

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛІКОАЛЮМІНІЮ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕФЕЛІНОВИХ СІЄНІТІВ

Ю.В. Костецький, К.Л. Шпильовий*, О.В. Мач
Донецький національний технічний університет,
*ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча»

Представлено результати лабораторних досліджень з метою визначення можливості створення технології виробництва феросилікоалюмінію з вітчизняних нефелінових сієнітів шляхом відновлення елементів з розплавленої руди в дуговій електричній печі.

На території України розташовані значні поклади руд, що містять глинозем – нефелінових сієнітів, які й досі не користуються попитом у вітчизняній промисловості [1]. Вітчизняні нефелінові сієніти мають відносно низький вміст Al_2O_3 на рівні 20÷22 %, тому їх переробка на глинозем за відомим методом спікання з вапняком та подальшим вилуговуванням спеку є економічно не вигідною [2]. Для переробки українських нефелінових сієнітів на глинозем розроблено декілька ефективних технологій: спрощений спосіб спікання; гідрохімічний спосіб (вилуговування); кислотні способи [1,2]. Але їх впровадження потребує значних інвестицій та є небезпечним в екологічному відношенні. Тому створення альтернативних технологій, які дозволяють залучити до переробки вітчизняну сировину, є дуже актуальною задачею.

Основним завданням даного дослідження була оцінка можливості створення технології виробництва феросилікоалюмінію на основі технології електротермічної відновлювальної плавки з використанням нефелінових сієнітів у якості основної сировини.

Аналіз показує, що реалізувати цю ідею безпосередньо в рамках традиційної технології електротермічної відновлювальної плавки алюмосилікатів є неможливим [3-5]. Технологічна схема промислового одержання алюмінієво-кремнієвих сплавів за методом відновлення в електропечах великої потужності передбачає використання кускової або брикетованої шихти, яка не повинна під час нагрівання розсипатися і розплавлятися до моменту попадання кусків шихти у зону відновлення. Використання значної кількості легкоплавких нефелінових сієнітів у шихті порушує нормальний хід роботи печі, а оксиди лужних металів спричиняють руйнівний вплив на вуглецеве футерування електродугової печі [3-5]. Крім того,

нефелінові сієніти мають більш низький вміст алюмінію не тільки у порівнянні з бокситами, але й відносно деяких алюмосилікатів, які застосовують для виплавки алюміній-кремнієвих сплавів – співвідношення вмісту кремнезему до глинозему в нефелінових сієнітах перевищує 2:1 [1]. Це не дозволяє виплавити з даної сировини сплав з високим вмістом алюмінію.

У зв'язку з цим доцільним є розглянути можливість організації процесу, що передбачає повне розплавлення рудної сировини та подальше відновлення K, Na, Fe, Si, Al з оксидного розплаву.

Під час досліджень було використано нефеліновий пегматит, одержаний збагаченням за методом ручного сортування порід Жовтневого масиву нефелінових сієнітів. Матеріал мав наступний хімічний склад: Al_2O_3 – 30 %, SiO_2 – 45 %, Fe_2O_3 – 4 %, Na_2O – 15 %, K_2O – 6 %.

На першому етапі лабораторних досліджень було встановлено, що реальна температура плавлення нефелінової руди складає близько 1470оС, що дещо перевищує вказаний в літературі інтервал 1350-1400оС [1].

Для експериментального дослідження процесу відновлення оксиду кремнію з оксидного розплаву, який створений шляхом розплавлення нефелінової руди, була проведена серія лабораторних плавок на печі Таммана. Шихту завантажували у графітові тиглі висотою 25 см і внутрішнім діаметром 5 см. Контроль температури у робочому просторі печі здійснювали за допомогою вольфрам-ренієвої термопари. В якості відновника використовували графіт. Хімічний аналіз проб металу та шлаку проводили на установці ARL9800 (метод аналізу – РФА).

Результати лабораторних досліджень процесу відновлення нефелінового концентрат дозволили зробити наступні висновки:

- в шихті небажана присутність вапна, бо це негативно впливає на процес відновлення кремнію; додавання вапна для розрідження шлаку доцільно лише після завершення процесу відновлення кремнію;
- присутність заліза в шихті прискорює процес відновлення оксидів кремнію та інших елементів і перешкоджає утворенню карбідів.

З метою моделювання процесу відновлювальної плавки нефелінової руди та дослідження перебігу процесу утворення газоподібного окису кремнію в лабораторних умовах були проведені опити на моделі електродугової печі з порожнинним графітовим електродом (див. рис. 1), крізь який можна вдувати газ у зону горіння дуги.



Рис.1. Лабораторна електродугова піч постійного струму

Таблиця 1

Матеріальний баланс плавки у лабораторній електродуговій печі

№ пл.	шихта, кг				продукти, кг		
	нефелін	кокс	вапно	чавун	сплав	шлак	карбіди
1	1,000	0,200	0,200	0,500	0,636	0,609	0,032
2					0,612	0,605	0,000

Таблиця 2

Хімічний склад продуктів плавки

№ пл.	Характеристика проби	Хімічний состав, %						
		Al	Si	Fe	C	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe _{общ}
1	Сплав	13,97	17,81	61,6	3,25	---	---	---
	Шлак	---	---	---	8,10	23,8	40,5	2,00
	Карбідна фаза	---	---	---	12,90	35,9	29,0	7,26
2	Сплав	14,00	26,7	45,2	3,15	---	---	---
	Шлак	---	---	---	2,70	26,4	43,8	2,51

Експерименти на електродуговій печі показали, що вдування інертного газу в зону горіння дуги крізь порожнинний електрод інтенсифікує процес утворення та відгонки газоподібного монооксиду кремнію. Оцінювати перебіг даного процесу можна було візуально: за

кількістю білого диму, який утворювався під час плавки; а також за кількістю кремнезему, що осаджувався на внутрішній поверхні кришки печі.

Як випливає з результатів хімічного аналізу продуктів плавки плавлення з вдуванням аргону сприяло також підвищенню вмісту кремнію в металевій фазі (табл. 2, плавка №2), що пов'язане з інтенсифікацією масообмінних процесів в шлаковому розплаві. В той же час збільшення вмісту алюмінію в металі не досягнуто, так як температурний режим шлакової ванни на плавках суттєво не відрізнявся. За результатами плавки №1 вилучення алюмінію та кремнію до сплаву становить 56,0 % та 54,2 % відповідно, а за результатами плавки №2 – 53,3 % та 78,4 % відповідно.

Таким чином, електродугова піч постійного струму з порожнинним графітовим електродом, через який можна вдувати інертний газ, є перспективним плавильним агрегатом для створення технології. Вдування газу у зону горіння дуги крізь електрод дозволить з одного боку інтенсифікувати процес відновлення компонентів нефелінового сієніту, а з другого – організувати швидке транспортування газоподібних продуктів відновлення з робочого простору печі до газово-пилової камери, де ці продукти мають конденсуватися і осаджуватися. Ці продукти переважно складаються з мікро кремнезему та лугів и можуть використовуватись у різних галузях промисловості, наприклад, у виробництві будівельних матеріалів та хімічній промисловості.

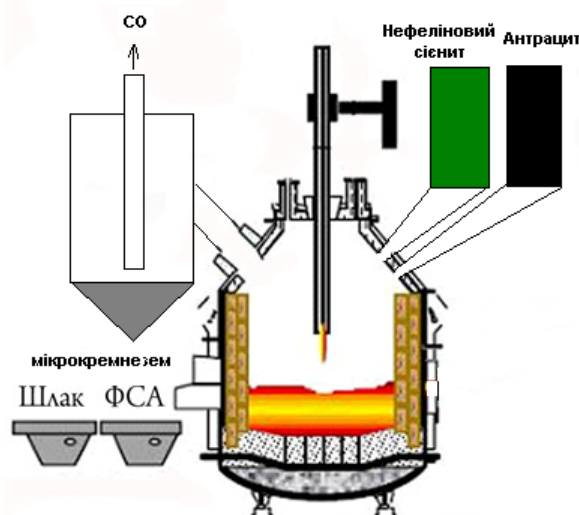


Рис. 2. Схема установки для виплавки сплаву ФСА

На рисунку 2 наведена схема плавильної установки, що пропонується для реалізації нової технології виробництва

феросілікоалюмінію з використанням нефелінових сієнітів, як основної складової шихти. Подібні електричні плавильні установки постійного току з порожнинним електродом використовують для здійснення відновлювальних процесів під час переробки рудних матеріалів, шлаків та шлаків металургійного виробництва. Як приклад можна навести розробки фірми MINTEK [7]. Позитивний світовий досвід створення і експлуатації таких агрегатів свідчить про реальну можливість побудови нового технологічного процесу на базі сучасного металургійного плавильного устаткування з використанням досвіду його реальної експлуатації в промислових умовах.

Висновки

Результати проведених досліджень дозволяють говорити про існування реальної можливості створення технології одержання феросілікоалюмінію шляхом відновлювальної електротермічної плавки нефелінової руди, яка, на відміну від традиційної електротермічної плавки алюмосилікатів, передбачає попереднє повне розплавлення нефелінової породи і наступне поетапне селективне відновлення компонентів з оксидного розплаву. На першому етапі плавки повинне відбутися відновлення оксидів лужноземельних елементів і частково кремнію з їх переводом до газової фази та заліза, яке буде утворювати первинний металевий сплав. На завершальній стадії плавки треба провести спільне відновлення оксидів кремнію та алюмінію, з розчиненням продуктів відновлення у залізовуглецевому розплаві.

Бібліографічний список

1. Донской А.Н. Нефелиновые породы Украины – комплексные алюминий-глиноземные и редкометалльные руды / А.Н. Донской, Е.А. Кулиш, Н.А. Донской. – К.: Логос, 2004. – 222 с.
2. Иванов А.И. Алюминиевое сырье Украины и пути его использования / А.И. Иванов, В.П. Иващенко, А.А. Полещук, Л.П. Иванова. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2003. – 106 с.
3. Гасик М.И. Электроплавка алюмосиликатов. – М.: Металлургия, 1971. – 304 с.
4. Троицкий И.А. Металлургия алюминия / И.А. Троицкий, В.А. Железнов. – М.: Металлургия, 1977. – 392 с.
5. Гасик М.И. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов: Учебник для вузов / М.И. Гасик, Лякишев Н.П. – М.: СП Интермет Инжиниринг, 1999.–764 с.
6. Линчевский Б.В. Техника металлургического эксперимента / Б.В. Линчевский – М.: Металлургия, 1979. – 256 с.
7. Jones R.T. Pyrometallurgy at Mintek / R.T. Jones, T.R. Curr // Proceedings of Southern African Pyrometallurgy 2006, South African Institute of Mining and Metallurgy, Johannesburg, 5-8 March 2006. – Johannesburg, SAIMM, 2006. – P. 127-150