

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повна офіційна назва закордонного спеціального 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 вищої освіти

(другий (магістерський) рівень)

на тему «Технологічні особливості виробництва фероалюмінію»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1361-мчм

Фощан Вячеслав Александрович

(ІПІП)

(ПІП/ІП)

спеціальності 136 «Металургія»

(кодифікатор спеціальності)

освітньо-професійна програма «Металургія чорних металів»

(кодифікатор програми)

Керівник Воденнікова О.С.

(прізвище та ініціали)

(ПІП/ІП)

Рецензент Белоконь Ю.О.

(прізвище та ініціали)

(ПІП/ІП)

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»
(кодифікована)

Освітньо-професійна програма Металургія чорних металів
(кодифікована)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МІТЕБ
Ю.О. Белокозь

“ ” _____ 2023 року

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

Фоманку Вячеславу Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Технологічні особливості виробництва фероалюмінію»

керівник роботи (проєкту) Воденнікова Оксана Сергіївна, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “09” 10 2023 року № 1581-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) 01.12.2023р.

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) Науково-технічна література, ДСТУ, патенти.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Аналіз сьогоденної феросплавної промисловості. Технологічні особливості виробництва фероалюмінію марок ФА10, ФА15, ФА20 та ФА30. Огляд особливостей виплавки комплексних сплавів з алюмінієм. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки. Перелік джерел посилання. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Титульний лист – 1. Реферат – 0. Розділ 1 – 3. Розділ 2 – 1. Розділ 3 – 3.
Розділ 4 – 0. Висновки – 1. Додатки – 0.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>Розділ 1</i>	<i>Воденнікова О.С., доцент</i>	
<i>Розділ 2</i>	<i>Воденнікова О.С., доцент</i>	
<i>Розділ 3</i>	<i>Воденнікова О.С., доцент</i>	
<i>Розділ 4</i>	<i>Воденнікова О.С., доцент</i>	
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Бєлокозь Ю.О. завідувач кафедри</i>	

7. Дата видачі завдання 07.05.2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	<i>до 30.11.2023р.</i>	
2	<i>Реферат</i>	<i>до 30.11.2023р.</i>	
3	<i>Розділ 1</i>	<i>до 30.06.2023р.</i>	
4	<i>Розділ 2</i>	<i>до 19.11.2023р.</i>	
4	<i>Розділ 3</i>	<i>до 26.11.2023р.</i>	
5	<i>Розділ 4</i>	<i>до 30.11.2023р.</i>	
6	<i>Висновки</i>	<i>до 30.11.2023р.</i>	

Студент _____ Фоман В.О.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

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

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 65 с., 12 табл., 18 рис., 20 джерел посилення та 1 додаток.

ФЕРОАЛЮМІНІЙ, АЛЮМІНІЙ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ, АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ, АЛЮМОВМІСНІ МАТЕРІАЛИ, ГЛИНОЗЕМ.

Тема кваліфікаційної роботи – технологічні особливості виробництва фероалюмінію.

Мета роботи – проаналізувати можливі напрямлення виплавки алюмінієвих сплавів..

Поставлена мета в роботі вирішується наступними завданнями:

- розглянути технологічні особливості виробництва фероалюмінію марок ФА10, ФА15, ФА20 ТА ФА30;
- запропонувати раціональний склад сплавів типу ФАМ та ФАМС;
- дослідити процес виплавки комплексних алюмінієвих сплавів типу ФАМ та ФАМС в печі потужністю 1200 кВА;

Об'єкт дослідження: фізико-механічні властивості та структура фероалюмінію марок ФА10, ФА15, ФА20 ТА ФА30; фізико-механічні властивості та структура сплавів типу ФАМ та ФАМС.

Предмет дослідження: технологія виплавки фероалюмінію; технологія виплавки комплексних алюмінієвих сплавів.

Методи дослідження: загальні (емпіричні, комплексні та теоретичні) та спеціальні (графічні та кореляційні) методи наукових пізнань.

Наукова новизна одержаних результатів: для отримання комплексних феросплавів з алюмінієм запропоновано використовувати ставролітовий концентрат (46–50 % Al_2O_3 , 26–28 % SiO_2 , 13–15 % Fe_2O_3 , 0,5–2% TiO_2 , 1–2 % ZrO_2) та визначено оптимальну витрату шихти на 1т сплаву: брикети ставролітового концентрату – 703 кг; силікомарганець – 422 кг; сталева стружка – 600 кг; коксик – 308 кг та витрата електроенергії – 5930 кВт*год.

Практичне значення одержаних результатів: матеріали роботи можуть бути впроваджені в навчальний процес Запорізького національного університету при читанні лекцій з навчальної дисципліни «Металургія чорних металів» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 136 «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія» очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти.

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідались і обговорювались на 1 конференції.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СЬОГОДЕННОЇ ФЕРОСПЛАВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	10
1.1 Стан сьогоденної феросплавної промисловості України.....	10
1.2 Виробництво алюмінію та його сплавів.....	11
1.2.1 Сировина для виробництва алюмінію.....	11
1.2.2 Сучасні способи одержання алюмінію.....	20
1.2.3 Сплави на основі алюмінію.....	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОАЛЮМІНІЮ МАРОК ФА10, ФА15, ФА20 ТА ФА30.....	26
2.1 Фероалюміній: хімічний склад, призначення та характеристика.....	26
2.2 Правила приймання та методи контролю якості фероалюмінію.....	27
2.3 Метод випробувань та транспортування фероалюмінію.....	30
2.4 Виплавка фероалюмінію марок ФА10, ФА15, ФА20.....	30
2.5 Виплавка фероалюмінію марки ФА30.....	31
3 ОГЛЯД ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПЛАВКИ КОМПЛЕКСНИХ СПЛАВІВ З АЛЮМІНІЄМ.....	34
3.1 Комплексні сплави з алюмінієм.....	34
3.2 Розробка раціонального складу сплавів типу ФАМ та ФАМС.....	36
3.2.1 Методика проведення досліджень.....	36
3.2.2 Аналіз результатів дослідження.....	38
3.3 Дослідження процесу виплавки комплексних алюмінієвих феросплавів..	40
3.3.1 Виплавка сплаву ФАМС-1.....	42
3.3.2 Виплавка сплаву ФАМ.....	43
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	47
4.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори феросплавного виробництва...	47
4.2 Заходи щодо усунення шкідливих та небезпечних факторів.....	49
4.3 Електроустаткування.....	51

4.4 Природне та штучне освітлення.....	52
4.5 Вентиляція.....	53
4.6 Побутові та допоміжні приміщення.....	54
4.7 Індивідуальні засоби захисту.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	59
ДОДАТКИ.....	61
ДОДАТОК А НАУКОВІ ПРАЦІ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТРА.....	61

ВСТУП

Виробництво феросплавів є важливою складовою як металургійного комплексу, так і економіки України в цілому, що забезпечує значну частину податкової та державної валюти. Для вирішення основних проблем українських виробників феросплавів необхідно розробити державні програми, які передбачають розвиток інфраструктури та науково-технічне забезпечення стимулювання виробництва, економічно обґрунтовані ціни на енергоносії, комерціалізацію наукових досягнень, ефективне становлення співпраця між громадськістю, бізнесом і наукою, великими приватними особами [1].

Використання комплексних феросплавів у виробництві сталей мартенівського, конвертерного та електросталеплавильного сортаменту підтвердило їхню високу технологічну та економічну ефективність. Численними дослідженнями показано, що участь комплексних феросплавів як розкислювачі дозволяє отримувати метал кращої якості, ніж його отримують при роздільному введенні феросплавів. У цьому собівартість продукції значно знижується.

Особливе місце серед комплексних феросплавів повинні зайняти алюмінієві феросплави, здатні виключити застосування вторинного та первинного алюмінію для легування та розкислення сталі. У чорній металургії на розкислення сталі витрачається близько 75000 тонн вторинного алюмінію на рік, в основному марки АВ-88, що містить близько 87 % алюмінію та до 13 % шкідливих домішок кольорових та рідкісних металів (міді, цинку, свинцю та інші). Вторинним алюмінієм вноситься в сталь кольорових металів у 100-10000 разів більше, ніж крем'янистими, марганцевими, хромистими та іншими феросплавами. Близько 3-5 % всього первинного алюмінію прямує в сталеплавильну промисловість. У той самий час існує гострий дефіцит високоякісних бокситів для алюмінію; В останні роки широко впроваджуються нові види сировини: нефіліни, каоліни, кіаніти, алуніти та бідні боксити. Відомо, що Україна не має в своєму розпорядженні запасів бокситів і тому

щорічно імпортує значну кількість високоякісних бокситів (до 1 млн. т.).

Застосування вторинного та первинного алюмінію при розкисленні сталі пов'язане з нераціональним використанням: корисне використання алюмінію становить 5-30 %. Решта його йде на розкислення шлаку і окислюється киснем повітря. Крім того, корисне використання алюмінію коливається від плавки до плавки, залишковий вміст алюмінію нестабільний і якість сталі змінюється, що негативно позначається при прокатці та службі металу.

Доцільність переробки алюмінієвих відходів для товарних сплавів шляхом ретельного відбору, очищення, магнітної сепарації та флотації не викликає сумніву; у низці країн поняття «вторинні алюмінієві сплави» взагалі відсутнє. Витрата чистого алюмінію для розкислення сталі у ряді промислово розвинених країн становить 100-150 г/т при витраті вторинного алюмінію нашої промисловості близько 460-480 г/т.

Останнім часом рядом науково-дослідних інститутів та заводів було встановлено, що розкислення сталі замість металевого алюмінію його сплавами із залізом, марганцем, кремнієм різко збільшує корисне використання алюмінію (до 50-90%), підвищує якість сталі та знижує кількість домішок кольорових металів з Одночасним зниженням собівартості сталі [2-4].

Слід визнати, що незважаючи на очевидні переваги алюмінієвих комплексних феросплавів, їх виробництво в нашій країні не організоване насамперед через відсутність надійної промислової технології їх отримання.

1 АНАЛІЗ СЬОГОДЕННОЇ ФЕРОСПЛАВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1 Стан сьогоденної феросплавної промисловості України

В останні десять років Українська Асоціація виробників феросплавів та іншої електрометалургійної продукції вимагає обмежити імпорт і знизити тарифи на струм. Таким шляхом вона намагається підвищити прибуток феросплавних підприємств і змусити українські металургійні заводи купувати свою продукцію.

Українські феросплавна галузь за підсумками лютого 2023 року зменшила експорт феросплавів на 26,8 % у порівнянні з попереднім місяцем – до 40,9 тис. т. У грошовому еквіваленті поставки феросплавів за кордон за вказаний період впали на 34,7 % м./м. – до \$33,66 млн. Порівняно з лютим 2022 року через один рік - в лютому 2023-го феросплавна галузь України скоротила виручку від реалізації продукції на 54,6 %. Різницю обсягів експорту в натуральному обсязі вирахувати неможливо через відсутність даних.

Безпосередньо за підсумками січня-лютого 2023 року Україна експортувала 96,83 тис. т феросплавів на \$85,23 млн. Виручка галузі скоротилася на 44,7 % у порівнянні з аналогічним періодом 2022 року.

Основним споживачем українських феросплавів у січні-лютому 2023 року були: Польща (65,9 %). Туреччина (7,08 %) та Китай (6,28 %).

Ракетні удари країни-агресора – Росії по українській енергоінфраструктурі з 24.02.2022 р. значно погіршили ситуацію для феросплавної галузі, яка сильніше від інших залежить від стабільного енергопостачання. Унаслідок цих ударів підприємства галузі тимчасово частково чи повністю зупинили роботу.

Так ТОВ «Побузький феронікелевий комбінат» (рис. 1.1) вимушено призупинили через перебої з енергопостачання, бо підприємство залежить від імпортової сировини і тому не може розраховувати на стабільний її потік через блокаду портів.

АТ «Нікопольський завод феросплавів» (рис. 1.2) та АТ «Запорізький завод феросплавів» (рис. 1.3) працюють із мінімальним завантаженням. Робота підприємств повністю залежить від попиту на продукцію, поставок сировини та стабільного енергозабезпечення. В разі стабілізації ситуації заводи зможуть швидко наростити обсяги виробництва.

Як повідомляв GMK Center, за підсумками 2022 року (рис. 1.4) феросплавна галузь України скоротила експорт продукції на 47,7 % у порівнянні з 2021 роком – до 349,6 тис. т. Виручка від експорту феросплавів скоротилася на 46% р./р. – до \$564,14 млн. У період з січня по серпень 2022-го підприємства галузі виробили 399,46 тис. т продукції, що на 32% менше р./р.

На початку листопада 2023 року феросплавні підприємства, котрі відновили роботу минулого року, повідомили про призупинення виробництва принаймні до весни 2024-го. Зокрема АТ «Марганецький гірничо-збагачувальний комбінат» та АТ «Покровський гірничо-збагачувальний комбінат», а також АТ «Нікопольський завод феросплавів» та АТ «Запорізький завод феросплавів» заявили, що виробничі процеси були призупинено через ймовірні перебої з енергопостачанням взимку та проблеми з водопостачанням. Металургійні підприємства вказують, що сировини та продукції на складах достатньо для забезпечення потреб споживачів.

Таким чином, експорт української феросплавної продукції продовжуватиме скорочуватись до кінця року на фоні зупинки виробників, а також сезонного зменшення попиту з боку експортних споживачів.

1.2 Виробництво алюмінію та його сплавів

1.2.1 Сировина для виробництва алюмінію

Алюміній знаходиться в рудах у вигляді мінералів, що містить окисли, подвійні основні сульфати та силікати:

– діаспор або беміт – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 85 % Al_2O_3 (рис. 5);



Рисунок 1.1 – ТОВ «Побузький феронікелевий комбінат»



Рисунок 1.2 – АТ «Нікопольський завод феросплавів»



Рисунок 1.3 – АТ «Запорізький завод феросплавів»



Рисунок 1.4 – Експорт феросплавів з України у 2023 році

- кіаніт або силіманіт – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$ – 63,2 % Al_2O_3 (рис. 6).
- гібсит або гідраргіліт – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ – 65,4 % Al_2O_3 (рис. 7);
- нефелін – $(\text{NaхКу})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ – 32-36% Al_2O_3 (рис. 8);
- алуніт – $(\text{NaхКу})\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$ – 37-39 % Al_2O_3 (рис. 9);
- корунд – 100 % Al_2O_3 (рис. 10);
- каолініт – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 39,5 % Al_2O_3 (рис. 11);



Рисунок 1.5 – Беміт

Гірські породи, що складаються з гідрогіліту, беміту або діаспору та невеликої кількості корунду та алюмосилікатів, називають бокситами. Боксити є основною сировиною в процесі виробництва алюмінію. Крім алюмінію, вони завжди містять домішки Ti, V, Cr і Ga. Жильна порода складається з гідратованих оксидів заліза, різних водних силікатів, а також карбонатів кальцію і магнію. Боксити також служать сировиною для виробництва електрокорунду, глиноземистого цементу і вогнетривів. Боксит використовують також як флюс у мартенівському виробництві сталі.



Рисунок 1.6 – Кіаніт



Рисунок 1.7 – Гібсит



Рисунок 1.8 – Нефелін



Рисунок 1.9 – Алуніт



Рисунок 1.10 – Корунд



Рисунок 1.11 – Каолініт

1.2.2 Сучасні способи одержання алюмінію

Технологія добування металевого алюмінію з руд дуже складна і складається з чотирьох виробництв і виготовлених виробів (рис. 1.12):

- виробництво оксиду алюмінію (оксиду алюмінію);
- виробництво фтористих солей і криоліту;
- виробництво вугільної продукції (електродів і футеровок);
- виробництво електролітичного алюмінію.

В сьогоденні найбільш зручним і економічним способом одержання алюмінію виступає електроліз глинозему, який розчиняють у розплаві криоліту (Na_3AlF_6) (рис. 1.13). Загальний цикл одержання алюмінію представлено на рис. 1.14.

1.2.3 Сплави на основі алюмінію

Ковкі сплави використовують для безперервного лиття круглих і плоских напівфабрикатів, які потім піддають гарячій або холодній обробці тиском. Такі сплави піддають термічній обробці для підвищення міцності та особливих властивостей. Існують різні види термічної обробки. Гомогенізуючий відпал використовується для усунення розрідження дендритів в об'єктах перед пластичною деформацією. Рекристалізаційний відпал сплавів після їх деформації застосовують для видалення домішок і отримання дрібних зерен у виробках.

Сплави на основі алюмінію також викликають твердіння і старіння сплавів, що сприяє розкладанню перенасиченого твердого розчину і коагуляції містяться в ньому зміцнюючих фаз. Це підвищує пластичність і корозійну стійкість сплавів.

Особливістю алюмінієвих сплавів є невеликий діапазон температур нагріву при гартуванні. Тривалість процесу затвердіння повинна бути мінімальною і забезпечувати розчинення надлишкових фаз у твердому розчині.

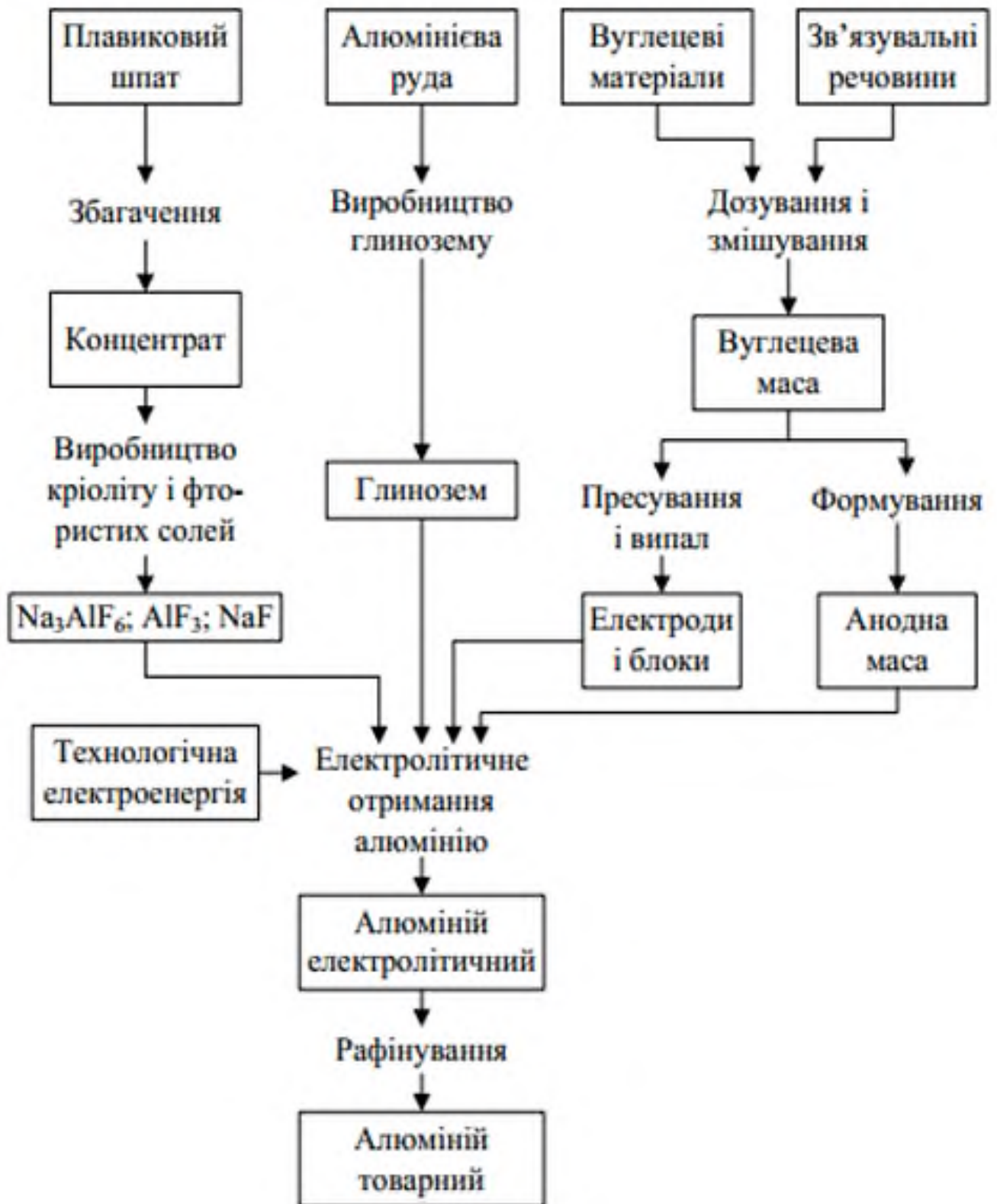


Рисунок 1.12 – Загальна схема виробництва алюмінію

Термін зберігання виробів при температурі temperування 2-15 год. За цей час грубі інтерметалічні фази в сплавах повинні розчинитися. Гартовані на

повітрі сплави потребують кількох днів для старіння при нормальних температурах (природне старіння). Витримка відбувається при підвищених температурах (150-200 °C) протягом 10-24 годин (штучне старіння).

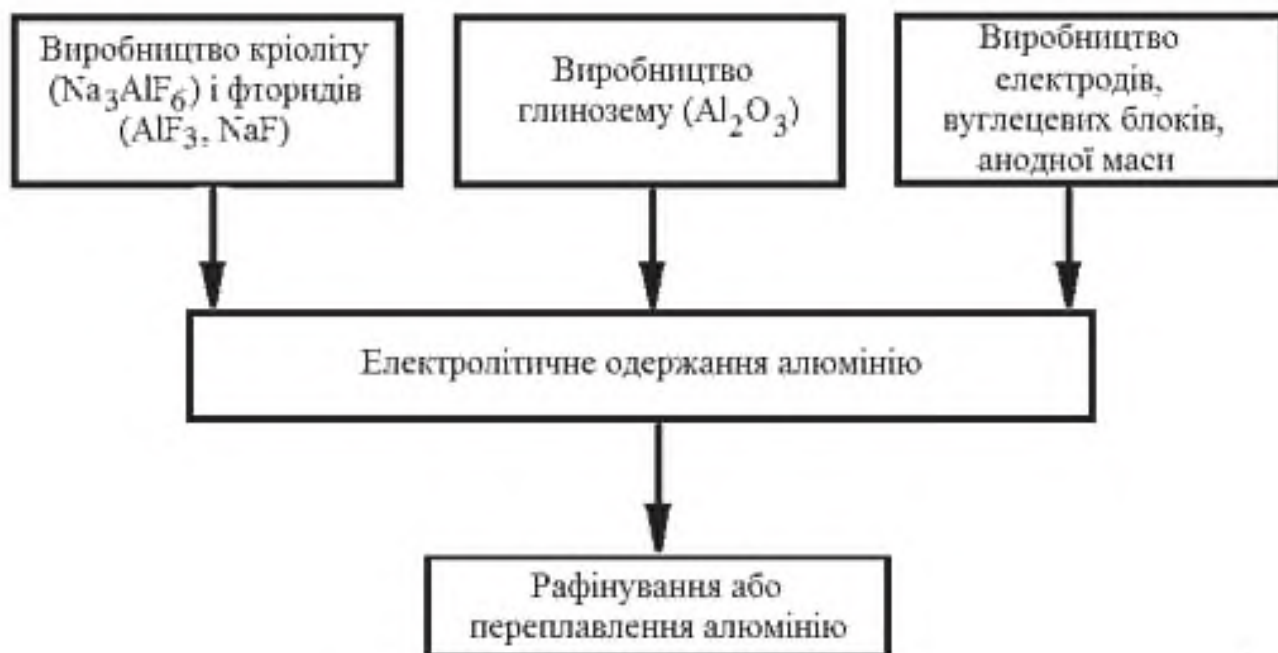


Рисунок 1.13 – Схема одержання алюмінію електролітичним способом

Під час процесу старіння перенасичений твердий розчин, який утворюється під час загартування сплаву, розкладається. Це робить сплави та вироби з них міцнішими. Алюмінієві сплави з магнієм (АМг) і марганцем (АМс) термічно не зміцнюються.

Сплави АМц, АМг2, АМг3 мають міцність σ_B , яка становить 150-170 МПа, сплави АМг6, АМг61 $\sigma_B = 350-370$ МПа. Сплави АМг легко зварюються, мають високу пластичність і стійкість до корозії.

Сплави на основі систем: Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu (високоміцні сплави); Al-Cu-Mg (дюралюміній); Al-Cu-Mg-Si (Птах); Al-Mg-Cu-Si (жаростійкі сплави) затвердіють при нагріванні. У сплавах Al-Zn-Mg сумарний вміст легуючих елементів цинку і магнію ($C_{Zn} + C_{Mg}$) становить 5,2-8,2%, а співвідношення C_{Zn}/C_{Mg} - 0,7-4,0. Ці сплави характеризуються низькою швидкістю охолодження при загартуванні і широким діапазоном температур (375-500 °C),

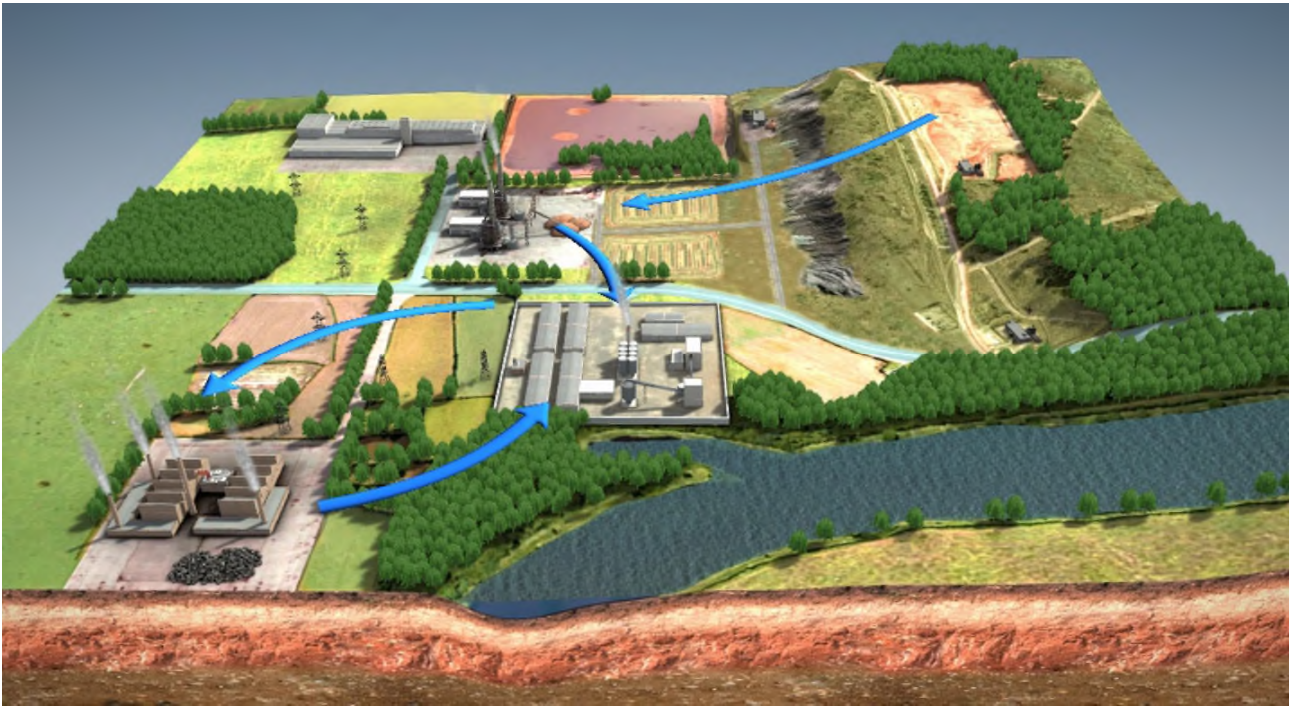


Рисунок 1.14 – Загальний цикл одержання алюмінію

в якому проводиться термообробка. Більшість цих типів сплавів твердне на повітрі після охолодження, що дозволяє піддавати термічній обробці напівфабрикатів відразу після гарячого формування без попереднього нагрівання. Властивості зварних з'єднань цих сплавів не відрізняються від властивостей основного матеріалу.

Високоміцні сплави в системі Al-Zn-Mg-Cu. Додавання до цих сплавів міді (разом з невеликими кількостями Cr, Mn, Zr) дозволило значно підвищити корозійну стійкість металу при збереженні високої міцності (для сплаву В95 значення $\sigma_B = 550-600$ МПа). Алюмінієвий сплав типу В95 часто використовується в конструкціях, що працюють під тиском при температурах до 100 °С.

Високоміцні сплави можуть старіти при кімнатній і підвищеній температурі. Штучне старіння відбувається протягом 24 годин при температурі 120-125 °С. При більш низьких температурах старіння можна досягти підвищеної межі міцності сплаву, але при цьому підвищується схильність сплаву до утворення поверхневих тріщин. Для підвищення корозійної стійкості в сплави системи Al-Cu-Mg також додають марганець.

Найпопулярнішим сплавом цієї системи є дюралюміній марки Д16, який витримує значні статичні та вібраційні навантаження, але має знижену стійкість до корозії. Максимальні механічні властивості цих сплавів досягаються загартуванням у воді при температурі 500 ± 5 °С і подальшим природним старінням протягом 96 годин. Термооброблені сплави цього типу застосовуються в конструкціях, що працюють при температурах до 200 °С.

Сплави системи Al-Cu-Mg-Si (авіалі) за міцністю поступаються дюралюмінію, але мають кращу пластичність в холоді і нагріванні, більш високу корозійну стійкість і добре зварюються. Сплави авіалі характеризуються тим, що зберігають високу міцність протягом тривалого часу. Сплави типу АВ використовують для виготовлення листів, труб, лопатей гвинтів в авіації, кованих деталей для двигунів, рам та інші.

Ливарні алюмінієві сплави використовують для одержання фасонних

виробів і за призначенням їх умовно поділяють на 5 груп. Сплави, які мають високу герметичність, АК12 (АЛ2), АК9ч (АЛ4), АК7ч (АЛ9), АК8М3ч (ВАЛ8), АК8М (АЛ32). Сплави високоміцні та жароміцні АМ5 (АЛ19), АК5М (АЛ5), АК5Мч (Ал5-1), а також корозійностійкі АМГ11(АЛ22), АЦ4МГ (АЛ24), АМГ10 (АЛ27), АМГ10ч (Ал27-1).

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОАЛЮМІНІЮ МАРОК ФА10, ФА15, ФА20 ТА ФА30

2.1 Фероалюміній: хімічний склад, призначення та характеристика

Фероалюміній являє собою сплав заліза та алюмінію, що служить для розкислення сталі при виробництві електродуговим, мартенівським, конвертерним та іншими способами. Використання фероалюмінію в сталевому плавленні підвищує якісні показники готової продукції, одним з показників покращених механічних властивостей готової продукції може виступати показник опір на розрив, підвищена твердість і в'язкість.

Фероалюміній у вигляді чушок, що виготовляється масою не більше 20 кг з пережимами та без перетискань. Форму та розміри чушок встановлює виробник. За узгодженням зі споживачем можливе виготовлення великогабаритних чушок - масою до 200 кг.

Поверхня чушок без шлакових та сторонніх включень. У зламі чушок допускається наявність усадкових тріщин. З урахуванням крихкості фероалюмінію допускаються відколи та половинки не більше 5% від маси партії.

Шматки фероалюмінію як у зламі, так і на поверхні не повинні бути забруднені піском та іншими сторонніми матеріалами. Допускаються невелика кількість протипригарних матеріалів та плівки шлаку (не більше 3 % мас.).

У подрібненому стані фероалюміній виробляється з розміром шматків 20-50 мм, при цьому наявність фракції більше 50 мм, але не більше 70 мм, не перевищує 20 %, фракції менше 20 мм - не більше 10% від продукції, що поставляється.

Фероалюміній (рис. 2.1) згідно з ТУ У 27.3-37236958-001: 2011 має наступний хімічний склад.

Призначення різних марок фероалюмінію наступне:

1. Фероалюміній марок ФА10, ФА15, ФА20 призначений для

попереднього розкислення сталі в плавильних агрегатах при температурі 1425-1515 °С. Засвоєння алюмінію від 0,06 до 0,17 кг з 1 кг розкислювача.

2. Фероалюміній марок ФА25, ФА30, ФА35 призначений для розкислення спокійної сталі. Засвоєння алюмінію від 0,17 до 0,28 кг з 1 кг розкислювача.

3. Фероалюміній марок ФА40, ФА45, ФА50 призначений для одержання напівспокійної сталі. Засвоєння алюмінію від 0,28 до 0,39 кг з 1 кг розкислювача.

4. Фероалюміній марок ФА55, ФА60, ФА65 призначений для закупорювання зливків у киплячих сталей, у сипучому стані або стані розливки. Засвоєння алюмінію від 0,39 до 0,57 кг з 1 кг розкислювача.

Переваги використання фероалюмінію для розкислення сталі наступні:

1. Фероалюміній покращує мікроструктуру металу.
2. Забрудненість неметалевими включеннями зменшується в 1,5-2 рази.
3. Збільшуються характеристики пластичності.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад фероалюмінію

Марка сплаву	Масова частка, %							
	Al	Si	Mn	Cu	C	S	P	Fe
ФА25	22-28	5,0	1,0	2,0	0,1	0,05	0,05	інше
ФА30	28-33	5,0	1,0	2,0	0,1	0,05	0,05	
ФА35	33-38	5,0	1,0	2,0	0,1	0,05	0,05	
ФА40	38-43	5,0	1,0	2,0	0,1	0,05	0,05	
ФА45	43-48	5,0	1,0	2,0	0,1	0,05	0,05	
ФА50	48-53	5,0	1,0	2,0	0,1	0,05	0,05	

2.2 Правила приймання та методи контролю якості фероалюмінію

Фероалюміній приймають партіями. Партія повинна складатися з однієї



Рисунок 2.1 – Фероалюміній

або кількох плавок фероалюмінію однієї марки та повинна супроводжуватися одним документом за якістю. Документ про якість повинен містити:

- найменування підприємства-виробника, його адресу та товарний знак;
- найменування продукції;
- марку фероалюмінію;
- масу брутто та нетто;
- хімічний склад;
- кількість вантажних місць;
- номер партії;
- дату виготовлення;
- штамп технічного контролю;
- позначення реальних технічних умов.

Відбір та підготовка проб фероалюмінію для визначення хімічного складу, ситового аналізу проводиться згідно з ГОСТ 26201.

Маса нетто точкової проби фероалюмінію при відборі вручну.

Для визначення хімічного складу з точкових проб складають об'єднану пробу, яку усереднюють та скорочують до лабораторної проби не менше ніж 3 кг.

Контрольна проба фероалюмінію зберігається не менше двох місяців.

Для контролю якості фероалюмінію підприємство-виробник проводить приймально-здавальні та періодичні випробування.

Приймальні випробування проводять на кожній партії фероалюмінію всіх марок визначають масову частку титану, алюмінію та кремнію.

У разі отримання незадовільних результатів випробувань хоча б за одним із показників проводяться повторні випробування за цим показником на подвоєній кількості проб, взятих від тієї ж партії. Результати повторних випробувань є остаточними та поширюються на всю партію.

Якість використовуваної сировини контролюється при вхідному контролі згідно з ГОСТ 24297 у порядку, затвердженому на підприємстві.

2.3 Метод випробувань та транспортування фероалюмінію

Хімічний аналіз фероалюмінію проводиться методами, встановленими в ГОСТ 14250.1-90, ГОСТ 14250.4-90, ГОСТ 14250.13-90, ГОСТ 27041-86, ГОСТ 27.

При необхідності арбітражний відбір проб проводить арбітр, обраний за взаємною домовленістю виробника та споживача. Пробовідбір проводиться методами, встановленими в ГОСТ 26201, але при взаємній домовленості виробника, споживача та арбітра застосовуються інші методи, що не поступаються за точністю зазначеним методам. Проба, одержана при арбітражному відборі, приймається обома заінтересованими сторонами.

Чистоту поверхні шматків фероалюмінію оцінюють візуально.

Масу нетто шматків фероалюмінію визначають шляхом зважування їх на вагах для статичного зважування згідно з ГОСТ 29329.

Якість упаковки та відповідність маркування контролюють візуально.

Транспортування та зберігання фероалюмінію проводять відповідно до вимог ГОСТ 26590 з доповненням:

- упакований фероалюміній необхідно зберігати у закритих приміщеннях, у місцях, що забезпечують непопадання на нього атмосферної вологи;
- фероалюміній транспортують упакованим у сталеві барабани чи дерев'яні ящики, а також у спеціалізованих м'яких контейнерах. Забороняється фероалюміній транспортувати навалом.

2.4 Виплавка фероалюмінію марок ФА10, ФА15, ФА20

Марка фероалюмінію: ФА10, ФА15, ФА20 .

Тип печі: напівпромислова піч ОКБ-616, потужність печі 1200 кВА, продуктивність печі 2,25 т/рік, безперервний процес плавки.

Шихтові матеріали: електрокорунд 100 кг, коксик 52 кг, сталева стружка

170 кг.

Сплав та шлак випускали кожні дві години.

Вага металу однієї плавки 150-250 кг.

Кількість шлаку 1,3 % від ваги сплаву.

Склад шлаку: 4-8 % SiO_2 , 2-4 % FeO , 14-17 % CaO , 0,3-0,7 % MgO , 72-78 % Al_2O_3 , 0,3-2,5 % C , 0,06-0,3 % S .

Питома витрата компонентів шихти різних марок фероалюмінію приведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Питома витрата компонентів шихти різних марок фероалюмінію

Компоненти шихти	Питома витрата компонентів шихти різних марок фероалюмінію		
	ФА10	ФА15	ФА20
Електррокорунд	265	400	530
Сталева стружка	900	845	790
Коксик сухий (13 % золи)	135	205	270

2.5 Виплавка фероалюмінію марки ФА30

Марка фероалюмінію: ФА30 (рис. 2.2).

Тип печі: відкрита індукційна тигельна піч ИЧТ-6,0 (рис. 2.3) з нейтральною по відношенню до шлаку футеровкою. Потужність печі 1250 кВт, продуктивність печі 2,25 т/рік

Шихтові матеріали: сталевий брухт (Ст3), алюмінієвий брухт марки Д16 і шлакова суміш для отримання легкоплавкого шлаку (вапно, плавиковий шпат і шамотний бій). На окремих плавках з метою отримання комплексних розкислювачів додавалися феросплави (феросиліцій та феромарганець), що

дозволило отримати фероалюміній з додатковим вмістом марганцю та кремнію.

Тривалість плавки: 2,5-3,5 год.

Результат: запропонована технологія дозволяє отримувати фероалюміній практично з будь-яким вмістом алюмінію та інших компонентів (наприклад, кремнію та марганцю). Показано, що збільшення первинного завантаження печі шихтою на величину більше 20 % призводить до невиправданого затягування процесу плавлення складових шихти та підвищеного часу всієї плавки.



Рисунок 2.2 – Фероалюміній марки ФА30

Фізичні властивості фероалюмінію представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Фізичні властивості фероалюмінію

Властивість	Метрична система	Британська система
Крапка плавлення	1160 °C при 60 % Al	2110 °F при 60 % Al
	1250 °C при 40 % Al	2282 °F при 40 % Al

Фероалюміній в даний час не має реєстраційного номера CAS.

Більшість виробленого у світі фероалюмінію виробляється в Австралії, Китаї, Росії, США та Канаді, при цьому вартість електроенергії є основним фактором у процесі отримання алюмінію [4-15].



Рисунок 2.3 – Відкрита індукційна тигельна піч ИЧТ-6,0

3 ОГЛЯД ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИПЛАВКИ КОМПЛЕКСНИХ СПЛАВІВ З АЛЮМІНІЄМ

3.1 Комплексні сплави з алюмінієм

Переваги електротермічного методу отримання комплексних сплавів на основі алюмінію за розробленою технологією полягають у наступному:

- забезпечується висока технологічність процесу;
- роздільне відновлення алюмінію, кремнію, хрому та особливо марганцю дозволяє вести технологічні процеси за оптимальних температурних умов, що забезпечує високе вилучення провідних елементів. Реакції відновлення алюмінію та марганцю з оксидів вимагають температури відповідно 2320 К та 1400 К (за реакцією відновлення з чистих речовин). При температурі 2250 К гнучкість парів марганцю вже сягає 45 мм рт.ст., що, відповідно, зумовлює великі втрати марганцю з допомогою випаровування. Низька температура плавлення оксидів марганцю у суміші з кремнеземом призводить до значного шлакоутворення, марганець і кремній переходять у шлак до початку їх відновлення. Відновлення ж металів із шлаку твердим вуглецем утруднене;
- вдається уникнути інтенсивного карбідоутворення, внаслідок введення в шихту металевої складової. Карбіди та оксикарбіди кремнію руйнуються металами з більшою термодинамічною ймовірністю, ніж оксидами, особливо кремнію та алюмінію;
- у сплавах відсутні домішки кольорових металів (міді, цинку, олова та ін.), що знижують, як відомо, спеціальні властивості сталі;
- існує можливість отримати сплави алюмінію будь-якого складу, що визначається видом та хімічним складом металевої складової;
- цехи з рудовідновлювальними печами вимагають менших капітальних витрат порівняно з цехами електролізу алюмінію, скорочується витрата

електроенергії, зростає продуктивність праці та інші.

Високоглиноземистий продукт, необхідний для виробництва комплексних алюмінієвих сплавів, можна отримати зі ставролітів, бідних бокситів, каолінів та іншої дешевої сировини, яка не використовується в даний час виробництва алюмінію, а в ряді випадків не знаходить попиту взагалі. Процес отримання електрокорунду з каоліну із вмістом 92-96 % Al_2O_3 ; 0,2-0,5 % SiO_2 ; 0,2-0,5 % Fe_2O_3 і 0,3-0,8 % TiO_2 освоєно у промислових умовах .

Для отримання сплавів типу ФА, ФАМ і особливо ФАМС (табл. 3.1) доцільно використовувати агломерат бідних бокситів із запровадженням відповідної металевої складової. Цей метод випробуваний при плавці печі 1200 кВА сплаву ФАХМС, де в якості шихти використовувався агломерат бокситу, коксик і металева складова (сплав ФХМС) і сталева стружка. Витрата електроенергії на 1т сплаву з 8-13 % Al склала всього 2200 кВт-год.

Таблиця 3.1 – Комплексні сплави з алюмінієм

Найменування сплаву	Хімічний склад, %					
	Al	Mn	Si	C	P	S
ФАМ	8-14	35-42	2-5	3-5	0,04-0,3	0,04
ФАМС-1	5-7	35-40	4-10	2-4	0,04-0,2	0,04
ФАМС-2	8-12	25-30	10-12	2-4	0,01-0,2	0,04

Таким чином, введення металевої складової при виплавці алюмінієвих феросплавів дозволило використовувати в шихті не тільки електрокорунд, ставроліт або дистенсиліманітовий концентрат, але і вводити одночасно з Al_2O_3 (тугоплавким оксидом) частину металів у вигляді оксидів агломерату бокситу, не ускладнюючи перебігу процесу, оскільки кількості металів у шихті було достатньо для запобігання утворенню настилів з Al_2O_3 , SiC, CaC_2 та інших складових шихту оксидів.

3.2 Розробка раціонального складу сплавів типу ФАМ та ФАМС

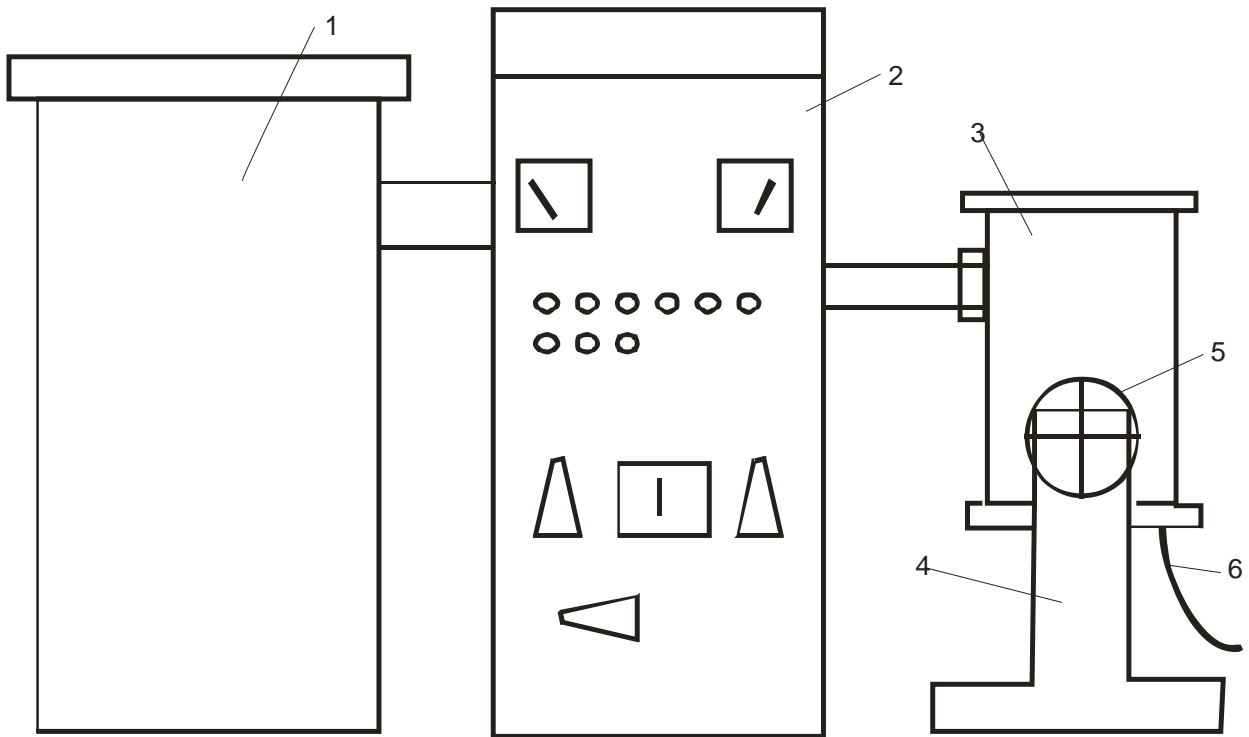
Вибір оптимального хімічного складу алюмінієвих феросплавів являє собою комплекс взаємопов'язаних питань. З одного боку, правильно обраний хімічний склад сплавів дозволить звести до мінімуму або зовсім виключити коригувальні добавки алюмінію, марганцю та кремнію під час виробництва сталі, а з іншого – забезпечить їх товарний вигляд. Як зазначалося вище, метали певних складів виявляються нестійкими, тобто. через порівняно невеликий проміжок часу (тижня чи навіть дні) розсипаються на порошок. Зрозуміло, що застосування сплавів у такому вигляді важко, а окремих випадках і неможливо. Бажано, щоб комплексні сплави мали високу щільність та низьку температуру плавлення.

З урахуванням, переважно, перших двох вимог пов'язані лабораторні випробування сплавів ФАМ і ФАМС, тобто. необхідно було розробити оптимальний хімічний склад сплавів та забезпечити їхню високу стійкість при зберіганні.

3.2.1 Методика проведення досліджень

Дослідні плавки проводили у печі Тамана (рис. 3.1) у графітовому тиглі. Вихідними матеріалами для сплаву служили первинний алюміній марки А85, металевий марганець марки Мр1 – для сплаву ФАМ, а для сплаву ФАМС та кристалічний кремній марки Кр1, а також технічно чисте залізо.

Усереднена навішування з розрахунковим ставленням компонентів у сплавах (табл. 3.2 та 3.3) засипалася на дно тигля і вироблялося сплавлення протягом 6-10 хв. Потім рідкий сплав вводили первинний алюміній у вигляді прутка мірної довжини. Температура металу до введення алюмінію була не більше 1570-1585 °С, після введення – короткочасно знижувалася на 5-10 °С. Для насичення сплавів вуглецем витримували протягом 20 хвилин (для всіх сплавів) при температурах в межах 1575-1585 °С. Після остигання тиглів на



1 – пічний трансформатор РТІ – 25/05; 2 – блок регулювання живлення РНТО-190; 3 – піч Тамана; 4 – станина печі; 5 – механізм нахилу печі; 6 – шланги для подачі води на охолодження

Рисунок 3.1 – Схема лабораторної установки (піч Тамана)

повітрі зливки отриманих сплавів витягували і від кожного з них відбирали проби на хімічний аналіз.

Зливки надалі зберігали в несприятливих умовах (у сирому приміщенні та у воді, тобто при відносній вологості близько 100 %) з метою визначення схильності до розпилення кожного з них.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад та розрахункова щільність сплавів ФАМ, отриманих методом сплавлення

№	Розрахункове відношення Mn/Al	Хімічний склад, %					Фактичне відношення Mn/Al	Розрахункова щільність, г/см ³
		Mn	Al	C	P	Fe		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2:1	19,64	9,78	4,20	0,031	65,73	2:1	6,96
2	2:2	21,15	13,40	4,51	0,030	60,00	1,6:1,3	6,73
3	2:3	20,83	24,60	3,52	0,039	50,05	2,1:2,5	6,31
4	3:1	28,55	7,85	4,32	0,035	68,42	3,0:0,8	6,78
5	3:2	29,63	20,00	4,55	0,040	48,12	3,0:2	6,61
6	3:3	32,42	22,20	3,97	0,031	40,22	3,2:2,2	6,25
7	4:1	36,28	15,35	4,05	0,042	43,65	3,6:1,5	6,61
8	4:2	38,22	19,75	4,28	0,033	36,71	3,8:2	6,34
9	4:3	43,86	22,90	3,68	0,035	28,56	4,3:2,3	6,17
10	5:1	46,44	10,86	4,40	0,033	37,50	4,6:1,1	6,76
11	5:2	47,08	19,30	4,34	0,036	28,13	4,7:2	6,31
12	5:3	56,76	11,0	5,08	0,039	25,94	5,7:1,1 ³⁸	6,64
13	6:1	55,68	9,90	5,06	0,041	28,15	5,6:1	6,70
14	6:2	59,12	11,21	4,53	0,030	23,59	5,9:1,1	6,63
15	6:3	63,21	19,90	4,47	0,029	11,09	6,3:2	6,18
16	7:1	65,14	7,10	5,00	0,037	21,36	6,5:0,7	6,79

3.2.2 Аналіз результатів дослідження

З 16 злитків, схильних до випробування, лише три не зазнали змін протягом 9 місяців. Інші зруйнувалися повністю через 2 тижні зберігання, один злиток розсипався через 4 місяці. Було встановлено, що в сплаві типу ФАМ при

концентрації в ньому 3,5-5% вміст марганцю має знаходитися в межах 25-40 % і алюмінію 7-15 %.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад та розрахункова щільність сплавів ФАМС, отриманих методом сплавлення

№	Розрахункове відношення Mn:Si:Al	Хімічний склад, %						Фактичне відношення Mn:Si:Al	ρ , г/см ³
		Mn	Si	Al	C	P	Fe		
1	1,5:1,5:3,5	27,30	18,85	21,65	0,88	0,035	31,05	2,7:1,9:2,2	5,49
2	3:3:3	34,70	24,60	26,60	0,24	0,031	9,42	3,5:2,5:2,7	4,61
3	2:1:1	25,45	9,35	8,22	0,75	0,043	55,97	2,5:1:0,8	6,73
4	4:2:2	42,70	18,20	16,80	0,60	0,038	19,60	4,3:1,8:1,7	5,59
5	3:1:1	31,00	9,86	6,92	1,67	0,040	50,00	3,1:1:0,7	6,68
6	4,5:1,5:1,5	46,80	13,50	12,60	0,70	0,030	24,67	4,7:1,4:1,3	6,06
7	4:1:1	41,70	8,50	8,80	1,74	0,037	38,05	4,2:0,9:0,9	6,48
8	6:1,5:1,5	55,00	12,50	19,50	1,13	0,041	9,63	5,5:1,3:2	5,67
9	5:1:1	48,50	9,04	9,43	1,44	0,040	30,00	4,:0,9:1	6,84
10	6:1:1	55,00	10,00	7,78	2,96	0,042	19,73	5,5:1:0,8	6,13
11	2:2:1	22,50	17,80	13,82	1,04	0,038	44,80	2,3:1,8:1,4	6,00
12	3:3:1,5	34,20	22,30	16,36	0,22	0,036	24,43	3,4:2,2:1,6	5,42
13	3:2:1	30,50	18,90	10,10	0,82	0,039	38,91	3:1,9:1	6,08
14	4,5:3:1,5	45,65	24,95	12,54	0,21	0,041	9,74	4,6:2,5:1,3	5,08
15	4:2:1	43,05	19,85	11,26	0,30	0,027	25,50	4,3:2:1,1	5,86
16	4:3:1	45,65	24,90	12,50	0,28	0,034	15,77	4,6:2,5:1,2	5,55
17	5:2:1	48,00	20,42	8,43	1,53	0,029	19,91	4,8:2:0,8	5,79
18	2:1:2	22,20	8,06	15,30	1,50	0,040	48,79	2,2:0,8:1,5	6,08
19	3:1,5:3	35,50	13,80	20,90	1,03	0,040	25,00	3,5:1,4:2,1	5,48
20	2:1,5:1	21,40	13,50	7,00	1,61	0,033	54,26	2.1:1,4:0,7	6,39
21	4:3:2	40,10	22,15	22,86	0,26	0,030	9,90	4:2,2:2,3	4,89

Інтенсивний процес руйнування спостерігається і в зливках металу ФАМС. Більшість із них (11) розсипалися в перший же місяць випробувань. Стійкими виявилися зливки з вмістом алюмінію в межах 7-16 %, марганцю 25-30 % і кремнію – до 14-20 % за порівняно низької концентрації вуглецю в них – 0,21-0,6 %.

Вивчення механізму розсіпання сплавів ФАМ та ФАМС не проводилося, оскільки цьому питанню присвячено низку спеціальних досліджень, де встановлено, що головною причиною розсіпання сплавів системи Mn-Al-Si-P-C є високий вміст алюмінію (більше 27-28 %), фосфору та вуглецю.

Враховуючи, що метод виплавки алюмінієвих феросплавів, використаний у цій роботі, дозволяє отримувати вміст фосфору не більше 0,06%, а вміст інших компонентів визначається розрахунком шихти, отримані результати були визнані достатніми для вибору складу сплавів.

3.3 Дослідження процесу виплавки комплексних алюмінієвих феросплавів

Відповідно до результатів лабораторних досліджень для виплавки напівпромислової електропечі потужністю 1200 кВА були обрані сплави хімічного складу, приведеного в табл. 3.1.

Алюмінійвмісним матеріалом отримання високоглиноземистого напівпродукту – електрокорунду і сплаву ФАМС-2 служив ставролітовий концентрат (СК), що є відходом збагачення руд на Верхньодніпровському гірничо-металургійному комбінаті; для виплавки сплавів ФАМ та ФАМС-1 – кусковий електрокорунд Запорізького абразивного комбінату. Металевою складовою з'явився: для сплавів ФАМ та ФАМС-1 – нестандартний феромарганець (за вмістом кремнію) Нікопольського заводу феросплавів та сталева стружка: для отримання сплаву ФАМС-2 використовували силікомарганець та сталеву стружку. Відновником завжди був коксик.

Порівняно дрібний гранулометричний склад ставролітового концентрату зумовив метод підготовки до електроплавки шляхом брикетування. Як сполучний для брикетів СК використовували вогнетривку глину і сульфітно-спиртову барду щільністю 1,27 г/см³.

Склад суміші виготовлення брикетів був наступним (чисельник – кг, знаменник - %): ставролітовий концентрат – 480/80; вогнетривка глина – 72/15;

сульфітно-спиртова барда – 24/5. Порція шихти (576 кг) після перемішування протягом 10 хв в змішувачі для отримання однорідної маси, задавалася двовалковий п'ятиручковий прес з тиском пресування 180 кг/см². Сирі брикети потім надходили до конвеєрної піч для сушіння при температурі 2200С протягом 20 ін. Вміст вологи в брикетах після сушіння становив 1,42-1,50%, вага одного брикету коливалася в межах 140-160 г. Сирі брикети витримували 8-12 скидань на сталеву плиту з висоти 2м, сухі - понад 20 скидань.

Характеристика матеріалів, використаних для плавок електрокорунду, сплавів ФАМ та ФАМС наведено у таблиці 3.4, а їх гранулометричний склад у таблиці 3.5.

Таблиця 3.4 – Хімічний склад шихтових матеріалів

Матеріал	Вміст компонентів. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	MgO	TiO ₂	ZrO ₂
Ставролітовий концентрат	26,94	48,25	14,10	-	-	-	2,12	1,84
Кусковий електрокорунд	2,09	82,98	2,99	0,54	-	0,31	2,29	0,23
Вогнетривка глина	59,08	34,96	1,04	-	-	-	-	-
Зола коксика	37,52	25,88	30,12	3,26	0,77	0,52	0,06	-
	C	Mn	Si	Fe	P ₄₁	S	Зола	Летучі
Сталева стружка	0,2	0,4	0,2	95,0	0,01	0,01	-	-
Силікомарганець	1,54	72,4	19,5	5,7	0,20	0,05	-	-
Вуглецевий феромарганець	4,53	81,76	6,1	7,48	0,05	0,04	-	-
Коксик	83,11	-	-	-	0,065	1,92	10,77	1,12

Вогнетривка глина перед змішуванням обпалювалася в трубчастій печі для видалення вологи. Вуглецевий феромарганець та силікомарганець дробилися до необхідних розмірів.

Таблиця 3.5 – Гранулометричний склад шихтових матеріалів, %

Матеріал	Фракція, мм								
	40-25	25-20	20-15	15-10	10-5	5-1	1-0,5	0,5-0,1	-0,1
Ставролітовий концентрат	-	-	-	-	-	-	-	23,5	76,5
Кусковий електрокорунд	57,0	24,5	15,0	2,0	1,0	0,5	-	-	-
Вогнетривка глина	-	-	-	-	2,5	5,0	60,0	32,5	-
Силікомарганець	45,0	31,5	9,0	9,0	5,0	0,5	-	-	-
Вуглецевий феромарганець	45,0	34,5	10,0	9,0	1,0	0,5	-	-	-
Коксик	15,0	43,0	28,0	12,0	1,5	0,5	-	-	-

Дослідні плавки проводили в трифазній типовій електропечі потужністю 1200 кВА (ОКБ-616) з наступними параметрами, мм: діаметр ванни – 1600, глибина ванни – 820, діаметр розпаду електродів – 860, діаметр графітованих електродів – 350. Футерівка печі на шамотній кладці подини висотою 825 мм укладено ряд вугільних блоків перетином 400*400 мм, бічні стіни ванни виконані з двох рядів вугільних блоків такого ж розміру.

Шихта після дозування та зважування надходила в пічні бункери або на колошниковий майданчик для додаткового перемішування, після чого подавалася в піч вручну.

3.3.1 Виплавка сплаву ФАМС-1

Шихтовими матеріалами для плавки ФАМС-1 служили дроблений кусковий електрокорунд, вуглецевий феромарганець, сталева стружка та коксик.

Склад колоші: електрокорунд - 50 кг, вуглецевий феромарганець - 80 кг; сталева стружка - 58 кг; коксик - 18 кг.

Плавки проводилися безперервним процесом із періодичними випусками (через 2-2,5 години) металу та шлаку в чавунну виливницю. Кількість шлаку становила середньому 1,8%. Лінійна напруга на низькій стороні була 51,3-54В, сила струму 6500-6700 А.

Плавки проходили без жодних труднощів: колошник був досить холодним, і додаткового обслуговування його не потрібно. Літко печі відкривалося без труднощів.

Хімічний аналіз металу плавок наводиться у табл. 3.6, а основні результати з виплавки сплаву ФАМС-1 в табл. 3.7.

Слід зазначити, що використання як «промивних» матеріалів залізного концентрату і вапна перед плавками ФАМС-1 призвело до спотворення результатів вилучення елементів, зокрема кремнію і заліза. Підвищений вміст СаО у шлаку є результатом відновлення із шихти тільки Al_2O_3 з утворенням у шлаку $CaO \cdot 6Al_2O_3$.

Таблиця 3.6 – Хімічний склад плавок ФАМС-1

№	Вміст елементів, % (за масою)					
	Al	Mn	Si	C	P	Fe
1	5,97	37,66	4,99	4,68	0,057	46,69
2	6,77	36,15	4,39	4,10	0,043	48,37
3	5,98	34,47	5,27	3,70	0,039	50,56
4	6,20	41,16	5,27	4,52	0,078	41,90
5	6,10	40,40	8,50	1,57	0,051	42,88
6	3,85	40,09	9,74	2,72	0,040	42,78
7	6,03	39,64	7,83	2,91	0,0036	42,34

3.3.2 Виплавка сплаву ФАМ

Шихту застосовували таку, як і при виплавці ФВМС-1.

Склад колоші був наступний: електрокорунд – 50 кг; вуглецевий феромарганець – 63 кг; сталева стружка – 40 кг; коксик – 20 кг.

Процес проводили безперервно з періодичними випусками продуктів плавки – металу та шлаку у чавунну виливницю. Інтервал між випусками становив 2-2,5 години. З дев'яти плавок ФАМ чотири плавки шлаку не мали; в середньому кратність шлаку дорівнювала 0,14.

Електричний режим: всі плавки проведені при лінійній напрузі на низькій стороні 51,3-54 В та силі струму 7000-7500 А.

Необхідно відзначити, що застосування нестандартного вуглецевого феромарганцю не дозволило одержати у сплаві ФАМ розрахунковий кремній (не більше 5%); насичення сплаву кремнієм з електрокорунду, золи коксикі та стандартного феромарганцю не перевищило б 2,5-3,5%. Отриманий хімічний склад металу ФАМ представлений у табл. 3.8. Шихта задавалася в піч із пічних бункерів трубочками, а при необхідності і вручну. Сход шихти був довільний, колошник обслуговувався легко. Навантаження трималося стійко. Літка печі відкривалася без труднощів, сход металу (шлаку) був нормальний.

Таблиця 3.8 – Хімічний склад металу плавок ФАМ

№	Вміст елементів, % (за масою)					
	Al	Mn	Si	C	⁴⁴ P	Fe
1	8,94	39,03	6,51	3,84	0,033	40,54
2	10,11	41,31	6,07	3,57	0,028	38,03
3	7,02	41,00	7,47	3,66	0,031	38,14
4	7,05	40,55	6,65	3,79	0,035	40,61
5	10,75	40,40	7,22	2,75	0,044	38,46
6	9,84	40,55	6,11	4,08	0,033	38,74
7	7,14	35,08	6,34	1,02	0,042	43,38
8	10,50	34,47	6,28	3,77	0,040	45,56
9	11,04	34,63	6,14	4,62	0,040	40,92

Таблиця 3.7 – Основні технологічні показники дослідних плавок сплавів ФАМС-1 та ФАМ в печі потужністю 1200 кВА

Показник	Одиниця виміру	Сплав	
		ФАМС-1	ФАМ
Витрачено:			
- електрокорунда	кг	1600	1900
- вуглецевого феромарганцю	кг	2424	2082
- сталеві стружки	кг	1712	1640
- коксик	кг	596	743
- електроенергії	кВт*год	13860	17100
Отримано сплаву	кг	4250	4720
Внесено в сплав:			
а) алюмінію з:			
електрокорунда		704	835
золи коксик		9	11
Всього		713	846
б) марганцю з:			
вуглецевого феромарганцю		1980	1717
золи коксика		0,5	0,5
сталеві		7,0	6,5
Всього		1987,5	1737
в) кремнію з:			
вуглецевого феромарганцю	кг	147,0	127,0
золи коксика		11,0	14,0
сталеві стружки		4,0	6,5
електрокорунда		5,0	4,0
Всього		167	151,5
г) заліза з:			
сталеві стружки		1620	1560
вуглецевого феромарганцю		181 ⁴⁵	155
золи коксик		13,5	17
електрокорунда		51	44
Всього		1865,5	1776
Средній хімічний склад сплаву:			
алюміній		6,0	8,6
марганець		38,8	38,7
кремній	%	6,5	6,6
залізо		45,5	40,25
вуглець		3,52	3,54
фосфор		0,054	0,036
Отримано в сплаві алюмінію	кг	255	406
Перешло в сплав алюмінію	%	35,8	48,0
Отримано шлаку	кг	810	645

Показники вилучення алюмінію та інших елементів є наближеними, оскільки тривалість кампаній виплавки сплавів ФАМ та ФАМС-1 були нетривалими; частина шихти була використана для створення гарнісажу.

На підтвердження цього зауваження вкажемо, що при виплавці фероалюмінію з електрокорунду вилучення алюмінію в сплав становило 76%, а при спільному відновленні алюмінію та кремнію з ставролітового концентрату вилучення алюмінію було 52%, тобто. значно більше, ніж при плавці ФАМС-1 та ФАМ з електрокорунду.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори феросплавного виробництва

Пил – найпоширеніша шкідливість виробництва. Це з тим, більшість виробничих процесів (перевантаження компонентів шихти, транспортування матеріалів) супроводжується виділенням пилу, що негативно впливає на організм людини, переважно на органи дихання.

Крім цього, пил погіршує виробничу обстановку (видимість, орієнтування) в межах робочої зони і одночасно призводить до швидкого руйнування частин машин, що труться. Пил може бути вибухонебезпечним і являти собою джерела статичних зарядів електрики.

Робота в запиленому приміщенні може призвести до виникнення професійних захворювань, які пов'язані з роботою легень людини.

Внаслідок використання при виробництві сталі газоподібного палива, має місце велика кількість газів, частина з яких потрапляє в робочий простір цеху.

Складові частини газів і деякі домішки в ньому, потрапляючи в організм людини, мають задушливий і отруйний вплив. Задуха обумовлена нестачею кисню повітря. При зниженні вмісту кисню в повітрі до 16 % починається задишка і серцебиття, до 12 % - дуже важко дихання, а при 8 % - людина втрачає свідомість.

Найбільшу частку серед газів у металургійному виробництві займає моноокис вуглецю CO – безбарвний газ зі слабким запахом. Має дуже сильний отруйний вплив, його вплив на фізіологічні процеси залежить від концентрації в повітрі та тривалості вдихання.

Температура повітря відмінна від комфортної є несприятливою для організму людини.

Мікроклімат приміщень металургійного цеху великою мірою залежить від метеорологічних умов та температури навколишніх поверхонь.

Види передачі теплоти від нагрітої поверхні людині: теплопровідність, конвекція та теплове випромінювання. Залежно від переважаючого виду теплопередачі мікроклімат у робочому приміщенні може бути конвекційний, радіаційний і змішаний. У гарячих металургійних цехах клімат переважно радіаційний (60 %).

Людський організм захищає себе від теплових впливів за допомогою терморегуляції, яка здійснюється чотирма способами: конвекційним (15-20 %), радіаційним (70 %), теплопровідністю (2-4 %), потовиділенням (5 % - близько 1л на годину). Останній є найбільш несприятливим способом терморегуляції, оскільки тканини збіднюються рідиною та солями, що призводить до згущення крові та порушення серцево-судинної та нервової діяльності.

Шум – це сукупність безладних коливань матеріальних частинок чи тіл, що передаються твердим, рідким чи газоподібним середовищам і сприймаються людським органом слуху.

Джерелами шуму у феросплавному цеху можуть бути редуктори, вентилятори, компресори та насоси, ручний ударний інструмент, транспортні системи, протікання газу або рідини трубопроводами.

З фізіологічного погляду, шум – шкідливий дратівливий чинник, який діє органи слуху людини і весь її організм, перешкоджає виконанню робочих функцій і нормально сприймати корисні звукові сигнали і мова.
48

Шум, як фізичне явище, сукупність звуків різної частоти (висоти) та інтенсивності (гучності).

Вібрація – це коливання частин апаратів, машин, комунікацій, викликані динамічною нерівновагою деталей під час обертання, транспортування тощо.

Тривалий вплив шуму або вібрації на організм призводить до зниження гостроти зору, слуху, підвищення тиску, до розладу нервової і серцево-судинної систем, а також опорно-рухового апарату.

4.2 Заходи щодо усунення шкідливих та небезпечних факторів

До основних заходів, що забезпечують належний стан повітря робочої зони виробничих приміщень, належать:

- удосконалення технологічних процесів, їх дистанційне керування, автоматизація та механізація;

- будову вентиляції та опалення у виробничих приміщеннях, а також використання працівниками засобів індивідуального захисту та запобіжних пристосувань.

Автоматизація та механізація процесів, що супроводжуються виділенням шкідливих речовин, не лише підвищують продуктивність, а й покращують умови праці. Разом з тим, на даний момент найпоширеніший спосіб боротьби із загазованістю, запиленістю та надмірною теплотою на металургійних підприємствах – вентиляція.

Основним способом боротьби з пилом є місцева витяжна вентиляція (аспірація), яка передбачає обладнання аспіраційних укриттів у місцях виділення пилу. Загальнообмінна вентиляція забезпечує необхідний приплив свіжого повітря до робочого приміщення та видалення надлишкової теплоти та вологи, а також забрудненого пилом повітря.

Для очищення від пилу аспіраційного повітря слід застосовувати мокрі пиловловлювачі (циклони, скрубери), а також пиловловлювачі з зрошувальними решітками або з трубами-розпилювачами, рукавні фільтри з термостійкою тканиною, електрофільтри. Останні застосовуються для доочищення аспіраційного повітря від пилу, що створюється нагрітим матеріалом.

Оксид вуглецю, сірководень, оксиди азоту – токсичні, тоді як азот, водень, гелій, метан за наявності у повітрі достатньої кількості кисню не надають помітного негативного впливу на організм, але для безпеки персоналу в цих місцях повинні стояти витяжні парасольки.

У виробничих приміщеннях із явним надлишком тепла використовують

природну вентиляцію (аерацію). Аераційні ліхтарі та шахти розташовують безпосередньо над основними джерелами тепла на одній осі. У разі неефективності аерації встановлюється механічна загальнообмінна вентиляція.

За наявності одиничних джерел тепловиділень оснащують обладнання місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, парасольок та ін. У закритих та невеликих приміщеннях (кабіни кранів, пости та пульти керування, ізольовані бокси, кімнати відпочинку) при виконанні операторських робіт використовуються системи кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму подачі повітря.

За наявності джерел тепловипромінювання впроваджується комплекс заходів із теплоізоляції обладнання та нагрітих поверхонь за допомогою теплозахисних засобів (екранування).

Кошти та методи захисту від шуму та вібрації на робочих місцях поділяють на колективні та засоби індивідуального захисту.

Істотного послаблення шуму можна досягти якісним монтажем окремих вузлів машин, їх динамічним балансуванням та своєчасними планово-попереджувальними ремонтами. Порушення правил технічної експлуатації призводить до того, що мал шумне обладнання стає джерелом інтенсивного шуму.

Знизити шум можна, якщо поставити на його шляху ізолюючі перешкоди: стіни, перегородки, перекриття, звукоізолюючі кожухи та екрани. Звукові хвилі при зустрічі з перешкодою частково відбиваються, заломлюються, поглинаються матеріалом та частково долають перешкоду.

Найбільш ефективним колективним засобом захисту від вібрації є ізоляція персоналу чи віброчутливих об'єктів від джерела вібрації.

Ефективні амортизатори, виготовлені із сталевих пружин, гуми та інших пружних матеріалів. Застосовують комбіновані гумометалеві та пружинно-пластмасові амортизатори, опорні віброізолятори з гідросарнірами, а також пневмогумові амортизатори, в яких використовуються пружні властивості стисненого повітря та самої гуми. Ефективність віброізоляції буде вищою,

якщо фундамент (або перекриття), на якому її монтують, досить масивний.

Рівень вібрації зменшується віброгасінням, тобто введенням до системи додаткових реактивних опор, установкою агрегатів на підвали віброгасіння. При цьому маса фундаменту підбирається таким чином, щоб амплітуда коливань підшви фундаменту не перевищувала 0,1 – 0,2мм.

Під вібропоглинанням слід розуміти зменшення вібрації кожухів та перегоронок, коливання яких здійснюються в резонансному режимі з основним обладнанням. Досягається це нанесенням на віброуючу поверхню матеріалів, які мають велике внутрішнє тертя (гума, пластики, вібропоголювальні мастики).

На робочих місцях, де не вдається знизити шум і вібрацію до допустимих меж технічними засобами або де це недоцільно з техніко-економічних міркувань застосовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

4.3 Електроустановування

Внутрішньоцехову електричну мережу виконують ізольованими проводами або кабелем із захисною оболонкою, яка за механічною міцністю та стійкістю до впливів навколишнього середовища відповідає умовам експлуатації.

Для освітлювальної мережі загального освітлення допускається напруга не вище 250 В. У приміщеннях з підвищеною небезпекою та особливо небезпечних для світильників місцевого та ремонтного освітлення та для ручного інструменту напруга не повинна перевищувати 36 В.

Відстань по вертикалі та горизонталі від дротів до землі, транспортних шляхів, будівель та інших об'єктів нормують. Також нормовані найменші допустимі перерізи проводів за умовами механічної міцності та попередження обриву їх.

Для захисту від дотику здійснюють недоступне розташування струмопровідних частин (на висоті, під підлогою або приховано у стінах). Мінімальна висота підвісу голих проводів 3,5 м (якщо не потрібна велика

висота через можливість зачеплення їх будь-якими предметами із землі або транспортом, що проїжджає); найменша допустима відстань до працюючих при напрузі 15 кВ – 0,7 м, а 220 кВ – 3 м.

Голі струмопровідні частини, до яких можливий дотик людей, надійно огорожують у всіх випадках, коли напруга перевищує 65 В у приміщеннях без підвищеної небезпеки, 36 у приміщеннях з підвищеною небезпекою. При напрузі більше 250 В захищають не лише голі, а й ізольовані струмопровідні частини. Електричне обладнання фарбують у встановлені кольори. Це має не тільки розпізнавальне та естетичне значення; забарвлення грає певну захисну роль, так як завдяки своїм ізолюючим властивостям при аваріях обладнання виключає небезпеку утворення електричного ланцюга через тіло працівника, що доторкнувся до обладнання, або знижує його.

Як захисну ізоляцію можна застосовувати покривні лаки, електроізолюючі плівки, емалеві та масляні фарби.

4.4 Природне та штучне освітлення

Природне освітлення схильне до значних коливань; протягом декількох хвилин освітленість може змінюватись у кілька разів.

Зовнішня освітленість, створювана розсіяним денним світлом у відкритому просторі, є різною для різних місцевостей і коливається в широких межах. Природна освітленість усередині будівлі зазвичай набагато менша від зовнішньої освітленості.

При проектуванні та розрахунку природного освітлення за джерело світла приймають розсіяне світло неба (пряме сонячне освітлення не враховують).

Для штучного освітлення застосовують освітлювальні прилади (поєднання лампи з освітлювальною арматурою) ближньої дії (світильники) та дальньої дії (прожектори).

На промислових підприємствах використовують штучне освітлення двох систем: загальне та комбіноване.

Загальне освітлення – для створення потрібного рівня освітленості у всьому приміщенні – здійснюється рівномірним або локалізованим розташуванням світильників (при локалізованому розташуванні світильників досягається деяке посилення освітленості на окремих місцях).

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого освітлення. Місцеве освітлення дозволяє створити необхідний рівень освітленості безпосередньо на робочому місці. Застосування місцевого освітлення не допускається.

Місцеве освітлення може бути стаціонарним та переносним. Висвітлення влаштовують: робоче (для проведення робіт у звичайних умовах) та аварійне (для тимчасового продовження робіт або для евакуації працюючих при раптовому відключенні робочого освітлення, забезпечуючи при цьому освітленість $\geq 10\%$ від норм).

При проектуванні освітлення приймають коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості у процесі експлуатації. Залежно від величини виділень пилу, диму або кіптяви приймають коефіцієнт запасу в межах 1,3 - 1,7 при лампах розжарювання та 1,5 - 2,0 при люмінесцентних лампах.

4.5 Вентиляція

53

Вентиляція досягається переміщенням повітря: забрудненого з приміщення та свіжого до приміщення.

За застосовуваним способом переміщення повітря вентиляція може бути природною та механічною. При сумісному застосуванні природної та механічної вентиляції вона називається змішаною.

Природна вентиляція здійснюється завдяки різниці температур повітря та приміщенні та поза ним (тепловий напір) та впливу вітру (вітровий напір). Механічна вентиляція створює обмін повітря за допомогою спеціальних механізмів та пристроїв (вентилятори та ежектори).

За призначенням вентиляція може бути припливною, витяжною та припливно-витяжною, а за місцем дії – загальною та місцевою.

Загальна або загальнообмінна вентиляція призначена для обміну повітря у всьому приміщенні. Місцева вентиляція створюється для видалення шкідливостей безпосередньо від місця утворення або для подачі свіжого повітря на певні, обмежені ділянки приміщення.

Для вентиляції має подаватися незабруднене повітря; за наявності у припливному повітрі забруднень він піддається очищенню. Неорганізований приплив зовнішнього повітря для відшкодування витяжки в холодну пору року допускається в обсязі не більше одноразового повітрообміну на годину.

Природна вентиляція здійснюється за допомогою аерації - організованого регульованого природного повітрообміну, який підтримує в приміщенні задані параметри повітряного середовища.

Аерація дозволяє здійснювати вентиляцію великих приміщень з інтенсивним повітрообміном, для створення якого при механічній вентиляції знадобилися б великі витрати на пристрій та експлуатацію. Для аерації зазвичай влаштовують три ряди отворів у поздовжніх стінах будівлі: 1-й ряд – на рівні не вище 1,2 м від підлоги, 2-й – на рівні не нижче 4 м від підлоги та 3-й – на рівні підкранових балок.

4.6 Побутові та допоміжні приміщення

До побутових відносяться приміщення для задоволення санітарних та побутових потреб трудящих під час перебування їх на роботі: приміщення для прийому їжі, вбиральні, душові, вбиральні, умивальні, курилні, пральні, кімнати для особистої гігієни жінок, для обігріву працюючих та питного водопостачання.

Підлогу вбиральних, умивальних, душових влаштовують водонепроникний, з ухилом до стікового трапу. Стіни на висоту не менше 1,5 м покривають вологостійким матеріалом, що дозволяє проводити вологе

очищення.

Будівлі санітарно-побутових комбінатів будують не вище трьох поверхів. Вони повинні примикати безпосередньо до виробничих будівель цеху (не порушуючи при цьому можливості пристрою в стінах будівлі отворів для припливу свіжого повітря до місць гарячих робіт) або з'єднуватися з цехами закритими переходами.

Допоміжні відділення цеху, розташовані на відстані від головної будівлі, повинні мати свої побутові приміщення, що складаються з роздягальні, душової кімнати для прийому їжі та теплої вбиральні.

Побутові приміщення розміщують з навітряного боку цеху. Планування побутових приміщень має виключати зустрічні потоки працюючих.

Правила безпеки для гарячих металургійних цехів передбачають обов'язковий устрій місць відпочинку на робочих майданчиках.

Місця відпочинку влаштовують у вигляді альтанок або кабін для відпочинку, в яких встановлюють лави зі спинками. Крім того, в ці кабінки (альтанки) подаються охолоджене або кондиціоноване повітря, а також питна та газувана підсолена вода.

Для роздачі питної води встановлюють фонтанчики, закриті баки з насадками, що фонтанують, та ін. Температура води при роздачі 8 – 200С. Питна вода може бути сирою, якщо вона безпечна для вживання, або остудженою кип'яченою.

4.7 Індивідуальні засоби захисту

При неможливості технічними засобами забезпечити допустимий рівень шкідливостей та небезпек на виробництві, використовуються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) – спецодяг, спецвзуття, ЗІЗ для захисту голови, очей, обличчя, рук.

Залежно від призначення передбачаються такі ЗІЗ:

- для постійної роботи в гарячих цехах – спецодяг (костюм чоловічий

повстяний), а при ремонті гарячих печей та агрегатів – автономна система індивідуального охолодження в комплексі із сукняним костюмом;

- при аварійних роботах – тепловідбивний комплект із металізованої тканини;

- для захисту ніг від теплового випромінювання, іскор та бризок розплавленого металу, контакту з нагрітими поверхнями – взуття шкіряне спеціально для працюючих у гарячих цехах;

- для захисту рук від опіків – рукавиці суконні, брезентові, комбіновані з наддолонниками зі шкіри;

- для захисту голови від теплових випромінювань, іскор та бризок металу – повстяний капелюх, захисна каска з підшоломником, каски текстолітові або з полікарбонату

- для захисту очей та обличчя – щиток теплозахисний сталевара, з окулярами зі світлофільтрами, що додаються до нього, маски захисні з прозорим екраном, окуляри захисні, козиркові зі світлофільтрами.

Спецодяг повинен мати захисні властивості, які включають можливість нагрівання його внутрішніх поверхонь на якійсь ділянці до температури 313 К (400С) у відповідність до спеціальних ГОСТів (ГОСТ 12.4.176–89, ГОСТ 12.4.016-87) [16-20].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для потреб металургійної та машинобудівної галузей як конструкційний матеріал широко використовують сплави на основі алюмінію, які мають значно вищі фізико-механічні властивості, ніж сам алюміній: високу питому міцність (відношення границі міцності до густини) та здатність чинити опір інерційним і динамічним навантаженням .

Фероалюміній використовується в металургійному виробництві як легуючий матеріал при виробництві сталі в кисневому конвертері, електросталеплавильних та мартенівських печах. Застосування при виплавці сталі фероалюмінію підвищує якісні показники готової продукції - поліпшуються механічні властивості готової продукції.

2. Розглянуто технологію виплавки фероалюмінію марки ФА30 з використанням в шихті сталевого брухту (Ст3), алюмінієвого брухту марки Д16 і шлакової суміші для отримання легкоплавкого шлаку (вапно, плавиковий шпат і шамотний бій). Запропонована технологія дозволяє отримувати фероалюміній практично з будь-яким вмістом алюмінію та інших компонентів (наприклад, кремнію та марганцю). Показано, що збільшення первинного завантаження печі шихтою на величину більше 20 % призводить до не виправданого затягування процесу плавлення складових шихти та підвищеного часу всієї плавки.⁵⁷

3. Розглянуто технологічні особливості електротермічного виробництва фероалюмінію марок ФА10, ФА15 та ФА20. Визначено оптимальну питому витрату компонентів шихти для виплавки зазначених марок фероалюмінію: електрокорунд 100 кг, коксик 52 кг, сталева стружка 170 кг.

4. Показано можливості виплавки комплексних сплавів з алюмінієм. Процес одержання комплексних алюмінієвих сплавів типу ФАМ, ФАМС-1 та ФАМС-2 заснований на вуглетермічному відновленні оксидів алюмінію з дешевої природної алюмосилікатної сировини (дистенів, силіманітів, ставролітів, бідних бокситів та інших) або високоглиноземистого

напівпродукту (електрокорунду) у присутності металевої складової (сталеві стружки, феромарганцю, силікомарганцю).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Коваленко О. В. Проблеми та перспективи розвитку феросплавного виробництва як важливої складової металургії України. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. Вип. 4. 424–426.
2. Чорна металургія і національна безпека України / В. І. Большаков, Л. Г. Тубольцев. *Вісник НАН України*. 2014. № 9. С. 48–58.
3. Кулик І. М. Сучасний стан та основні фактори розвитку чорної металургії України. *Бізнесінформ*. 2012. № 5. С. 116–121.
4. Дослідження технологічної особливості виробництва феросилікоалюмінію з використанням вторинних та неліквідних матеріалів. *Металургія* : наукові праці Запорізької державної інженерної академії / Д. В. Забудченко, В. М. Сиваченко, О. С. Воденнікова та ін. Запоріжжя : ЗДІА, 2019. Вип. 1 (41). С. 32–37.
5. Виплавка алюмінію. URL: https://www.mozaweb.com/uk/Extra-3D_sceni-Viplavka_alyuminuyu-146849 (дата звернення: 19.10.2023).
6. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: Навч. посібник / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко / За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. Київ : Видавничий дім “Вініченко”, 2016. 224 с.
7. Особливості технології виробництва алюмінію. URL: <https://metal-holding.ua/ua/blog/osobennosti-tehnologii-proizvodstva-aluminia> (дата звернення: 19.10.2023).
8. Алюмінієві сплави. URL: <https://linoksa.com.ua/alyuminievye-splavy/> (дата звернення: 19.10.2023).
9. Характеристика та область застосування алюмінієвих сплавів. URL: <https://firma-tera.com.ua/ua/a253906-harakteristiki-oblast-primeneniya.html> (дата звернення: 19.10.2023).
10. Фероалюміній. URL: <https://amz-group.com.ua/uk/feroaljuminij/> (дата звернення: 19.10.2023).
11. Фероалюміній. ТУ У 27.3-13533123-001-20. URL:

<https://arsenalua.com/directions/Metals/products/FerroAlloysRaw/FeAl/> (дата звернення: 19.10.2023).

12. Виробництво алюмінію. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-7.-%D0%92%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%BE-%D0%B0%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D1%8E.pdf> (дата звернення: 19.10.2023).

13. Структура, властивості й застосування сплавів на основі алюмінію. URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%86%D0%90%D0%9B/R_m_Almaz.pdf (дата звернення: 19.10.2023).

14. Українські феросплави втрачають батьківщину. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2012/02/7/315287/> (дата звернення: 19.10.2023).

15. Виробництво алюмінію. URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/posibnuku/247/18.pdf> (дата звернення: 19.10.2023).

16. Пожарова О. В. Охорона праці : навч. посіб. Одеса, 2022. 86 с.

17. Вахонєва Т. М. Основи охорони праці в Україні : навч. посіб. Київ : ВД «ДАКОР», 2019. 505 с.

18. Изгородін В. А. Охорона праці на підприємстві : практич. посіб. з розробки та ведення документації. Київ : Видавництво «ФОРТ», 2019. 440 с.

19. Грибан В. Г., Казначеев Д. Г., Бойко О. І. Безпека життєдіяльності та охорона праці у схемах : навч. посіб. Дніпро : ДДУВС, 2019. 228 с.

20. Пістун І. П., Катренко Л. А., Кіт Ю. В. Охорона праці : навч. посіб. з практикумом. Київ : Університетська книга, 2020. 540 с.

ДОДАТКИ ДОДАТОК А

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні



**III ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗА
УЧАСТЮ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ
«АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»**

17-20 жовтня 2023 року



Верьовкін Л.Л., Сушко А.А. Мікроселектронна система аналізу фотометричної інформації.....	604
Кісельов Є.М., Кісельов В.Є. Розробка датчика озону з бездротовим каналом передавання даних.....	606
Кісельов Є.М., Постернак О.С. Аналіз особливостей сучасних датчиків для вимірювання концентрації озону у рідні.....	608
Критська Т.В., Гаґонідзе А.Ю., Науменко М.С. Деградація сонячних елементів та шляхи її зниження.....	610
Критська Т.В., Грідін О.С., Баженов Є.В. Нові напрями модернізації промислової технології кремнію напівпровідникової чистоти.....	612
Світанько М.В., Костик О.В., Ніколасико Д.Ю., Пішуков С.В. Підсилювач лазерного випромінювача для дистанційного керування БПЛА.....	613

СЕКЦІЯ «МЕТАЛУРГІЯ, ОБРОБКА МЕТАЛІВ ТИСКОМ»

Белоконь Ю.О., Немикіна І.Г. Аналіз моделей зміцнення низьколегованих сталей при холодній деформації.....	615
Белоконь Ю.О., Плющ І.А. Отримання алюмінідів нікелю при термохімічному пресування.....	616
Белоконь Ю.О., Шавкуненко А.В. Формування поверхні металу в процесі холодної пластичної деформації.....	617
Белоконь Ю.О., Шошов А.В. Аналіз поперечної різнотовщинності та дефектів форми штаби при прокатці в нерестульованих клітках.....	618
Белоконь Ю.О., Булігін М.В. Оптимізація прокатки круглого профілю з високолегованих сталей на блемінгу.....	619
Белоконь Ю.О., Можаров О.В. Оптимізація режимів прокатки вуглецевих сталей при гарячій деформації.....	620
Белоконь Ю.О., Федько М.В. Поверхнєве зміцнення титанових сплавів в умовах нестаціонарних процесів обробки.....	621
Бондаренко Ю.В., Зайцев Д.О. Аналіз процесу прокатування слябів на слябінгу 1150.....	622
Бондаренко Ю.В., Іванченко Д.С. Визначення показників коефіцієнта положення рівнодіючих сил при прокатуванні штаб.....	623
Бондаренко Ю.В., Клименко М.Д. Аналіз переходних зон композиційних матеріалів в системі сталь-бронза отриманих імпульсними методами обробки тиском.....	624
Бондаренко Ю.В., Клименко Д.Є. Вплив технологічного мастила на якість металу при прокатуванні штаб на неперервних станах.....	625
Бондаренко Ю.В., Кривцов О.О. Аналіз розширення металу при прокатуванні штаб в лабораторних умовах.....	626
Бондаренко Ю.В., Ткаченко О.В. Аналіз технології та режиму обтиснення на станах холодної прокатки на натягання штаби.....	627
Бондаренко Ю.В., Белоконь О.С. Формування структури та властивостей високолегованих сталей при гарячій деформації.....	628

Бондаренко Ю.В., Гальченко А.О. Аналіз технологічних особливостей прокатки штаб на реверсивному стані 1680.....	629
Бондаренко Ю.В., Лобко Д.С. Аналіз процесів поверхневого зміцнення та визначення жаростійкості поверхневого шару на титанових сплавах.....	630
Воденнікова О.С., Бондаренко Я.В. Техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».....	631
Воденнікова О.С., Кольчак Д.Р., Піщенко К.А. Аналіз сучасних способів отримання карбиду бора.....	633
Воденнікова О.С., Фощан В.О. Технологія виробництва феросилікоалюмінію з застосуванням вторинних матеріалів.....	635
Воденнікова О.С., Голєвков П.В. аналіз можливості застосування криогенного бластингу як методу підготовки виливниць до розливки сталі.....	636
Воденнікова О.С., Харченко О.В., Радомський В.В. Щодо питання вторинного електротермічного легування і рафінування сталі в установках піч-ківш.....	637
Воляр Р.М., Паламаренко А.Ю. Дослідження впливу схеми підвищування Al прутків у виливниці на характер кипіння сталі.....	639
Воляр Р.М., Жмурков П.В. Обробка червоних шлаків для металургійної переробки.....	641
Воляр Р.М., Жмуркова К.І., Жмурков П.В. Стабілізація фізико-хімічних характеристик глинозему шляхом управління параметрами декомпозиції.....	642
Воляр Р.М., Куц В.В., Норченко В.В. Леговані сталі для низьких температур.....	643
Кириченко О.Г., Гузенко Р.І., Піщенко К.А. Сучасні підходи до збільшення частки залізовмісних відходів у балансі сировини металургійного виробництва.....	646
Кириченко О.Г., Дьомін О.С., Норченко В.В. Варіанти обробки металу в сталерозливних ковшах інертними газами.....	647
Кириченко О.Г., Ісенко О.В., Борсук С.А. Основні технології виплавки колісної сталі.....	649
Кириченко О.Г., Калюга О.А., Іванніков С.В. Обґрунтування необхідності використання ПВП в доменних цехах металургійних підприємств України.....	651
Кириченко О.Г., Кузьменко Р.С., Каліновський М.С. Особливості високотемпературної обробки розплаву для постійних магнітів зі сплаву ЮНДК24.....	654
Кириченко О.Г., Хвостов В.Р., Євтушенко Д.С. Дослідження технології виплавки безкремністої конвертерної сталі.....	656
Кругляк Д.О., Сенік В.О. Визначення оптимальних параметрів волочіння, з метою зменшення зносу робочих поверхонь та зменшення обривності дроту.....	658

УДК 669.168.3

Воденнікова О.С., к.т.н., доц., Фощан В.О., магістрант 2 курсу,
Науковий керівник – к.т.н., доцент Воденнікова О.С.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛІКОАЛЮМІНІЮ З ЗАСТОСУВАННЯМ ВТОРИННИХ МАТЕРІАЛІВ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М.Потебні Запорізького національного університету, кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

У сучасній техніці як конструкційний матеріал використовують головним чином не сам алюміній, а сплави на його основі, які мають значно вищі фізико-механічні властивості: висока питома міцність (відношення границі міцності до густини) та здатність чинити опір інерційним і динамічним навантаженням [1].

Відомо, що більшість способів виробництва феросилікоалюмінію заснована на відновленні оксидів шихти вуглецем (вуглетермічний спосіб) та відрізняється вихідними шихтовими матеріалами, при цьому питомі витрати електроенергії у руднотермічних печах в залежності від виду вихідної сировини складають 9500–12000 кВт·год. Тому пошук простого та менш енергоємного способу виробництва феросилікоалюмінію становиться все більше актуальним напрямом дослідження у феросплавній галузі.

У роботі ставиться за мету проаналізувати можливість використання вторинних матеріалів (відсівів феросиліцію (з різним вмістом кремнію) та алюмінієвого шлаку (з різним вмістом металевого алюмінію) при виробництві феросилікомарганцю.

Дослідження процесу виплавки феросилікоалюмінію методом спільного переплаву алюмінієвих шлаків та некондиційних відсівів феросиліцію, описані в роботі [2], показали практичну можливість отримання сплаву з вмістом алюмінію 11–18% (в залежності від вмісту алюмінію у алюмінієвому шлаку) та кремнію 32–57% (в залежності від вмісту кремнію у відсівах феросиліцію).

При виплавці феросилікоалюмінію з використанням вторинних матеріалів встановлено оптимальне співвідношення між компонентами шихти: відсів феросиліцію 23–25 % мас., алюмінієвий шлак 48–50 % мас., вапно 25–27 % мас. та плавиковий шпат 2–3 % мас., при цьому ступень засвоєння алюмінію та кремнію складає 35–43% та 99,0–99,6% відповідно.

Список використаних джерел

1. Структура, властивості й застосування сплавів на основі алюмінію.
URL: chrome-extension://efaldnbmnnnibpcajpcgjcleftindmkaj/https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%9C%D0%90%D0%A2%D0%95%D0%A0%D0%86%D0%90%D0%9B/R_m_Almaz.pdf (дата звернення: 19.10.2023).

2. Дослідження технологічної особливості виробництва феросилікоалюмінію з використанням вторинних та неликвідних матеріалів. *Металургія* : наукові праці Запорізької державної інженерної академії / Д. В. Забудченко, В. М. Сиваченко, О. С. Воденнікова та ін. Запоріжжя: ЗДІА, 2019. Вип. 1 (41). С. 32–37.

УДК 621.747.55-026.658:[621.746.393:669.141.25

Воденнікова О.С., к.т.н., доц., Голошков П.В., магістрант 2 курсу,
Науковий керівник – к.т.н., доцент Воденнікова О.С.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КРІОГЕННОГО БЛАСТІНГУ ЯК МЕТОДУ ПІДГОТОВКИ ВИЛИВНИЦЬ ДО РОЗЛИВКИ СТАЛІ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні Запорізького національного університету, кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Розвиток новітніх технологій, що постійно пришвидшується, та посилена увага до промисловості як базису сталого економічного зростання є одними з ключових глобальних трендів останніх років. Свій внесок у розбудову «економіки майбутнього» здійснює металургійна промисловість, яка в контексті Індустрії 4.0 змушена поступово переорієнтуватися на діяльність на смарт-засадах [1]. Зокрема підвищення ефективності виробництва досягається шляхом технічного переозброєння (модернізації) виробництва новими технологіями та устаткуванням [2]. Так одним з актуальних напрямків модернізації металургійного устаткування, що використовується в процесі розливки сталі, є удосконалення процесу підготовки чавунних виливниць до процесу заливання в них рідкого металу.

В умовах металургійного виробництва як сучасний метод очищення чавунних виливниць в процесі їх підготовки до розливки сталі було запропоновано авторами робіт [3, 4] використовувати метод криогенного бластингу. Показано, що для оптимізації процесу очищення поверхні виливниці від забруднень (слідів нагару, хлоридів, сплесків та іншого) треба раціонально підбирати: гранулометричний склад сухого льоду; тиск в повітряній магістралі; витрату стисненого повітря; форму та довжину сопла для подачі сухого льоду; відстань від сопла до стінки виливниці та температуру виливниці перед очищенням. На прикладі лабораторних досліджень в умовах ПрАТ «Дніпроспецсталь» показано, що використання криогенного бластингу при очищенні виливниць від забруднень дозволяє в 2–4 рази збільшити швидкість очищення в порівнянні з використанням механічного та гідравлічного способу (зокрема металевих щіток та сталевих скребків).

Список використаних джерел

1. Амоша О. І., Нікіфорова В. А. Розвиток металургійної смартпромисловості в Україні : передумови, проблеми, особливості, наслідки : науково-аналітична доповідь ; НАН України, Ін-т економіки пром-сті. Київ, 2019. 67 с.