільнюючий азбестовий сальник.

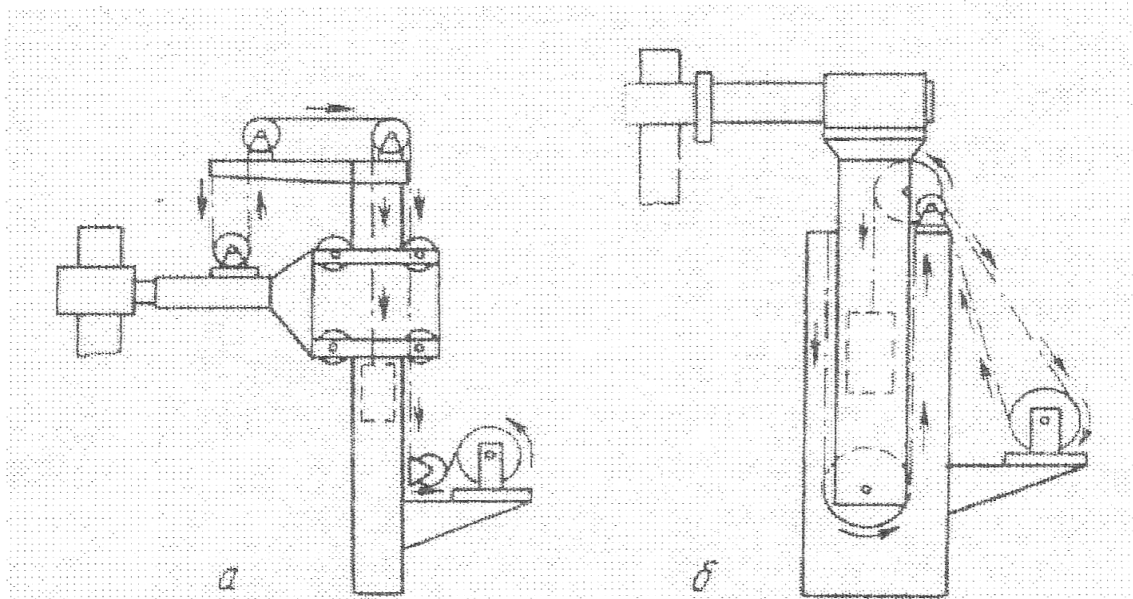
До несучого циліндру кріпиться траверса, до котрої підвішений рухомий контактний башмак.



1 – несущій циліндр; 2 – водоохолоджувальна підвіска затискного кільця; 3 – Водо-охолоджувальний щиток; 4 – затисне кільце; 5 – труба маслопроводу до сиффону; 6 – підвіска контактної щоки; 7 – накладка; 8 – контактна щока; 9 – міканітова прокладка; 10 – захисна прокладка; 11 – гідравлічний пристрій

Рисунок 3.2 - Електродотримач з гідравлічним затиском (затиском) печі потужністю 21000 кВаА:

Механізм переміщення електродів (рис. 1.3) служить для переміщення електродів по вертикалі. Основні вузли гідропідйомника: три плунжера, траверса та ущільнення.



а – з рухомою кареткою; б – з телескопічною стойкою

Рисунок 3.3 - Схема механізмів переміщення електродів консольного типу

Для усунення перекосів електродів у верхній частині ущільнення закріплені направляючі ролики. Для цієї ж цілі під зонтом печі на спеціальних кронштейнах встановлений другий комплект направляючих роликів. Основним конструкційним елементом гідравлічного підйомника є плунжери, котрі здійснюють переміщення електродів. Плунжери вільно опираються на спеціальні стакани, закріплені у рамі ущільнювача. Три плунжера зв'язані між собою спеціальною траверсою, котра служить також для кріплення підвісного кожуха і пристрою для перепуску електродів.

Переміщення здійснюється шляхом подачі масла в плунжери гідропідйомника, котрі за живлені від трьох маслонапорних установок, працюючих паралельно. Для обмеження ходу електродів до верху і до низу встановлені кінцеві вимикачі, котрі вимикають двигун маслонапорної установки при досягненні електродом кінцевих положень. По мірі згорання електрода виникає необхідність його перепуску.

Механізм перепуску електродів (рис. 3.4) складається із 6 – 9 нерухомих кілець та опорного кільця, жорстко з'єднаних по між собою шпильками, опорне кільце із струмоізованими болтами до траверси

мантеля, всередині непохитних кілець розташовані натискні кільця, складені із трьох секцій, з'єднаних по між собою пружинними пристроями, зусилля притиску затискних кілець до кожуху електрода регулюється ступенем затяжки пружин між непорухомими кільцями та рухомими натискними.

Перепуск електродів відбувається без вимкнення печі за допомогою пружинно-гідравлічного пристрою. Кріплять його на рамі верхнього кінця несущого циліндра. Циліндр має верхнє та нижнє кільця однакової конструкції. Затиснення електрода у кільці здійснюється пружинами, відтиснення кільця – гідравлічним циліндром. В нормальному положенні, тобто коли електрод не перепускається, він зажатий одночасно верхнім та нижнім кільцями. Для прямого перепуску розжимається нижнє кільце і електрод разом з верхнім кільцем опускається до низу. Після цього електрод знову затискається нижнім кільцем; Верхнє кільце розтискається. Потім, звільнене верхнє кільце вертається у початкове положення.

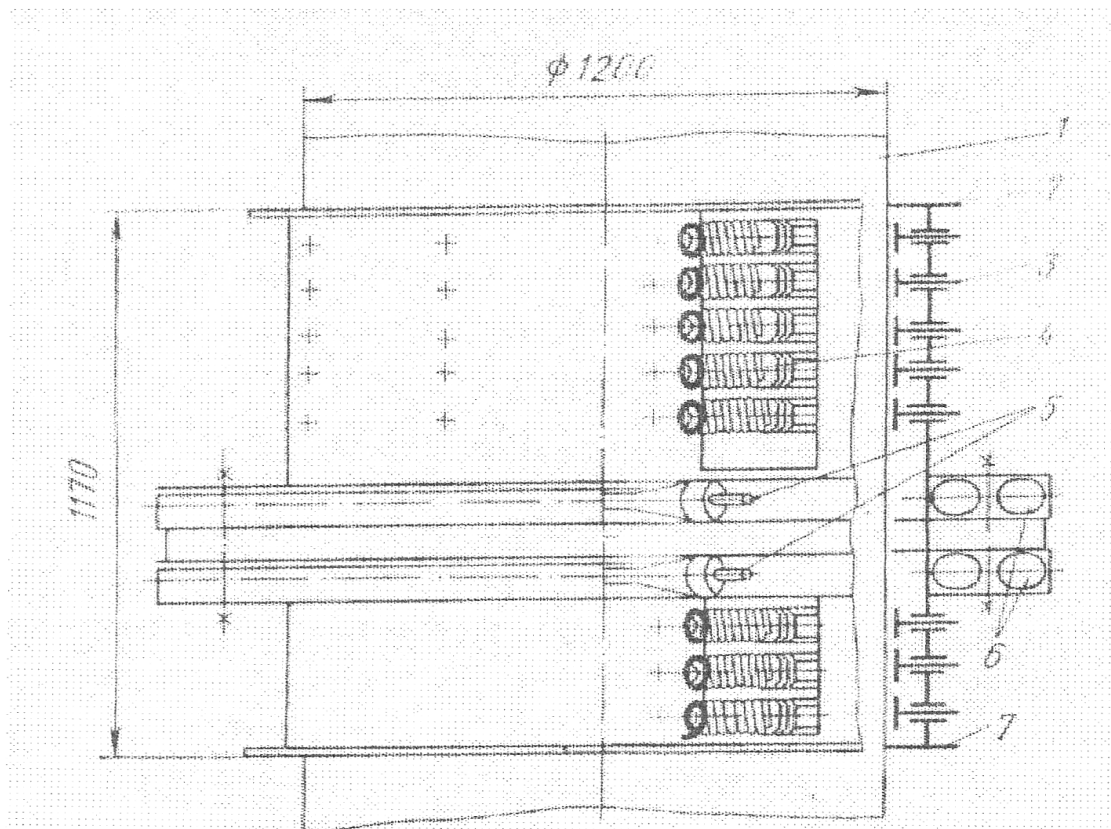
Головна перевага такого перепуску полягає у можливості дистанційного керування перепуску електродів. Відкриття льотки виконується за допомогою прожигу електричної дугою, підвід струму до *механізму прожигу льотки* здійснюється від шин короткої сеті третьої фази. З'їм струму виконується з графітового електрода діаметром 150 мм, розташованого на рівні льотки. Графітовий електрод прикріплюється хомутами до контактної пластини, струм до котрої підводиться за допомогою мідної шини.

Пропалення льотки відноситься до апаратів биркової системи, вмикання прожигу льотки виробляється тільки по команді старшого плавильника. Для вмикання і вимкнення прожигу встановлений роз'єднувач, керований за допомогою електропривода з пульту керування, розташованого на горновій площадці.

Футеровка печі. Перед футеровкою ванни кожух печі перевіряється на герметичність.

На днище і бокову поверхню кожуха укладають азбестовий лист товщиною 10 мм. На днище насипається шар шамотної крупки товщиною 100 мм. злегка ущільнюються. На крупку викладають 13 рядів шамотної цегли. Цегла кладеться насухо впритул одна до одної, кожен ряд присипається мертелем.

Зазор між цегловою кладкою та боковою поверхнею кожуха оставляють рівним 100 мм. Після кладки кожних чотирьох рядів зазор засипається шамотною крупкою. Горизонтальність кладки перевіряється на кожному ряду. На п'ятий ряд цеглової закладаються 6 термопар. Останні три ряду цеглової кладки в районі льотки ліворуч і праворуч на 700 мм. кладуть впритул до кожуху печі.



1 – електрод; 2 – рухома касета; 3 – затисне кільце і вузол його кріплення; 4 – пружина і вузол її кріплення; 5 – ніпелі для підводу і відводу стисненого повітря; 6 – пневмокамера; 7 – нерухома касета

Рисунок 3.4 - Схема пневматичного пристрою для перепуску електродів діаметром 1200 мм

По закінченні цеглової кладки приступають до кладки вугільної подини. Вугільні блоки першого ряду укладаються на вугільній мастиці під кутом 70° до осі льотки впритул друг до друга. Вертикальні шви промащуються мастикою.

Верхній ряд вугільних блоків укладається під кутом 90° до осі льотки. Кладка блоків виконується також як і в першому ряду, за виключенням льоточних блоків, котрі випускаються через проїм в кожуху печі на 300 мм. Далі викладається цеглове кільце і зазор 100 мм. між кожухом печі і цегловою кладкою засипається шамотною крупкою. В районі льотки цегла лягає впритул до кожуху печі.

Первинна кладка обстановочних блоків виробляється насухо, для переконання в правильності розташування блоків в районі льоточного вузла, після чого нижній ряд обстановочних блоків встановлюється на мастиці.

Закладку цеглової футеровки першого ряду обстановочних блоків починають з кладки в районі льотки. На 700 мм. ліворуч та праворуч від льоточного блока цеглу кладуть до кожуху печі, потім викладаються три яруси арки над льоточним блоком і п'ять рядів для вирівняння футеровки над аркою, футеруються до рівня першого ряду блоків.

Викладаючи другий ряд обстановочних блоків необхідно збільшити перев'язку блоків, котра повинна бути не менш 100 мм. Після закінчення кладки верхнього ряду обстановочних блоків викладається цеглове кільце із зазором 100 мм. між кожухом печі і цегловою кладкою, а в районі льотки на 700 мм. в ліворуч та праворуч цеглу кладуть впритул до кожуху печі.

По закінченню кладки верхнього ряду обстановочних блоків і стрічкового вузла ведуть кладку із динасової цегли, викладають 22 ряду. Зазор між цегловою кладкою і кожухом печі розміром 100 мм. засипають шамотною крупкою.

Водоохолодження печі. Температура в зоні електродотримача феросплавної печі складає $400 - 600^\circ\text{C}$, а в окремих випадках (наприклад,

при виникненні «свищів») досягає 1000°C і більше. З цього деталі, розташовані над колошником, охолоджують водою.

Система водоохолодження печі складається із наступних ланцюгів: струмопровідні труби, контактні щоби, рухомі і не рухомі башмаки ; кільця електродотримача; кільце мантеля з траверсою; здовові плити; стакани газоходів; центральні труботечки; кожух ванни печі.

Вода, що надходить до ланцюгів охолодження із розподільної колонки під тиском $0,3$ МПа, потім повертається до водозбірника; подача води регулюється вентилями. Температура води що відходить не повинна перевищувати 50°C .

Загальний розхід води складає $5 - 8$ м³/ч на 1 МВт встановленої потужності трансформатора.

Газоочистка закритої феросплавної печі призначена для уловлювання і очистки колошникового газу. Колошниковий газ утворюється в результаті реакцій ,що протікають в зоні роботи електричної дуги в ванні печі. Газоочистка складається із наступних елементів: газозаборного стакану, нахиленого газоходу, газового ящика, труби Вентурі, капле уловлювача, газопроводів всмоктуючого тракту, вакуумних насосів, газопроводів напірного тракту, свічі для спалювання чистого газу.

Газ поступає до газозаборного стакану при температурі $720 - 750^{\circ}\text{C}$ і запиленістю $35 - 50$ г/м³.

По мірі проходження газу через елементи газоочистки і дотику с розпилюємої форсунками водою він охолоджується до $60 - 70^{\circ}\text{C}$ і очищується до $20 - 40$ г/м³. Ступінь очистки газу залежить від кількості подаваної води на апарати газоочистки і величини перепаду розрідження на трубі Вентурі. Перепад розрідження регулюється за допомогою конусів, котрі збільшують або зменшують перетин горловини труби Вентурі. Роль апарата тонкої очистки газу труба Вентурі виконує при перепадах розрідження не менш 2000 мм водного стовпа.

Вакуумний насос не тільки створює необхідне розрідження по тракту, але і сприяє очистці газу за рахунок рідинних поршнів, утворюємих водою і лопатками ротора. Вакуумний насос подає газ по напірному колектору на свічу запалювання газу або до загального колектора для використання в горілках.

Висновки

1. Проведено розрахунок матеріального балансу виплавки чорного феросиліцію, показано, що з 198 кг шихтових матеріалів виходить 64 кг феросплаву та 4 кг шлаку.
2. Проведено тепловий баланс виплавки феросиліцію. Встановлено, що на виплавку однієї тонни феросплаву необхідно витратити 525786 ккал теплової енергії.
3. Проведено розрахунок енергетичних характеристик рудовідновлювальної печі потужністю 21МВт, подано параметри основних вузлів печі та системи управління піччю.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕНА БЕЗПЕКА

4.1 Шкідливі та небезпечні фактори на ділянці виплавки феросплавів

На майданчику плавильної феросплавної печі присутні такі небезпечні й шкідливі фактори:

- Небезпека ураження електричним струмом;
- Теплові випромінювання, електромагнітні випромінювання, сліпуча яскравість відкритого полум'я;
- Загазованість і запиленість;

Дія електричного струму на організм може викликати різні електричні травми (електричний опік, металізацію шкіри, електричний знак, електроофтальмія) і електричний удар. Електричний опік можуть заподіяти електрична дуга (дуговий опік) або контакт з струмоведучою частиною, струмовий опік); останній відбувається внаслідок протікання через тіло людини струму значною величиною або високої частоти або великого перехідного опору в місці контакту.

Металізація відбувається в результаті механічного і хімічного впливу струму, коли в глиб шкіри проникають пароподібні або розплавлені металеві частинки; уражена ділянка шкіри набуває жорсткої поверхні, і забарвлюється. Електричний знак - наслідок теплового впливу при протіканні щодо великого струму через малу поверхню з відносно великим опором при температурі 50 - 115° С і хорошому контакті; це - спечені або обвуглені ділянки шкіри або припухлість її, іноді виникає відбиток від дотику струмоведучої частини. Електричний знак не хворобливий і зазвичай благойдійно проходить, але відомі випадки і важких наслідків (природна ампутація ураженого органу). Електричний удар - пошкодження організму при виникненні електричного кола через тіло людини. Це - біофізичне явище, викликане наявністю електричних полів великих градієнтів, непритаманних

організму (організму властиві електричні поля малих градієнтів, створювані біотоками). У фізіологічному відношенні електричний удар є обумовлене факторами зовнішнього середовища пошкодження, яке відбувається при виникненні електричних ланцюгів через живий організм. Реакція може виражатися по різному, починаючи з неприємного роздратування або локальними судомами, призводить до отдергивання контактної з джерелом напруги кінцівки, і завершаючи смертельним результатом. Електричний струм діє місцево, пошкоджуючи тканини, і рефлекторно - через нервову систему. Рефлекторна дія виражається дуже різко, тому що при проходженні через організм електричний струм вражає величезна кількість чутливих нервів. Вельми суттєвий вплив надає і безпосередню дію електричного струму на кісткову мускулатуру, викликаючи судому, і особливо на серці, викликаючи фібриляцію його.

Джерелами електричного струму на плавильній майданчику є струмовідні частини, по яких електричний струм передається від пічних трансформаторів до електродотримача. Сила струму з високого боку досягає 1500А при напрузі 10000В, а з низькою боку - до 80000А при напрузі 190В.

При нагріванні тіла і при фізичній роботі кровоносні судини шкірного покриву розширюються, і виробничність роботи серця збільшується, в результаті чого приплив крові і передача нею тепла шкірного покриву збільшуються. Внаслідок постійного теплообміну з навколишнім середовищем утворюється в організмі тепло віддається до зовні. Віддача тепла відбувається: 1) провідністю, 2) конвекцією 3) випромінюванням, 4) випаровуванням поту.

Вплив теплового випромінювання на організм людини призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та ерозії, забруднення хвороботворними мікробами. Тривалий вплив високої температури може призвести до накопичення тепла в організмі і до гіпертермії - стану, при якому температура тіла підвищується до 38 ... 40°C. при гіпертермії, і як наслідок, тепловому ударі, спостерігається

головний біль, запаморочення, загальна слабкість, зміна колірною сприйняття, сухість у роті, нудота, блювання, потовиділення.

Джерелом теплового і світлового випромінювання є феросплавна піч. У цеху створюються потоки теплових випромінювань головним чином інфрачервоних променів з довжиною хвилі до 10 мк. Зовнішня поверхня печі випромінює температуру до 500 ° С при довжині хвилі 3,7 - 9,3 мк; розплавлений метал і полум'я - до 1800 ° С, довжина хвилі 1,4 - 1,9 мк.[22,23].

Таблиця 4.1 - Залежність теплового відчуття від енергії опромінення і тривалості впливу

Енергія опромінення Ккал/м ² год	Характер впливу	перенесення при безперервному опроміненні
240-480	Слабке	Не визн. довго
480-900	Помірне	3-5 хв.
900-1380	Середнє	40-60 сек.
1380-1800	Значне	20-30 сек.
1800-2400	Висока	12-24 сек.
2400-3000	Сильне	8-10 сек.
Більше 3000	Дуже сильне	2-5 сек.

Виробничий пил досить поширений небезпечний і шкідливий виробничий фактор. Підвищена концентрація пилу характерна для плавильного майданчику феросплавної печі.

Пил робить на людину фібро-генний вплив, при якому в легенях відбувається розростання сполучних тканин, що порушує нормальну будову та функцію органу. Шкідливість виробничого пилу обумовлена її здатністю

Таблиця 4.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Найменування речовини	ГДК , мг/м ³
Окис вуглецю	20
Пил, що містить більше 70% вільної SiO ₂ в її кристалічній модифікації	1
Пил містить більше 10% і до 70% SiO ₂	2
Марганець (у перерахунку на MnO ₂)	0,3

викликати професійні захворювання легень, в першу чергу пнемоконіози, силікоз.

Вплив пилу на організм залежить від її складу і походження; і нетоксичний пил може надавати шкідливу дію, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха. Чхання і кашель рефлекторно захищають від пилу. При запиленому повітрі встановлюється поверхневе дихання. Значний вплив на поведінку пилу надає її дисперсність. Чим дисперсніша речовина, тим легше, швидше і глибше проникає вона в організм. При розвиненій питомої поверхні пил є хорошим адсорбентом. Адсорбція пилу отруйних газів робить нетоксичну пил токсичною.

У процесі хімічних реакцій, які відбуваються феросплавної печі, виникає окис вуглецю (CO). Це газ без кольору і смаку зі слабким запахом часнику. Існує велика небезпека появи його на плавильному майданчику.

Наслідки впливу на організм цього хімічного задушливого газу дуже серйозні. Діючи задушливо, цей газ розчиняється в крові, витісняючи з неї кисень (O₂), отже створюючи в крові карбоксигемоглобін (COH₀). Симптоми впливу цього газу - слабкість, сонливість, "туман" в очах; наслідки впливу окису вуглецю - втрата свідомості, отруєння, летальний результат.

4.2 Заходи щодо зниження впливу шкідливих та небезпечних факторів

Для запобігання попадання працівника на плавильному майданчику в зону ураження електричного струму всі електроустановки (трансформатори пічні) знаходяться у спеціальних приміщеннях (камерах), доступ до яких і дозволений лише навченому і проінструктованому персоналу. Струмовідні частини, що передають напругу від трансформаторів до електродів, повинні бути розташовані на недосяжній висоті з урахуванням можливості ненавмисного дотику до струмоведучих частин довгими металевими предметами. Всі труби зливних колекторів охолодження елементів печі, розташовані в робочій зоні на плавильному майданчику, за ізольовані азбестовим полотном, що дозволить уникнути попадання робочого під напругу від випадкового дотику до зливних труб, перебуваючи на зведенні печі [18].

Порядок проведення робіт на печі суворо регламентований інструкцією, і весь плавильний персонал один раз на три місяці зобов'язаний проходити інструктаж. Обов'язковим є використання засобів захисту від ураження електричним струмом - це гумові килимки, дерев'яні щити і помости, а також дотримання правил техніки безпеки при роботі на зводі печі і в близу струмоведучих частин. За плавильним майданчиком розвішені попереджувальні плакати [18,23].

Спеціальний одяг служить для запобігання роботи на плавильної майданчику від впливу теплового випромінювання і опіків.

Матеріал для спецодягу повинен бути вогнетривким, стійким до впливу теплового випромінювання, міцним, м'яким, повітропроникним як у сухому, так і у вологому стані (для поліпшення повітрообміну тіла працюючого з навколишнім середовищем), вологоємним, гігроскопічним і паропроникним. Костюм для робітників, які працюють на плавильної майданчику феросплавної печі, складається з двобортною широкого крою куртки і

штанів. Куртку не слід заправляти в брюки, а брюки - в чоботи. Типи спецодягу різні, в одних з них використовується захисна функція повітряного прошарку, для чого куртку роблять з двох шарів матерії з повітряним прошарком між ними. В іншому типі костюмів використовується відображення променів поверхнею костюма. Спецодяг робітників виготовляють з сукна. Застосовують також уплотнення тканини з синтетичного волокна, хімічно оброблені, з металевим покриттям та ін. При наявності небезпеки впливу полум'я та іскор застосовують спецодяг з металізованої або скляною тканиною з вогнестійким просоченням [22].

Для захисту голови від перегріву і опіків застосовують капелюхи з широкими крисами з повсті, фетру або грубошерстої сукна. Для захисту від перегріву, безпосередньо на плавильній майданчику, в робочу зону здійснюється подача припливного повітря (душіруючая вентиляція).

Для захисту ніг застосовують спеціальне взуття. Матеріал взуття повинен бути стійким проти підвищеної температури, опромінення, іскор, мало теплопровідним і повітряно прониозним. Для захисту рук застосовують суконні з шкіряними нашивками рукавиці (вачагі).

Для захисту очей від впливу енергії випромінювання використовують окуляри зі світлофільтрами. Світлофільтр відбирають зі спектральною характеристикою, яка відповідає спектральному діапазону потоку випромінювання, для захисту від якого окуляри призначені. Для роботи у металургійних печах (крім доменних) при температурі до 1800°C використовують скла СС4, СС11. Окуляри кріплять до козирку або полях головного убору. Оправа окулярів повинна бути легкою; щоб вона не нагрівалася, її обшивають м'якою тканиною. Застосовують також скла з тонкошаровим металевим відображаючим промені покриттям. Для захисту обличчя та очей використовують щитки з органного скла, металевої сітки і комбіновані (зі скла та сітки) маски із світлофільтром.

Захист органів дихання досягається застосуванням, що фільтрують із ізолюючих приладів [23]. Як індивідуальні фільтруючі прилади на

плавильної майданчику феросплавної печі використовуються респіратори. Респіратор складається з гумової (або з полімерів) напівмаски, клапанів з фільтрами для вдиху і видиху, оголов'я і обтюратора. Респіратори призначені для очищення, вдихуваного повітря від пилу (протипилові респіратори) типу РПК, РУ-71, РН-16, РПБ-5, ШБ-1 («Лепесток»), ШБ-2 або газів (протигазові респіратори) універсальні типу РУ-60М, Р-2 і Ф-46. Опір диханню цих приладів повинне бути не великим (приблизно до 50 Н/м²)

Висновки

1. Представлено способи виробництва феросиліцію, проведено аналіз характеристик та можливостей застосування способів виробництва ФС. Проведено аналіз застосування, структури та властивості вуглецевих відновників. З огляду на характеристики антрациту визначено можливість заміни частини коксу на антрацит.
2. Визначено характеристики вторинних сплавів за їх складом, ступенем чистоти, габаритами та масою, які забезпечують отримання необхідних параметрів феросиліцію.
3. . Визначено склад та методи дозування шихтових матеріалів та точності зважування шихтових матеріалів, показано, що точність дозування контролюється ваговимірювальними пристроями, похибка яких не повинна перевищувати $\pm 2,0$ %.
4. Проведено розрахунок матеріального балансу виплавки чорного феросиліцію, показано, що з 198 кг шихтових матеріалів виходить 64 кг феросплаву та 4 кг шлаку.
5. Проведено тепловий баланс виплавки феросиліцію. Встановлено, що на виплавку однієї тонни феросплаву необхідно витратити 525786 ккал теплової енергії.

Перелік джерел посилання

1. Развитие металлургии Украинской ССР. Киев : Наукова думка. 1980. с.960.
2. Жердєв К.В., Качан Р.Ю. Загальна характеристика способів виробництва феросплавів Наукова та студентська молодь у вирішенні інноваційних завдань розвитку феросплавного виробництва. Дніпропетровськ, 2014. с.10.
3. Гасик М.И., Н.П. Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов Учебник для вузов М. СП Интернет Инжиниринг,1999. с 764.
4. Волков И.Г. Люборец И.И., Чумаков А.А. Производство ферросиликомарганецалюминия Металлург. 1987. №3. с.24-25.
5. Чесноков А.А. Анализ влияния физико-химических процес сов на технологию производства тероантрацита в электрокальцинаторах. Наукова та студентська молодь у вирішенні інноваційних завдань розвитку феросплавного виробництва. Дніпропетровськ, 2014. Стор.11-12.
6. Гасик М.И. Электротермия марганца Киев : «Техника», 1979. с.168.
7. Хитрик С.И., Ем П.А., Гасик М.И. Комплексное использование марганцевых шлаков. В сб. Развитие ферросплавной промышленности. Киев : Гостехиздат УССР, 1961. с. 241.
8. Садовский Н.Г., Гасик М.И. Влияние окиси кальция на коэффициент распределения кремния при выплавке металлического марганца. Тезиси докладов научно-технической конференции по ферросплавам. Днепропетровск, ДМетИ, 1975. С.65-67.
9. Величко Б.Ф. Металлургия марганца Украины Б.Ф. Величко, В.А. Гаврилов, М.И. Гасик. Київ 1996, с.471.

10. Пеленов А. Особенности восстановления кварцитов при производстве ферросилиция. Научная та студентська молодь у вирішенні інноваційних завдань розвитку ферросплавного виробництва. Дніпропетровськ, 2014. с.7-8.
11. Гасик М.И. Мирощниченко О. Я, Паримончик И.Б. Исследование структуры двухкальциевого силиката в основных шлаках системы CaO, MnO, SiO₂. *Металлургия и коксохимия* : Респ. межвед. науч. техн. сб., 1986. Вып. 90. с. 44-48.
12. Ганцеровский О.Г., Овчарук А.Н., Рогачев И.П., Кузнецова А.А., Люборец И.И. Статистический анализ технологических данных производства малофосфористого шлака. *Проблемы металлургического производства*. Киев : Техника, 1992. Вып. 108. с. 95-98.
13. Бірюченко Д.О. Гриненко А.С. особенности использования головных восстановителей в ферросплавных процессах. Научная та студентська молодь у вирішенні інноваційних завдань розвитку ферросплавного виробництва. Дніпропетровськ, 2014. с. 9-10.
14. Гасик М.И. Лякишев Н.П. *Физикохимия и технология электроферросплавов: Учебник для вузов* Днепропетровск : ГНПП «Системные технологии», 2005 г. с. 448.
15. Косюк В.І. Карпова В.В. використання самоспівливих електродів у ферросплавному виробництві Научная та студентська молодь у вирішенні інноваційних завдань розвитку ферросплавного виробництва. Дніпропетровськ, 2014. с.19-20.
16. Rovin, S. L. , Kalinichenko A. S., Rovin L. E. Recycling of metalwastes in rotary furnaces .*Journal of Casting & Materials Engineering (JCME)*. 2019. Vol 3. No. 2. P. 43–49.
17. Борнадский И.И. Теория металлургических процессов. Высшая школа, 1978. с. 288.
18. Методические указания по выполнению раздела «Охрана труда» в дипломных проектах. *Нормативно-технические материалы*. Днепропетровск : НМетАУ, 2004 с. 59.

19. Новиков Н.В., Капран И.И., Соколов К.Д., Овчарук А.Н., Гасик М.И. Петрографические исследования взаимодействия периклазохромитовой футеровки рудовосстановительной печи с расплавом ферроникеля и печного шлака *Металлургия и горнорудная пром-сть*. 2006. №2. с.27–30.
20. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. СП «Интермет Инжиниринг», 1999. с. 764.
21. Гладких В.А., Гасик М.И., Овчарук А.Н., Пройдак Ю.С. Проектирование и оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов. Днепропетровск : Системные технологии, 2004. с. 736.
22. Правила пожарной безопасности в Украине, Государственный реестр нормативных актов по вопросам пожарной безопасности. Пожинформтехника, 2001. с. 328.
23. Шеремет В.О. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві Навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. Дніпропетровськ: Січ, 2002. с.375.