

15. Песоцкая, Л. А. Анализ изображений кирлиановского свечения капель воды [Текст] / Л. А. Песоцкая, Н. В. Глухова, В. Н. Лапицкий // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2013. – № 1. – С. 91–96.
16. Спосіб експрес-оцінки стану рідиннофазного об'єкта. Пат. на кор. модель 86701 Україна: МПК G-1N 21/17 [Текст] / Глухова Н. В., Пісоцька Л. А., Горова А. І. – заявл. 25.06.2013; опубл. 10.01.2014.
17. Спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідинно фазного об'єкту і пристрій для його здійснення. Пат. на кор. модель 22212 Україна [Текст] / Пісоцька Л. А., Лапицький В. М., Боцман К. І., Герашенко С. В.. – заявл. 17.04.06; опубл. 50.04.07.
18. Everitt, B. S. Cluster Analysis. 5 edition [Text] / B. S. Everitt, S. Landau, M. Leese, D. Stahl. – Wiley; 2011. – 346 p.
19. Nock, R. On Weighting Clustering [Text] / R. Nock, F. Nielsen // IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2006. – Vol. 28, Issue 8. – P. 1–13.
20. Bezdek, C. J. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms [Text] / C. J. Bezdek. – Plenum New York, 1981. – 284 p. doi: 10.1007/978-1-4757-0450-1

У статті приведено результати дослідно-промислових випробувань технології виплавки феросиліцію методом електрошлакового переплаву із використанням у шихті брикетів із аспіраційного пилу та пилу, що уловлюється газоочисною установкою. Застосування способу брикетування та подальше додавання брикетів до шихти при виплавці феросиліцію дозволяє утилізувати пилові відходи, ліквідувати вторинні джерела забруднення навколишнього середовища та знизити викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Ключові слова: пил, відходи, брикети, виплавка феросиліцію, печі постійного струму, екологічна безпека

В статье приведены результаты опытно-промышленных испытаний технологии выплавки ферросилиция методом электрошлакового переплава с использованием в шихте брикетов из аспирационной пыли и пыли, улавливаемой газоочистной установкой. Применение способа брикетирования и дальнейшее добавление брикетов к шихте при выплавке ферросилиция позволяет утилизировать пылевые отходы, ликвидировать вторичные источники загрязнения окружающей среды и снизить выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Ключевые слова: пыль, отходы, брикеты, выплавка ферросилиция, печи постоянного тока, экологическая безопасность

УДК 504.064.4:669.15-198

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.29968

ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ ФЕРОСИЛІЦІЮ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА

О. Л. Проценко

Аспірант, науковий співробітник*

E-mail: Elana_eco88@mail.ru

Т. Ф. Жуковський

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач лабораторії*

E-mail: gtf@niiep.kharkov.ua

С. Л. Борисенко

Директор

Стахановська виробнича дільниця товариства із

обмеженою відповідальністю

фірма «Екологічна ініціатива»

вул. Терешкової, 29, м. Алмазна,

Луганська обл., Україна, 94095

E-mail: ecina@inbox.ru

*Лабораторія аналізу охорони атмосферного повітря,

розробки нормативної документації та

еколого-енергетичного аудиту

Науково-дослідна установа «Український науково-

дослідний інститут екологічних проблем»

вул. Леніна, 6, м. Харків, Україна, 61166

1. Вступ

У металургії феросплавів за об'ємом виробництва перше місце займає феросиліцій [1, 2]. В Україні феросиліцій виробляють електротермічним способом у дугових печах змінного струму, в основному, на ПуАТ «Стахановський завод феросплавів» (Україна) [3], а

також методом електрошлакового переплаву (ЕШП) у печах постійного струму на Стахановській виробничій дільниці товариства із обмеженою відповідальністю фірма «Екологічна ініціатива» (СВД ТОВ фірма «ЕКІ-НА», м. Алмазна, Луганська область) [4].

У районі розташування феросплавних підприємств особливо гостро стоїть питання забруднення атмос-

ферного повітря. Значні обсяги забруднюючих речовин (ЗР) у газових викидах зумовлюють підвищену екологічну небезпеку в районі об'єктів, де вони утворюються.

Окрім того, при виплавці FeSi методом ЕШП, крім забруднення атмосфери, утворюються відходи (аспіраційний пилю та пил, уловлений в очисних апаратах), які є вторинними джерелами забруднення атмосферного повітря, у даний час не утилізуються, здійснюють шкідливий вплив на навколишнє середовище та становлять небезпеку для здоров'я людини.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Існуючі технологічні процеси та методи захисту атмосферного повітря та утилізації відходів розроблені для традиційної технології виплавки феросплавів рудовідновним методом, і, враховуючи особливості та унікальність технології, не можуть бути застосовані при виробництві FeSi методом ЕШП.

Особливістю технології виплавки FeSi методом ЕШП є те, що на СВД ТОВ фірма «ЕКІНА» у якості вихідної сировини використовуються відходи (шлаки) ПуАТ «Стахановський завод феросплавів», де феросплави виплавляють рудовідновним методом. Окрім шлаків, до складу основної шихти входять: гашене вапно, розкислювач шлаку, металобрухт [4].

Попередня переробка та підготовка шихти для виробництва феросиліцію здійснюється на окремому проммайдачнику на технологічних лініях переробки, де шлаки подрібнюються та підлягають сепарації. Вміст основних компонентів у шлаках ПуАТ «Стахановський завод феросплавів» приведено в табл. 1.

Вміст основних компонентів у відходах ПуАТ «Стахановський завод феросплавів»

Назва компоненти	SiO ₂	Si	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	Інше
Вміст, %	18,49	39,57	7,67	27,14	0,626	5,28	0,11	0,054	0,28	0,24	0,1	0,44

Шихтові матеріали, які використовуються при виплавці FeSi на СВД ТОВ фірма «ЕКІНА», містять значну кількість фракції 0–5 мм. Як відомо, використання в шихті матеріалів дрібної фракції призводить до [5, 6]:

- значного збільшення утворення пилю (речовин у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом);
- перевищень нормативів граничнодопустимих викидів пилю в атмосферу;
- зниження вилучення основних компонентів у метал внаслідок їх втрат із пилом, що виноситься із печей.

Як показали результати інструментально-лабораторних вимірювань викидів забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферне повітря [7], проведені під час виплавки FeSi методом ЕШП в печах постійного струму на СВД ТОВ фірма «ЕКІНА», масові концентрації речовин у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом (СТЧ) перевищують нормативи граничнодопустимих викидів у 8÷11 разів (нормативи встановлені відповідно до наказу Мінприроди України від 27 червня 2006 року № 309).

Таким чином, використання шихтових матеріалів із значним вмістом дрібної фракції із одної сторони призводить до порушення оптимального ходу технологічного процесу виплавки FeSi та погіршення техніко-економічних показників роботи печей, а з іншої сторони – є причиною перевищення установлених нормативів викидів ЗР в атмосферне повітря та викликає проблеми подальшої переробки (або утилізації) аспіраційного пилю та пилю, який уловлюється в очисних апаратах.

У зв'язку із цим виникла потреба у попередньому грудкуванні дрібнодисперсних матеріалів, у тому числі відходів виробництва, із подальшим поверненням згрудкованих матеріалів у виробничий процес при виплавці FeSi методом ЕШП. Для того, щоб укрупнити дрібні матеріали до розмірів, що відповідають вимогам технології, існують наступні методи грудкування: агломерація, обкатування та брикетування [3].

Так, отримала розвиток технологія брикетування методом жорсткої вакуумної екструзії з метою використання отриманих матеріалів (брексів) як компонентів шихти в руднотермічних та сталеплавильних печах [8].

Метод брикетування, як екологічно чистий та енергетично найменш затратний метод грудкування відходів, у виробництві феросплавів використовується найчастіше. Цей метод дозволяє здійснювати підготовку вторинної сировини (відходів) для додавання її до шихтових матеріалів при виплавці феросплавів [9, 10].

3. Мета і завдання досліджень

Метою роботи є зменшення викидів ЗР в атмосферне повітря та утилізація пилових відходів шляхом розробки технології виплавки феросиліцію методом ЕШП із додавання до шихти брикетів.

Таблиця 1

Завдання досліджень:

- визначити доцільність брикетування пилових відходів шляхом порівняння хімічного складу брикетів та шихтових матеріалів;
- розробити технологічну схему та здійснити виплавку FeSi із введенням в шихту дослідних брикетів,
- здійснити оцінку техніко-економічних показників плавки та якості отриманого феросплаву;
- провести інструментальні вимірювання викидів СТЧ в атмосферне повітря, встановити залежності між викидами СТЧ, періодом плавки і вмістом брикетів у шихті;
- встановити оптимальні параметри технології виплавки FeSi методом ЕШП із додавання до шихти брикетів.

4. Результати експериментальних досліджень виплавки феросиліцію методом електрошлакового переплаву із додавання до шихти збрикетованих відходів виробництва

Для оцінки можливості промислового виробництва брикетів із пилю, що утворюється при виплавці феросиліцію в печах постійного струму, на заводі із виробництва брикетів для металургійної промисловості

ТОВ «Конкрет» (м. Дніпродзержинськ) були проведені лабораторні дослідження умов їх отримання [9]. Дослідження полягали у виборі сполучної добавки, вивченні та визначенні фізико-механічних властивостей шихти, оптимальних технологічних параметрів її брикетування, отриманні дослідної партії брикетів та оцінки їх міцності.

На підставі результатів лабораторних досліджень, на ТОВ «Конкрет» на двохвалковому пресі проведено дослідно-промислове випробування брикетування дрібнофракційного пилю.

У дослідно-промислових умовах отримано партію брикетів «пельменеподібної» форми в кількості ≈ 3000 кг. Результати хімічного аналізу вмісту основних компонентів у брикетах наведено в табл. 2.

Із даних табл. 2 слідує, що вміст основних компонентів ($\text{Si}+\text{SiO}_2$, $\text{Fe}+\text{Fe}_2\text{O}_3$) у брикетах аналогічний їх вмісту в шихтових матеріалах, які використовуються при виплавці FeSi методом ЕШП. Встановлено, що брикети містять «шкідливі домішки» (P і S), але в такій кількості, яка не матиме істотного впливу на якість феросплаву при використанні брикетів як підшихтовочних матеріалів при виробництві FeSi.

Хімічний склад брикетів

Вміст компонентів, %									
Al_2O_3	$\text{Si}+\text{SiO}_2$	P	S	K_2O	CaO	CoO	MnO_2	$\text{Fe}+\text{Fe}_2\text{O}_3$	Інше
0,659	52,176	0,046	0,59	2,793	13,719	1,033	5,278	23,506	0,2

Здійснено експериментальне впровадження дослідної партії брикетів при виплавці FeSi методом ЕШП. Експериментальні дослідження проводилися в печах постійного струму на СВД ТОВ фірма «ЕКІНА».

З метою забезпечення якості феросиліцію і оптимальних параметрів технології виплавки феросплаву до складу шихти замість частини шлаку та дрібної частини шихтових матеріалів вводили 10–50 % брикетів. Введення дослідних брикетів в шихту проводили за принциповою технологічною схемою, представленою на рис. 1.

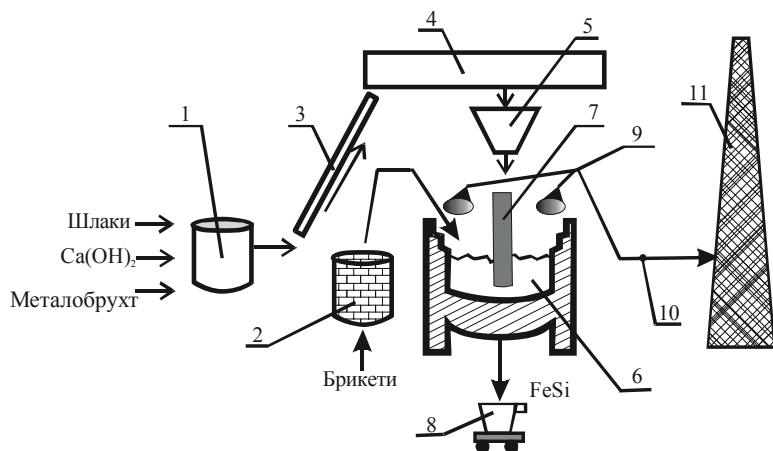


Рис. 1. Принципова технологічна схема процесу виплавки FeSi із введенням в шихту дослідних брикетів: 1 – бункер основної шихти; 2 – бункер із брикетами; 3 – кубель; 4 – кран; 5 – бункер-живильник; 6 – піч постійного струму; 7 – електрод; 8 – виливниця; 9 – бокові відсмоктувачі; 10 – точка відбору проб димових газів; 11 – димова труба

Оцінку техніко-економічних показників виплавки FeSi здійснювали за 2 показниками: вихід готового продукту (кг) та тривалість процесу плавки (хв.) (рис. 2).

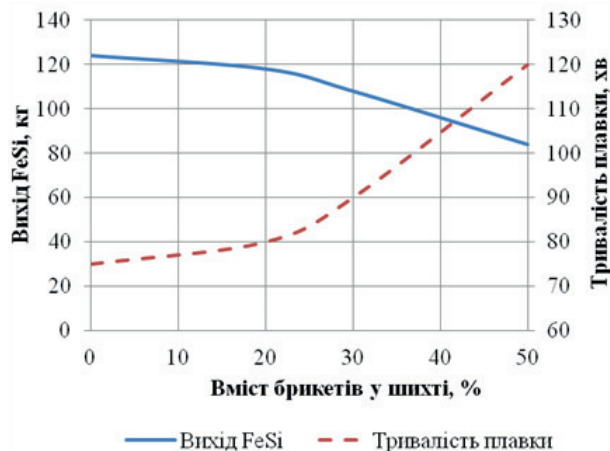


Рис. 2. Техніко-економічні показники виплавки FeSi із введенням у шихту брикетів

Як видно із рис. 2, при збільшенні вмісту брикетів у шихті відбувається зниження виходу готового продукту та збільшення тривалості плавки. Оптимальним є додавання до основної шихти 15÷20 % брикетів.

У результаті виконаних досліджень виплавлено ~ 1000 кг феросиліцію марки FeSi45. Порівняльна характеристика хімічного складу отриманого феросиліцію представлена в табл. 3.

Із даних табл. 3 випливає, що склад феросиліцію, виплавленого з використанням в шихті дослідної партії брикетів, за вмістом основних компонентів знаходиться на рівні FeSi45, який виплавляють за існуючою технологією, відповідає вимогам стандарту ДСТУ 4127-2002, а вміст «шкідливих компонентів» (фосфору, сірки) в дослідних плавках нижче, ніж в зазначеному стандарті. Таким чином, за пропонованим способом (з використанням в шихті брикетів) виплавлено феросиліцію марки FeSi45, який за якістю відповідає вимогам ДСТУ 4127-2002 та знаходиться на рівні світових стандартів.

У період виплавки дослідної партії FeSi з використанням в шихті брикетів НДУ «УКРНДІЕП» (м. Харків) проведено прямі інструментально-лабораторні вимірювання викидів СТЧ після печей постійного струму (рис. 3).

Як видно із рис. 3, концентрації СТЧ змінюються залежно від часу плавки. Так, максимальні концентрації спостерігаються у перші 15 хв. плавки під час завантаження печей та початку розплаву шихти. Далі відбувається поступове зменшення концентрацій за увесь період розплавлення. Мінімальні викиди зафіксовано під час зливання феросиліцію.

Вміст СТЧ у відхідних димових газах відрізняється при виплавці FeSi за існуючою технологією і за пропонованою (з використанням в шихті брикетів). При використанні 15÷20 % брикетів у шихті

викиди СТЧ в атмосферне повітря знижуються на 10÷25 % у порівнянні із традиційною технологією.

Таблиця 3

Хімічний склад феросиліцію марки FeSi45

Технологія виплавки	Масова доля елементу, %								
	Si	Fe	C	P	S	Cr	Mn	Al	Інше
ДСТУ 4127-2002	41–47	–	0,2	<0,05	<0,02	<0,5	<1,0	<2,0	–
ISO 5445: 1980	41–47	–	0,2	<0,05	<0,05	<0,5	<1,0	≤2,0	–
Метод ЕШП	43–45	48–52	0,15	0,04	0,003	0,35	0,44	0,67	–
Шлак – 70 % Брикети – 30 %	45,43	50,89	0,16	0,04	0,002	0,27	0,65	0,07	2,488
Шлак – 90 % Брикети – 10 %	43	52,3	0,14	0,04	0	0,32	0,51	0,1	3,59
Шлак – 50 % Брикети – 50 %	46,22	50,08	0,18	0,03	0,003	0,25	0,59	0,06	2,587

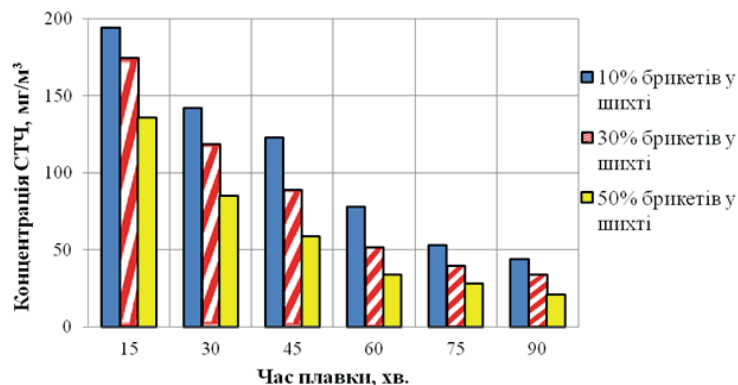


Рис. 3. Концентрації СТЧ у викидах від печей постійного струму при виплавці FeSi залежно від періоду плавки

При використанні 50 % брикетів у шихті викиди СТЧ є мінімальними, проте порушується хід плавки: збільшується тривалість плавки, підвищується витрата енергії та собівартість продукції.

5. Висновки

Встановлено, що за вмістом основних компонентів збрикетовані пилові відходи відповідають шихтовим матеріалам, що свідчить про доцільність використання брикетів при виплавці феросиліцію в якості підшихтовочних матеріалів.

Розроблено технологічну схему утилізації пилових відходів та у промислових умовах у печах постійного струму на СВД ТОВ фірми «ЕКІНА» здійснено дослідно-промислові випробування виплавки феросиліцію методом ЕШП із використанням у шихті отриманих брикетів.

Встановлено, що при збільшенні вмісту брикетів у шихті відбувається зниження виходу готового продукту та збільшення тривалості плавки. Визначено, що якість отриманого феросплаву марки FeSi45 відповідає вимогам ДСТУ 4127-2002 і знаходиться на рівні світових феросплавів.

У результаті виконаних на джерелах викидів інструментальних вимірювань встановлено, використання в шихті брикетів дозволяє на 10÷25 % знизити викиди СТЧ в атмосферне повітря, а також утилізувати пилові відходи, які негативно впливають на стан навколишнього середовища. Оптимальна кількість брикетів у складі шихти становить 15÷20 %.

Література

1. Рысс, М. А. Производство ферросплавов [Текст] / М. А. Рысс; под ред Гасик. – М.: Металлургия, 1985. – 344 с.
2. Жунусов, А. К. Проектирование ферросплавных цехов [Текст] / А. К. Жунусов, Н. С. Сембаев. – Павлодар: Кереку, 2011. – 107 с.
3. Зубов, В. Л. Электрометаллургия ферросилиция [Текст] / В. Л. Зубов, М. И. Гасик. – Днепропетровск: Системные технологии, 2002. – 704 с.
4. Пат. №66958 України, МПК C22C33/04, C22C38/02. Спосіб виробництва феросиліцію з шихти, що містить відходи виробництва феросплавів [Текст] / С. Л. Борисенко, О. С. Борисенко, П. П. Говорунов, С. Ю. Коростильов, Б. І. Шукстунський. – № 2004020952; заявл. 10.02.2004; опубл. 15.06.2004, Бюл. № 6.
5. Нурмаганбетов, Ж. О. Выплавка высокоуглеродистого феррохрома из отходов производства [Текст] / Ж. О. Нурмаганбетов, Е. В. Максимов, Е. С. Абдрахманов и др. – Вестник КазНТУ. – 2007. – № 6. – С. 217–221.
6. Gasik, M. Handbook of Ferroalloys: Theory and Technology. 1st Edition [Text] / M. Gasik. – Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2013. – 536 p.
7. Жуковский, Т. Ф. Впровадження технічних та природоохоронних рішень зі зниження викидів оксидів вуглецю та пилу в атмосферне повітря на СВД ТОВ Фірма «ЕКІНА» [Текст] / Т. Ф. Жуковский, О. Л. Проценко, С. Л. Борисенко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – 2014. – № 27 (1070). – С. 64–71.
8. Бижанов, А. М. Опыт применения брикетов экструзии (брэксков) для выплавки ферросиликомарганца [Текст] / А. М. Бижанов, Г. С. Подгоречкий, И. Ф. Курунов и др. // Металлург. – 2013. – № 2. – С. 44–49.
9. Жуковский, Т. Брикетування відходів виробництва феросиліцію / Т. Жуковский, О. Проценко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 1, № 8 (61). – С. 4–8. – Режим доступу: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/9403/8162>
10. Сальников, В. Г. Пути повышения энергоэффективности работы ферросплавных печей [Текст] / В. Г. Сальников, Р. М. Мустафина, Г. М. Мустафина, А. Х. Танат // Вестник ПГУ, серия энергетическая. – 2012. – № 1, 2. – С. 101–106.