

В.Л. Зубов

ВЫПЛАВКА КРЕМНИСТЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КВАРЦИТА ВАСИЛЬКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Анотація. Було викладено результати промислових випробувань при виплавці феросиліцію марки ФС65 та феросилікомарганцю марки МнС25 та МнС17 на ПАТ «ЗФЗ» та ПАТ «НФЗ» із використанням кварциту Васильківського родовища порівняно із кварцитом Овручського родовища.

Ключові слова: феросиліцій, феросилікомарганець, кварцит, промислові випробування, порівняльний аналіз, техніко-економічні показники.

Производство ферросплавов в Україні має експортно-орієнтований характер. Більше 70% їх виробництва експортується за рубеж [1]. Марочний асортимент екпортуємих кремністих ферросплавов представлений в основному ферросилицієм марки ФС65 і товарним ферросилікомарганцем марки МнС17. Дане обставина робить особливо важливим для українських ферросплавників питання підтримання на належному рівні якісних і цінових показників конкурентно-спроможності екпортуємої ферросплавної продукції.

Одним з напрямків зниження себестоимости і підвищення якості кремністих ферросплавов є залучення в виробництво кварцитів Васильківського (Дніпропетровська обл.) родовища. В останні роки, з урахуванням значительного підвищення залізнодорожних тарифів на перевезення сировинних матеріалів, суттєво зросла транспортна складова в себестоимости ферросплавов. Васильківське родовище знаходиться на 400 км ближче до ферросплавних заводів, ніж інші відомі родовища кварцитів. Це обставина дозволяє знизити на суттєву величину витрати на доставку кварциту.

Іншим важливим обставиною залучення в виробництво кремністих ферросплавов кварцитів Васильківського родовища є той факт, що основне родовище кварцитів Овручське

(Житомирская обл.) попало в полосу западного следа радиоактивного облака от аварии на Чернобыльской АЭС. Отдельные партии кварцитов этого месторождения могут содержать суммарную удельную активность радионуклидов выше допустимых норм.

Ферросплавная промышленность Украины для выплавки кремнистых ферросплавов в больше мере применяет кварцит Овручского месторождения, В последние годы на этом месторождении выделены два участка и организованы две структуры, которые поставляют кварцит по двум техническим условиям: «Кварцита Овручского месторождения» (ТУ У 00191879-01-98) и «Кварцита Толкачевского месторождения» (ТУ У 01056244-001-95). В соответствии с нормативным документом ОСТ 14-49-80 (с изменениями) для ферросплавных заводов производится кварцит марки КФ, используемого в основном для выплавки кремнистых ферросплавов (ферросилиция, силикомарганца, силикокальция, ферросиликохрома): кварцит марки КФ по химсоставу должен удовлетворять следующим требованиям:

SiO_2 , %, не менее 97

Al_2O_3 , %, не более 1,1

P_2O_5 , % , не более 0,02.

Регламентирование содержания Al_2O_3 и P_2O_5 обусловлено ограничением концентрации алюминия и фосфора в определенных марках высокопроцентного ферросилиция. Установлено, что при сравнительно повышенном содержании Al, Ca, P (а нередко и мышьяка) в высокопроцентных марках ферросилиция может происходить рассыпание сплава на воздухе и особенно во влажной (морской) атмосфере с образованием ядовитых газов – фосфина PH_3 и арсина AsH_3 [2]. Кроме того избыток Al_2O_3 в кварците при восстановительном процессе получения ферросилиция сопровождается расходом дорогой электроэнергии, так как восстановление алюминия является достаточно электроемким процессом (16000 кВт.ч на 1 т алюминия). Поскольку в ферросилиции содержится, как правило, до 1,5% Al становится ясным перерасход неоплачиваемой потребителем электроэнергии за восстановление алюминия. В каждой тонне ФС65 содержится до 15 кг алюминия и возможный перерасход электроэнергии на 1 т ФС65 составляет 120-250 кВт.ч.

С учетом отмеченных выше обстоятельств, на Запорожском и Никопольском заводах ферросплавов были поведены полномасштабные

промышленные испытания кварцита Васильковского месторождения для выплавки кремнистых ферросплавов.

На Запорожском заводе ферросплавов эти испытания проводили при выплавке ферросилиция марки ФС65 в цехе № 4 на печи № 34. Эта печь характеризовалась следующими наиболее важными параметрами: установленная мощность печного трансформатора 21 МВ·А; рабочие ступени напряжения трансформатора 193; 187 и 182 В; максимальный ток 72660 А, диаметр каждого из трех электродов 1200 мм при плотности тока 6,43 А/см, диаметр распада электродов 3000 мм. Ванна печи № 34 имеет размеры: диаметр кожуха ванны 8250 мм; диаметр ванны по футеровке 6622 мм; высота кожуха ванны 5145 мм и глубина ванны (расстояние от пода до воронки) 2920 мм [3].

В период испытаний кварцита применяли состав колоши: кварцит Васильковский 300 кг; коксик 159 кг и стружка 60 кг.

Технологические параметры плавки ферросилиция выдерживались в соответствии с инструкцией. Ход печи, выпуск металла и шлака, газовый режим процесса (давление колошникового газа под сводом) не имели существенных отклонений. По ходу выпуска ферросилиция отбирали пробы сплава и шлака для сравнительного анализа.

Сравнительные данные о химсоставе ферросилиция марки ФС65, выплавленного с использованием Овручского (базовый вариант) и Васильковского (опытный вариант) кварцитов, приведены ниже:

вариант	Si	Al	C	S	Cr	Mn	P
базовый	66,23	1,56	0,051	0,004	0,19	0,31	0,031
опытный	65,18	1,62	0,050	0,004	0,19	0,30	0,030

Химические составы шлаков сравнительных вариантов выплавки ферросилиция отличались несколько более низким содержанием Al_2O_3 и CaO:

вариант	SiO ₂ (общее)	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Cr	Mn	C	S
базовый	96,7	1,69	21,8	12,1	1,1	0,02	0,11	7,4	0,09
опытный	98,7	2,86	16,1	8,3	0,5	0,01 6	0,2	14, 3	0,04

При анализе химического составов шлаков ферросилиция следует учитывать несовершенство принятых в ЦЗЛ ферросплавных заводов методик определения фактического состава. Трудность анализов шлаков ферросилиция состоит в том, что они имеют гетерогенный состав из трех компонентов: минеральной (окисной) части, включений ферросилиция и карбида кремния. В некоторых случаях в шлаки запутывается также коксик. В приведенных составах шлаков общий кремнезем включает кремний минеральной части, кремний ферросилиция и кремний карбида кремния. Поэтому не удивительно, что сумма компонентов шлака по данным химических анализов по методике ЦЗЛ ферросплавных заводов всегда выше 100%.

В опытную кампанию было израсходовано 281 т кварцита, 141 т коксика (сухого), 54,3 т железной стружки, 27,5 т отходов производства и переходного металла 16,49 т.

Извлечение кремния в сплав составило 83,8%, улет 6,3%, с отходами 9,9%. В ферросилиций перешло 64,2% алюминия от поступившего с кварцитом и золой коксика. Переход фосфора составил 64,9%, в улет с колошниковым газом ушло 29,3%. Анализ технико-экономических данных позволяет заключить, что замена Овручского кварцита Васильковским обеспечила выплавку ферросилиция ФС65 с нормальными технико-экономическими данными (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные технико-экономические показатели
выплавки ферросилиция ФС65 с использованием
Васильковского и Овручского кварцита

Наименование показателей	Васильковский кварцит	Овручский кварцит
Время работы:		
сутки номинальные	3	3
сутки фактические	2,97	2,95
Фактическая мощность, кВт	17827	18113
Производительность:		
баз.тонны/сутки номинальные	55,1	55,12
баз.тонны/сутки фактические	55,7	56,1
баз.тонны/сутки факт./1000 кВт	3,12	3,09
Удельный расход материалов, кг/б.т.		
кварцита	1700	1684
коксика	856	877
стружки	328	337
электроэнергии, кВт.ч/б.т	7687	7859
Извлечение кремния, %	85,9	85,7

Экологическая оценка технологического процесса выплавки ферросилиция ФС65 путем замера состояния воздушной среды на рабочих местах плавильщика и горнового позволила заключить, что не установлено каких-либо отличий (превышение выделений вредностей – пыли, двуокиси азота, окиси углерода) при использовании Васильковского кварцита при замене им Овручского кварцита.

В условиях планового управления производством проектирование и эксплуатация ферросплавов цехов велись с учетом особенностей электропечного оборудования и технологии для конкретного вида ферросплавов. Рыночные отношения обусловили необходимость корректировки сортамента ферросплавов, производимых в том или другом цехе. Ферросплавный цех № 4 ПАО «ЗФЗ» запроектирован и эксплуатируется как цех ферросилиция. Однако определенные трудности с рынком ферросилиция и потребности в товарном силикомарганце вынуждают периодически несколько печей переводить на выплавку силикомарганца. В этой связи важно иметь данные оценки возможности и эффективности использования Васильковского кварцита при выплавке ферросиликомарганца.

С этой целью на ПАО «ЗФЗ» были проведены плавки передельного ферросиликомарганца марки MnC25. Выбор именно этого сплава был не случайным. Во внимание было принято, что процесс получения передельного ферросиликомарганца протекает при более высоких температурах. Поэтому при выборе объекта технологического процесса для проверки возможности использования Васильковского кварцита остановились на передельном ферросиликомарганце, полагая, что положительные результаты этого испытания могут быть распространены и на товарный ферросиликомарганец. Плавки проводились в цехе №2 на печи №13. Эта печь оборудована печным трансформатором мощностью 7500 кВ·А при активной мощности 5099 кВт. Печной трансформатор имеет три рабочих ступени напряжения: 162,5 В; 155,5 В и 149,0 В. Максимальный ток в графитированных электродах диаметром 500 мм – 26640 А. Диаметр кожуха ванны 5840 мм, диаметр ванны по футеровке (низу) 4200 мм, высота кожуха ванны 3100 мм, глубина ванны 1460 мм.

Колоша шихты состояла из малофосфористого высокомарганцевого передельного шлака 810 кг, васильковского кварцита 220 кг, коксика 320-380 кг и 20 кг отходов (АК) производства алюминиево-

кремниевых сплавов на апорожском производственном алюминиевом комбинате.

Полученный ферросиликомарганец соответствовал ДСТУ3548-97, что подтверждается сравнительными данными химических составов ферросиликомарганца, полученных по базовой и опытной технологии (в мас. %):

	Si	Mn	Fe	P	C
базовая	28,67	69,05	1,96	0,059	0,12
опытная	27,31	70,49	2,13	0,055	0,13

Извлечение элементов из шихты в передельный ферросиликомарганец составило: марганца 84,5%; кремния 51,5%; железа 85,5% и фосфора 91,7%.

Сравнительный анализ технико-экономических показателей показал, что расход шихтовых материалов и электроэнергии в базовый и опытный периоды, были практически одинаковы [3].

Промышленные испытания кварцита Васильковского месторождения были проведены и на ПАО «НЗФ» в печи типа РПЗ-48М2 (63 МВ·А) при выплавке товарного ферросиликомарганца марки МнС17Р50 [3].

Гранулометрический состав Васильковского кварцита, в основном представлен фракцией 40-80 мм, в значительном количестве (до 18%) содержал мелкой фракции 0-25 мм. Результаты промышленных испытаний представлены в табл.2.

Таблица 2

Сравнительные технико-экономические показатели выплавки ферросиликомарганца с использованием Овручского и Васильковского кварцитов

Показатели	Овручский кварцит	Васильковский кварцит
Используемая мощность, МВт	35,9	36,2
Производительность, баз.т./сут.	228,8	231,5
Удельный расход материалов, кг/баз.т		
агломерата АМНВ-2(48% Mn)	1743	1729
кокса	393	397
кварцита	267	275
электроэнергии, кВт.ч/баз.т	3765	3752
Извлечение марганца, %	79,2	79,7
Извлечение кремния, %	42,8	41,9

Из данных табл. 2 следует, что применение в шихте Васильковского кварцита не ухудшает технико-экономические показатели выплавки ферросиликомарганца.

Кварцит Васильковского месторождения был подвергнут радиологическому обследованию и установлено, что мощность гамма-фона равнялась 12-18 микрорентген в час, что не превышает пределов естественного радиоизлучения[4].

Промышленные испытания кварцита Васильковского месторождения были положены в основу при разработке технических условий, именуемых «Кварцита Васильковского месторождения для производства ферросплавов» ТУ У В.2.7-14355988.002-2009.

В соответствии с нормами этих технических условий в Васильковском кварците регламентировано содержание кремнезема не ниже 96,5% мас. и глинозема не более 1,7% мас. Кварцит может поставляться ферросплавным заводам трех марок (табл. 3).

Суммарная удельная активность естественных радионуклидов в кварцитах для производства ферросплавов, должна соответствовать требованиям ДБН В.1.4-1.01 для I класса (не более 370 Бк·кг⁻¹).

Таблица 3

Нормы гранулометрического состава Васильковского кварцита по техническим условиям

Марка	Размер куска, мм		Содержание кусков, % по массе, с размером не более	
	максимальный	минимальный	выше максимального	ниже минимального
КВФ-100	100	45	10	10
КВФ-80	80	25	15	7
КВФ-30	30	20	10	5

Таким образом, сравнительный анализ результатов всех промышленных компаний с использованием кварцита Васильковского месторождения на ПАО «ЗФЗ» и ПАО «НФЗ» показал, что этот вид продукции может использоваться при выплавке кремнистых ферросплавов, что позволит украинским ферросплавщикам снизить себестоимость, улучшить качество продукции и тем самым повысить конкурентно-способность кремнистых ферросплавов на зарубежных рынках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчарук А.Н., Рогачев И.П., Ивашина А.Н. Анализ состояния украинского ферросплавного рынка//В кн. « Сучасні проблеми металургії» Том 6. Прогресивні енерго- і ресурсозберігаючі технології та обладнання в електрометалургії феросплавів. Дніпропетровськ, «Системні технології». – 2003. – С.28-32.
2. Гасик М.И. Проблемы рассыпания высокопроцентного ферросилиция с образованием токсичных газов//Сталь.- 1996, №8-С.26-30.
3. Зубов В.Л., Гасик М.И. Электрометаллургия ферросилиция. – Днепропетровск. – ГНПП «Системные технологии». – 2002- 704с.
4. Исследование концентрирования естественных радионуклидов шихтовых материалов в шлаках выплавки ферросилиция/М.И.Гасик, В.Л.Зубов, А.Н.Овчарук, В.В.Билаш// Металлургическая и горно-рудная промышленность. – 2004. – С.26-29.