

УДК 669.168.3

DOI:10.26661/2071-3789-2019-1-41-06

Забудченко Дмитро Вікторович⁽¹⁾, завідувач лабораторією
Сиваченко Віктор Михайлович⁽¹⁾, головний спеціаліст, кандидат технічних наук
Воденнікова Оксана Сергіївна⁽²⁾, доцент, кандидат технічних наук
Воденнікова Лариса Володимирівна⁽²⁾, старший викладач
Мазур Наталія Миколаївна⁽²⁾, старший викладач

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛІКОАЛЮМІНІЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ВТОРИННИХ ТА НЕЛІКВІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

⁽¹⁾ ДП «УкрНДІспецсталь», м. Запоріжжя

⁽²⁾ Запорізька державна інженерна академія

Наведено результати лабораторних досліджень щодо одержання феросилікоалюмінію методом переплаву з використанням як шихтових матеріалів вторинних матеріалів, що містять алюміній та некондиційні відсівні феросиліцію. Визначено оптимальне співвідношення між компонентами шихтових матеріалів для одержання зазначеного сплаву.

Ключові слова: феросилікоалюміній, некондиційні відсівні, алюмінієві шлаки, вапно, плавиковий шпат

Вступ. Позитивні властивості комплексних феросплавів, що проявляються під час розкислення сталі, а також утворення неметалевих включень більш сприятливого характеру, є причиною багаторічних досліджень, присвяченим їх виробництву та використанню як розкислювачів для одержання сталі. Найбільш універсальним та перспективним комплексним феросплавом є феросилікоалюміній (ФСА). Як зазначено у роботах [1-3], значна розкиснювальна здатність ФСА та його модифікувальна дія на сульфідні дозвільють майже повністю виключити присадки феросиліцію та чушкового алюмінію під час виробництва більшості марок сталі.

Аналіз досягнень. У вітчизняній та закордонній практиці відомі способи виробництва сплавів типу ФСА, які відрізняються, насамперед, видом алюмосилікатної сировини, що використовують у технології: агломерату бокситу, золи теплових електростанцій, відходів вуглезбагачення, а також низки іншої мінеральної та вторинної сировини [4-10]. Переважну більшість таких способів заснована на відновленні оксидів шихти вуглецем, тобто на використанні вуглетермії. Питомі витрати електроенергії під час виробництва феросилікоалюмінію вуглетермічним способом у руднотермічних печах складають 9500-12000 кВт·год. залежно від виду сировини, що застосовують. Враховуючи значну вартість електроенергії на території України, зазначені вище її питомі витрати унеможливають реалізацію феросилікоалюмінію за ціною високопроцентних марок феросиліцію (ФС65 та ФС70). Саме це є головним стримуючим фактором

впровадження у промисловість існуючих технологій виробництва феросилікоалюмінію на території нашої країни.

На пострадянському просторі, та насамперед у Республіці Казахстан, на сьогодні впроваджено у виробництво технологію одержання сплавів ФСА з використанням вуглевідходів, а також здійснюють активні роботи у напрямі збільшення виробництва зазначеного сплаву. Так, за оцінками інформаційно-аналітичних агенцій «Мінерал» (Російська Федерація) та «Казінформ» (Казахстан) Республіка Казахстан є одним із світових лідерів у виробництві феросилікоалюмінію. За даними тих же агенцій, об'єм виробництва такого сплаву на підприємствах ТОВ «RSP Steel» (м. Павлодар) та ТОВ «AuK» (м. Екібастуз) за 2014 рік склав більше ніж 50 тис. т. Нині ведуться проектні роботи щодо збільшення виробництва феросилікоалюмінію на підприємствах Республіки Казахстан до 200 тис. т на рік. А взагалі, за оцінками різних міжнародних інформаційних агенцій, попит на феросилікоалюміній у світі може складати 8 млн. т на рік.

Постановка завдання. Враховуючи наведені вище аргументи, пошук більш простого та менш енергоємного способу виробництва феросилікоалюмінію є актуальним напрямком на теперішній час. Одним з таких напрямків є одержання сплаву ФСА шляхом переплаву суміші неліквідних відсівів феросиліцію (фракція 0-6 мм) та шлаків, що містять алюміній (фракція 0-7 мм, вміст алюмінію 22-27 %), які утворюються під час виробництва вторинного алюмінію (далі за текстом АШ). Реалізація такої технології дозволить зменшити енергетичні витрати на виробни-

цтво зазначеного сплаву та ефективно застосувати вторинні та неліквідні матеріали.

Головна частина досліджень. У ДП «УкрН-Діспецсталь» було виконано серію дослідних плавок з одержанням феросилікоалюмінію шляхом сумісного переплаву АШ та відсівів феросиліцію. В зазначених плавках використовували такі шихтові матеріали: алюміній вторинний марки АВ88 у гранулах фракцією 1-3 мм; відсіві феросиліцію марок ФС45 (44,2 % кремнію), ФС65 (63,0 % кремнію) та ФС75 (73,9 % кремнію) фракцією менше ніж 6 мм; алюмінієві шлаки (АШ), що містять 20-30 % металевого алюмінію фракцією 1-7 мм; вапно металургійне, яке подрібнено до фракції менше ніж 5 мм; плавиковий шпат, що подрібнено до фракції менше ніж 2 мм.

Дослідження здійснювали у печі Таммана з використанням алундових тиглів (пасивних до розплаву), а також у однофазній великій лабораторній електродуговій печі з потужністю трансформатора 50 кВА.

Під час виконання плавки у печі Таммана на кожну плавку готували 0,2-0,3 кг шихтової суміші. Тигель з підготовленою шихтою завантажували до холодної печі та нагрівали зі швидкістю 20-25 град/хв. до повного розплавлення шихтових матеріалів. Після цього виконували ізотермічну витримку розплаву в пічному об'ємі протягом 10 хв. та відключали піч. Тигель охолоджували із піччю до повної кристалізації продуктів плавки, після чого його виймали для охолодження на повітрі та подальшого вилучення одержаних матеріалів.

Для здійснення плавки у великій лабораторній електродуговій печі виконували попереднє брикетування АШ та відсівів феросиліцію (на лабораторному валковому пресі) у необхідному співвідношенні, а вапно та плавиковий шпат завантажували до печі під час плавки. На кожну плавку готували 7,5-8,0 кг шихтової суміші. Плавки виконували у графітовому тиглі з випуском розплаву з печі до виливниці. Під час плавки витрату електроенергії фіксували за показанням пічного лічильника.

Для визначення впливу складу шихти на головні технологічні показники процесу виплавки феросилікоалюмінію у шихті змінювали наступні параметри:

- відношення мас ША та відсівів феросиліцію;
- відношення мас вапна та ША;
- відношення мас плавикового шпату та вапна.

З метою порівняння та оцінки одержаних дослідних даних було виконано базову плавку в печі Таммана з використанням вторинного алю-

мінію АВ88 та відсівів феросиліцію марки ФС65. Як результат такої плавки одержано сплав, що вміщує 10,5 % алюмінію, 55,4 % кремнію та 31,1 % заліза. Міра засвоєння алюмінію та кремнію складає 56,8 % та 99 % відповідно.

Спираючись на результати базової плавки шляхом виконання обчислень, було визначено, що для одержання феросилікоалюмінію із вмістом алюмінію не менше ніж 10 %, за умови використання як шихтових матеріалів алюмінієвих шлаків із вмістом металевого алюмінію 20 % та відсівів феросиліцію марки ФС65, співвідношення (за масою) між ними повинно складати 1:1 або 1,0.

Під час обчислень складу шихти особливу увагу приділяли властивостям шлаків, що утворюються у процесі плавлення. Саме вибирання оптимального хімічного складу шлаку та, відповідно, і його властивостей, за рахунок швидкого створення рідкої фази, дозволить понизити вигар (окиснення) кремнію та алюмінію, а також поліпшити умови для більш повного розділення фаз: шлаку та металу. Як наслідок, можна спостерігати як підвищення виходу металу, так і вмісту алюмінію в ньому. Враховуючи, що головною мінеральною складовою алюмінієвих шлаків є оксид алюмінію Al_2O_3 (до 60 %), то слід очікувати, що шлак, який створюється під час плавлення, буде досить тугоплавким. Для зменшення температури плавлення глиноземистого шлаку до шихти вводять оксид кальцію (вапно). Відповідно до діаграми стану системи Al_2O_3 - CaO [11] найменша температура плавлення шлаку в такій системі становить 1371 °С, що відповідає евтектиці складу 49 % мас. CaO та 51 % мас. Al_2O_3 .

Таблиця 1 – Межі змінювання головних технологічних параметрів процесу одержання сплаву ФСА методом одночасного переплаву ША та відсівів феросиліцію

Параметр	Максимальне значення	Мінімальне значення
Відношення маси ША до маси феросиліцію у шихті, од.	2,0	1,0
Відношення маси вапна до маси ША у шихті, од.	1,0	0,25
Кількість плавикового шпату, % від маси заданого вапна	15	5
Вміст металевого алюмінію в ША, % мас.	30	20
Вміст кремнію у феросиліції, % мас.	73,9	44,2

Шлаки, що є близькими до евтектичного (40-55 % мас. CaO і 45-60 % мас. Al_2O_3), мають достатньо сприятливий інтервал температури плавлення 1440-1470 °С. Виходячи з вищенаведеного, оптимальне співвідношення мас алюмінієвого шлаку та вапна у шихті знаходиться у межах від 2:1 до 1:1. Окрім того, додавання до складу шихти плавикового шпату або флюоритового концентрату дозволить понизити його в'язкість. Межі змінювання головних технологічних параметрів процесу одержання феросилікоалюмінію методом одночасного переплаву наведено у табл. 1.

Контрольованими параметрами плавки слугували маса металу, вміст алюмінію у сплаві, а

також ступінь засвоєння головних елементів: кремнію та алюмінію.

Під час виконання досліджень за кожним з варіантів шихтовки було здійснено три паралельні експерименти; згідно одержаним результатам визначали середнє значення показників. Одержаний у результаті досліджень масив даних піддавали статистичній обробці із застосуванням комплексу спеціалізованих програм для ЕВМ «STATISTIKA6» [12].

За результатами обробки масиву даних більше ніж 120 дослідних плавок одержано графічні залежності, які відтворюють вплив складу шихти на головні технологічні показники виплавки сплаву (рис. 1).

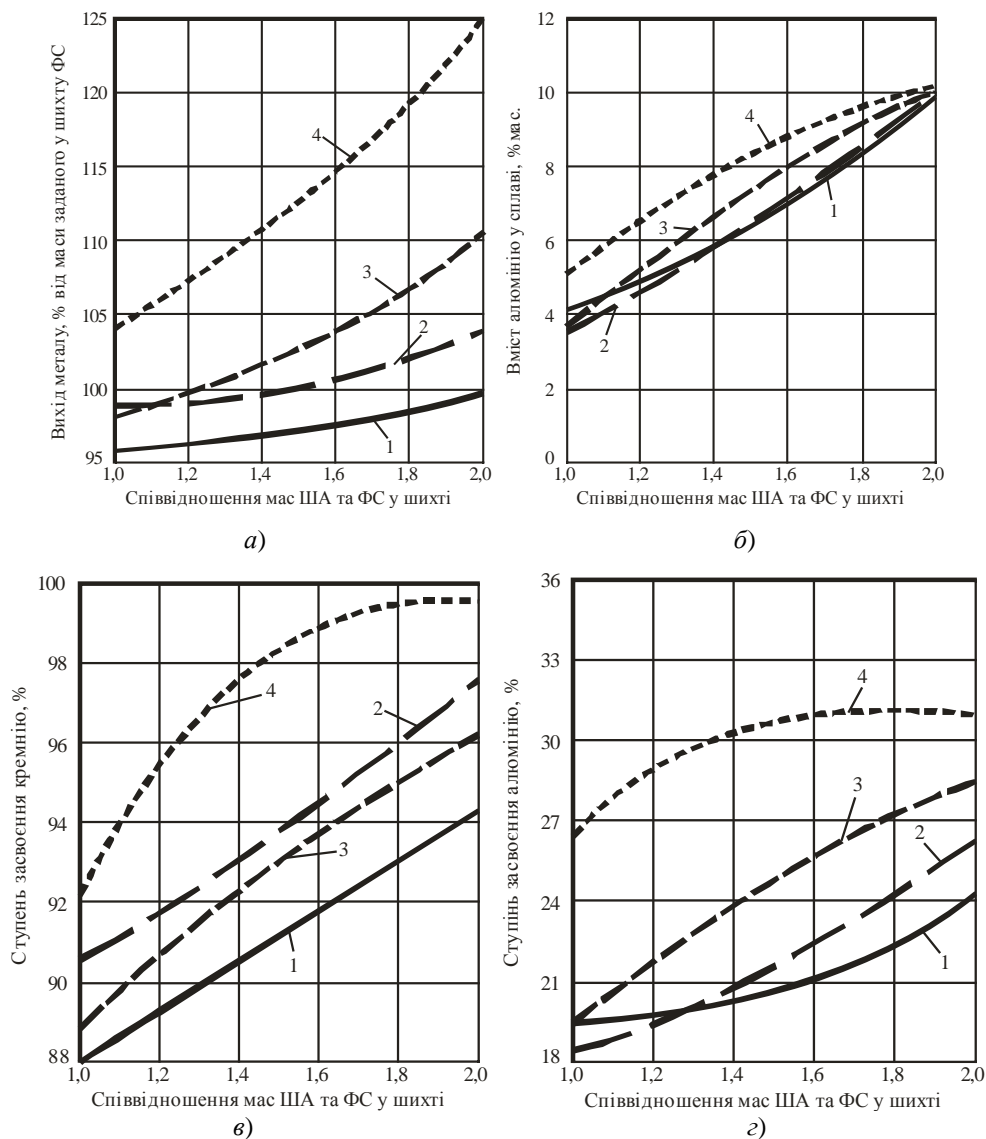


Рисунок 1. – Залежність виходу металу (а), вмісту алюмінію у сплаві (б), ступеню засвоєння кремнію (в) та алюмінію (г) від співвідношення мас ША (20 % Al) та відсівів феросиліцію марки ФС65, а також кількості вапна у шихті. Криві 1-4 відповідають співвідношенню мас вапна та ША у шихті, що дорівнює 0,25; 1,00; 0,75 та 0,50 відповідно

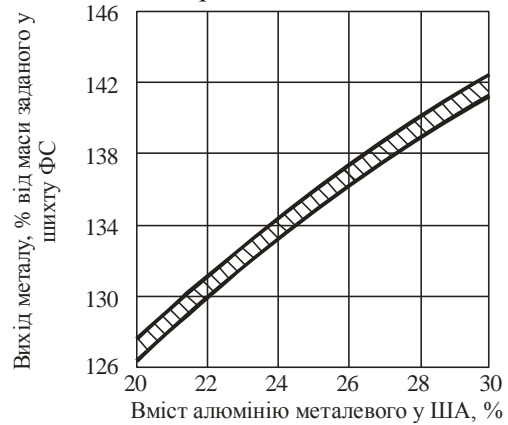
Аналіз одержаних залежностей показав, що за співвідношенням мас ША та відсівів феросиліцію в шихті, що дорівнює 1,0, можливо одержання сплаву із вмістом алюмінію лише у межах 4-5 %. Одночасно міра засвоєння алюмінію та кремнію становить 19-26 % та 90-92 % відповідно. В той же час за сплавленням вторинного алюмінію та феросиліцію (базовий варіант) одержують сплав із вмістом алюмінію більше 10 %, а міра засвоєння зазначеного металу складає 55-57 %. В обох випадках вміст металевго алюмінію у шихті був однаковим.

Матеріальний баланс плавки феросилікоалюмінію з використанням алюмінієвого шлаку показав, що досить значна кількість металевго алюмінію з алюмінієвого шлаку (близько половини) витрачається на відновлення оксидів заліза та кремнію, що містяться безпосередньо у зазначеному шлаку. Виходячи з таких даних та аналізуючи дослідні плавки, стає очевидним, що одержання сплаву із вмістом алюмінію більше 10 % можливо у разі підтримання співвідношення мас ША та відсівів феросиліцію у шихті на рівні 2,0. Таке співвідношення між масами зазначених матеріалів у шихті сприяє зростанню виходу металу (в середньому на 11,5 %), збільшенню міри засвоєння головних елементів сплаву – кремнію (в середньому на 7,0 %) та алюмінію (в середньому на 6,5 %).

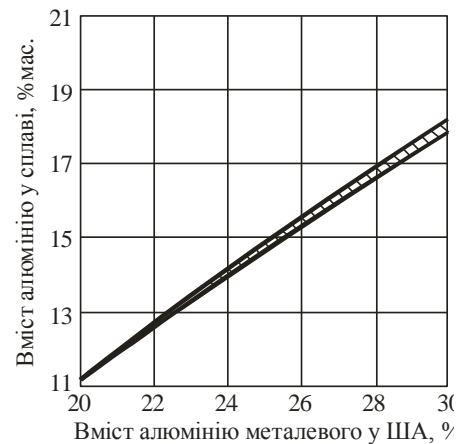
На показники процесу виплавки феросилікоалюмінію методом спільного переплаву суттєво впливає кількість вапна у шихті, яка пов'язана з процесами шлакоутворення, про що йшла мова вище. Як показали дослідження, поліпшення показників процесу виплавки феросилікоалюмінію спостерігається із збільшенням кількості вапна у шихті до певного рівня. Найкращі результати одержано за співвідношенням мас вапна та ША у шихті, що дорівнює 0,5. Одночасно вихід металу збільшився у 1,24 разів, а міра засвоєння кремнію та алюмінію складає 99,5 % та 31,9 % відповідно, але за подальшим збільшенням кількості вапна у шихті спостерігають зниження всіх показників процесу плавки, тобто така залежність має екстремальний характер.

На показники виплавки феросилікоалюмінію методом спільного переплаву позитивно впливає додавання до шихти плавикового шпату. Так, за співвідношенням мас ША та феросиліцію у шихті, яке дорівнює 2,0, та мас вапна та ША, що складає 0,50, додавання до шихти плавикового шпату в кількості 5 % від маси вапна дозволяє: збільшити вихід металу на 2,4 % та підвищити ступінь засвоєння алюмінію на 3,7 %.

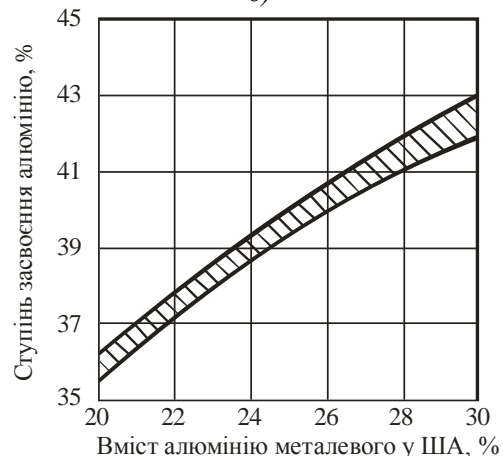
Одночасно міра засвоєння кремнію становить понад 99 %. Одержаний сплав вміщує 11,2 % алюмінію та 51,3 % кремнію. Подальше збільшення плавкового шпату в шихті є малоефективним через незначне збільшення міри засвоєння алюмінію та кремнію.



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Залежність виходу металу (а), вмісту алюмінію у феросилікоалюмінію (б) та міри засвоєння алюмінію (в) від вмісту металевго алюмінію у ША (вказані на рисунку області включають у собі дані, що одержано за використанням відсівів марок ФС45, ФС65 та ФС75)

В ході досліджень встановлено, що підвищення вмісту кремнію у відсівах феросиліцію впливає лише на вміст кремнію у сплаві. Це пов'язано з тим, що під час застосування відсівів різних марок феросиліцію, але за однакової кількості відсівів у складі шихти, міра засвоєння кремнію знаходиться на одному рівні – 99,0-99,6 %. Саме тому не відбувається підвищення виходу металу.

Експериментально встановлено, що за збільшенням вмісту металевго алюмінію у ША з 20 до 30 % мас. Його міра засвоєння збільшується з 35,6 % до 43,0 % (рис. 2,в). Саме такий факт є причиною того, що за підвищенням вмісту металевго алюмінію у ША відбувається збільшення виходу металу (рис. 2,а). Одночасно відбувається збільшення вмісту алюмінію у феросилікоалюмінію з 11,2 % до 18,0 % (рис. 2,б). З графічних даних, наведених на рис. 2, можна побачити, що під час використання відсівів різних марок феросиліцію за збільшенням вмісту металевго алюмінію у ША значення таких показників процесу, як вихід металу, вміст алюмінію у сплаві та міра засвоєння алюмінію, знаходяться у досить вузькому інтервалі.

За результатами виконаної серії лабораторних дослідних плавок встановлено такий оптимальний склад шихтових матеріалів для виплавки феросилікоалюмінію методом спільного переплаву, % мас.:

– відсіви феросиліцію	23-25;
– ША	48-50;
– вапно	25-27;
– плавиковий шпат	2-3.

З використанням наведених даних було підготовлено шихту з додаванням відсіву феросиліцію різних марок та ША з різним вмістом алюмінію для виконання декількох плавок феросилікоалюмінію у крупній лабораторній елек-

тродуговій печі. Процес плавлення шихтових матеріалів у зазначеній печі відбувався без будь-яких ускладнень. Досить швидко спостерігали появу рідкої фази, а також високе та стабільне електричне навантаження у печі. Перед випуском плавки зафіксовано достатньо рідкий шлак, після застигання розплаву відбувається досить добре розділення продуктів плавки.

Результати плавок, виконаних у електродуговій печі, вказують на технологічність та ефективність запропонованого методу одержання феросилікоалюмінію. Використовуючи відсіви феросиліцію з різним вмістом кремнію та ША, а також різним вмістом металевго алюмінію, можливо одержати сплав із вмістом алюмінію 11-18 % та кремнію 32-57 % із витратами електроенергії 2580-2620 кВт·год. на одну тунну феросилікоалюмінію.

Висновки. Виконані дослідження процесу виплавки феросилікоалюмінію методом спільного переплаву алюмінієвих шлаків (ША) та некондиційних відсівів феросиліцію показали практичну можливість одержання сплаву із вмістом алюмінію 11-18 % та кремнію 32-57 % залежно від вмісту алюмінію у ША та кремнію у відсівах феросиліцію. Витрати електроенергії не перевищують 2580-2620 кВт·год. на тунну сплаву. Оптимальне співвідношення між компонентами шихти становить, % мас.: відсіви феросиліцію – 23-25; алюмінієвий шлак – 48-50; вапно – 25-27; плавиковий шпат – 2-3. Одночасно міра засвоєння алюмінію та кремнію становить 35-43 % та 99,0-99,6 % відповідно.

Бібліографічний перелік

1. **Друинский, М. И.** Получение комплексных ферросплавов из минерального сырья Казахстана [Текст] / М. И. Друинский, В. И. Жучков. – Алма-Ата : Наука, 1988. – 208 с.
2. **Гасик, М. И.** Электрметаллургия ферросплавов [Текст] / М. И. Гасик, Б. И. Емлин.; учебник. – Киев : Вища школа, 1983. – 376 с.
3. **Бородаенко, Л. Н.** Электротермия комплексных сплавов с активными элементами [Текст] / Л. Н. Бородаенко, Т. Д. Такенов, Т. Г. Габдулин. – Алма-Ата. : Наука, 1990. – 120 с.
4. **Порада, А. Н.** Выплавка ферросиликоалюминия с использованием отходов электрокорундового и карбид-кремниевго производства [Текст] / А. Н. Порада, О. Л. Кисельгоф, Г. В. Чикрин и др. // Труды междунар. научно-технической конференции «Теория и практика электротермии ферросплавов». – Никополь, 1996. – С. 114-115.
5. **Тлеугабулов, С. М.** Результаты исследования процесса получения комплексного сплава из углеотходов [Текст] / С. М. Тлеугабулов, А. Х. Нурумгалиев // Сталь. – 2005. – № 7. – С. 57-59.
6. **Szudio, A.** Wybrane aspektu teoretyczne i praktyczne zastosowania ztoru FeSiAl w procesie obtleniania stali [Text] / A. Szudio, R. Jastrzebski // Hutnik (PRL). – 1981. – Vol. 48, No. 9. – P. 371-375.

7. **Цымбал, В. П.** Эффективность применения ферросиликоалюминия при раскислении стали [Текст] / В. П. Цымбал, В. И. Богомяков, М. Ж. Талымбеков, А. Б. Ахметов // Сталь. – 2000. – № 6. – С. 24-26.
8. **Толымбеков, М. Ж.** Некоторые аспекты производства и применения комплексных ферросплавов в металлургии [Текст] / М. Ж. Толымбеков, А. Б. Ахметов, С. О. Байсанов и др. // Сталь. – 2009. – № 5. – С. 34-37.
9. **Байсалов, С. О.** Получение ферросиликоалюминия из высокосольных углистых пород [Текст] / С. О. Байсалов, М. Ж. Талымбеков, А. Б. Ахметов и др. // Современные проблемы металлургии. – Днепропетровск, 2001. – Т. 2. – Системные технологии. – С. 248-252.
10. **Байсалов, С. О.** Освоение технологии выплавки ферросиликоалюминия из углистой породы на Экибастузском ферросплавном мини-заводе [Текст] / С. О. Байсалов, М. Ж. Талымбеков, А. Б. Ахметов // Актуальные проблемы и перспективы электрометаллургического производства. – Днепропетровск : системные технологии. 1999. – С. 337-338.
11. **Гребенщиков, Р. Г.** Диаграммы состояния систем тугоплавких оксидов [Текст] / Р. Г. Гребенщиков. Справочник. – Вып. 5. Двойные системы. Ч. 5. – М. : Металлургия, 1977. – 304 с.
12. **Гржибовский, А. М.** Описательная статистика с использованием пакетов статистических программ «STATISTICA» и «SPSS» [Текст] / А. М. Гржибовский, С. В. Иванов, М. А. Горбатова // Наука и здравоохранение. – 2016. – № 1. – С. 7-23.

Забудченко Дмитрий Викторович, заведующий лабораторией ферросплавного производства, ГП «УкрНИИспецсталь» (Украина, Запорожье). E-mail: ferro19@ukr.net

Сиваченко Виктор Михайлович, кандидат технических наук, главный специалист по ферросплавному производству, ГП «УкрНИИспецсталь» (Украина, Запорожье). E-mail: ferro19@ukr.net

Воденникова Оксана Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии, Запорожская государственная инженерная академия (Украина, Запорожье). E-mail: oksana_vodennikova@ukr.net

Воденникова Лариса Владимировна, старший преподаватель межфакультетской кафедры общеобразовательных дисциплин, Запорожская государственная инженерная академия (Украина, Запорожье). E-mail: larisa.vodennikova@gmail.com

Мазур Наталья Николаевна, старший преподаватель межфакультетской кафедры общеобразовательных дисциплин, Запорожская государственная инженерная академия (Запорожье, Украина). E-mail: natasha1081971@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРРОСИЛИКОАЛЮМИНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ И НЕЛИКВИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представлены результаты лабораторных исследований по получению ферросиликоалюминия методом переплава с использованием в качестве шихтовых материалов вторичных материалов, содержащих алюминий и некондиционные отсеvy ферросилиция. Определено оптимальное соотношение между компонентами шихтовых материалов для получения указанного сплава.

Ключевые слова: ферросиликоалюминий, некондиционные отсеvy, алюминиевые шлаки, известь, плавиковый шпат

Zabudchenko Dmitri, Head of Laboratory of Ferroalloys Production of SE «Ukraine Research and Installed Special Steel Institute» (Ukraine, Zaporizhzhia). E-mail: ferro19@ukr.net

Sivachenko Viktor, candidate of technical science, Main Specialist of Ferroalloys Production of SE «Ukraine Research and Installed Special Steel Institute» (Ukraine, Zaporizhzhia). E-mail: ferro19@ukr.net

Vodennikova Oksana, candidate of technical science, Associate Professor of The Department of Metallurgy, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Ukraine, Zaporizhzhia). E-mail: oksana_vodennikova@ukr.net

Vodennikova Larisa, Senior Teacher of the Department of Interfaculty of Educational Disciplines, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Ukraine, Zaporizhzhia). E-mail: larisa.vodennikova@gmail.com

Mazur Natalia, Senior Teacher of the Department of Interfaculty of Educational Disciplines, Zaporizhzhia State Engineering Academy (Ukraine, Zaporizhzhia). E-mail: natasha1081971@gmail.com

STUDY OF TECHNOLOGICAL ASPECTS FOR PRODUCTION OF FERROSILICAALUMINUM WITH THE USE OF SECONDARY AND NON-LIQUID MATERIALS

The Ukrainian and foreign experience in the production of ferrosilicoaluminium differing in the type of aluminosilicate raw materials: bauxite agglomerate, ash of thermal power plants, coal processing waste is analyzed. The results of laboratory studies in the conditions of state enterprise "UkrNIISPetsstal" are given for the technological features of the production of ferrosilicoaluminium using secondary materials, in particular aluminum slag (fraction < 7 mm, aluminum content 22-27%) and ferrosilicon screenings (fraction < 6 mm) as charge materials. The influence of the ratio of aluminum slag mass (contains 20% aluminum) to ferrosilicon

(grade ФС65) mass in the charge on the technological parameters of smelting ferrosilicoaluminum is shown: metal yield, aluminum content in the alloy, degree of recovery of silicon and aluminum. At that, in the charge the ratio of masses of aluminum slag and ferrosilicon screenings changed from 1.0 to 2.0, the ratio of masses of lime and aluminum slag mass was from 0.25 to 1.0, as well as the quantity of fluorspar changed with mass of given lime (from 5 to 15%). It has been experimentally shown that the production of ferrosilicoaluminum with an aluminum content of more than 10% is possible if the ratio of aluminum slag mass to ferrosilicon screenings mass is maintained at a level of 2.0. The dependences of metal yield, aluminum content in ferrosilicoaluminum, and recovery degree of aluminum on the content of aluminum metal in aluminum slag were analyzed and it was found that with an increase in the metal aluminum content in aluminum slag mass from 20 to 30 wt% its recovery degree increases from 35,6 to 43%, while the aluminum content in ferroaluminum increases from 11.2% to 18%. The optimal ratio between the components of the charge materials for smelting ferrosilicoaluminum is determined: ferrosilicon screenings 23-25%, aluminum slag 48-59%, lime 25-27%, and fluorspar 2-3%, while the recovery degree of silicon is 99-99,6 %. Expense of electric power here made 2580-2620 kW·clock on the 1 tone alloy. Thus the degree of aluminium mastering and silicon makes 35-43% and 99,0-99,6% respectively. Finding specify on technologicalness and efficiency of the offered method of receipt of ferrosilicoaluminum.

Keywords: ferrosilicoaluminum, substandard fractions, aluminum slag, lime, fluorite spar

Стаття надійшла до редакції 15.01.2019 р.
Рецензент, проф. Ю.Ф.Терновий