

УДК 669.168.

С.Г. Грищенко, В.С. Куцин, А.Н. Овчарук, Д.В. Чаплыгин,
В.И. Ольшанский, И.Ю. Филиппов, А.Н. Таран

ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫПЛАВКИ СИЛИКОМАНГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОРЕАКЦИОННЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ

Качество углеродистых восстановителей имеет важное значение для выплавки ферросплавов в рудовосстановительных электропечах, во многом определяя полноту и кинетику извлечения из рудных материалов в сплав ведущих компонентов, структуру рабочего пространства печи, скорость схода шихтовых материалов и, как следствие, основные энергетические характеристики ферросплавного передела /1,2 /.

Основным «традиционным» видом углеродистых восстановителей, применяемых для производства массовых электроферросплавов, является металлургический кокс фракции 5 - 25 мм или 10 – 25 мм – т.н. «кокс – орех» или «кокстик». Выход такого кокса – ореха обычно составляет 3-5% от валового объема выпуска доменного кокса крупных фракций (более 25 мм), т.е. коксовый орех, по сути, является отходом от производства доменного кокса и не в полной мере отвечает специфическим требованиям производства ферросплавов в рудотермических электропечах.

Для кокса-ореха, в отличие от доменного кокса, прочностные физико-механические свойства не регламентируются, а реакционная способность восстановителя по отношению к оксидам металлов – кремнию, марганцу, хрому и др. - определяется по различным не стандартизованным методикам. Очевидно, что с учетом большей термодинамической прочности оксидов «ферросплавных» элементов по сравнению с оксидами железа, используемые в рудотермических печах углеродистые восстановители должны иметь достаточно высокую реакционную способность.

Для восстановителей, используемых при выплавке электроферросплавов, особенно большое значение имеет такой параметр, как *электросопротивление*, поскольку именно электросопротивление кокса определяет значение этого параметра для ферросплавных шихт в целом, особенно в верхних горизонтах ванны печи; однако действующими техническими условиями этот параметр не регламентируется.

Как показано в работе / 2 /, стремление технологов – ферросплавщиков максимально увеличить удельное электрическое сопротивление (УЭС) шихты при выплавке сплавов непрерывным процессом объясняется необходимостью уменьшить долю тока шихтовой проводимости и увеличить долю тока, проходящего через электрическую дугу – высокотемпературный источник тепла. При этом следует иметь в виду, что в области низких и умеренных температур, характерных для верхних горизонтов ванны печи (колошника) основные виды шихтовых материалов (руды, флюсы) фактически являются электрическими изоляторами, проводимость которых на порядок ниже, чем у используемых углеродистых восстановителей (исключение – металлическая стружка, применяемая в отдельных технологических процессах). Иными словами, «подавить» нежелательные процессы, связанные с прохождением тока через шихту и ее перегревом в районе колошника, возможно, прежде всего, путем

увеличения удельного электрического сопротивления восстановителя, как наиболее проводящего компонента шихты.

С участием авторов статьи, под руководством академика НАНУ М.И. Гасика на ПАО «Ясиновский коксохимический завод» (ПАО «ЯКХЗ») был разработан новый вид углеродистых восстановителей для производства ферросплавов в электропечах – специальный кокс-орех фракции 10–25 мм, имеющий высокие показатели реакционной способности и удельного электрического сопротивления. Он был успешно испытан при выплавке ферросиликомарганца в ПАО «Никопольский завод ферросплавов» – далее ПАО «НЗФ») и ферросилиция (в ПАО «Стахановский завод ферросплавов») /3-5/.

В 2014 г. был начат внедренческий этап работы и на НЗФ была осуществлена отгрузка промышленных партий опытного восстановителя. В апреле было отгружено 4,570 тыс. тонн коксового ореха фракции 10-25 мм, в мае – 7,132 тыс. тонн, в июле – 5,232 тыс. тонн. Таким образом, всего масса отгруженного опытного коксового ореха составила 16,934 тыс. тонн. В силу ряда организационных причин, с ЯКХЗ на НЗФ велась также поставка кокса каменноугольного: в июле было отгружено 13,477 тыс. тонн кокса фракции 20-80 мм и 2,008 тыс. тонн фракции 10-40 мм; в октябре – 10,101 тыс. тонн фракции 20-80 мм. Таким образом, общая масса отгруженного крупнокускового кокса каменноугольного составила 25,486 тыс. тонн.

Всего за период апрель – октябрь 2014 г. на НЗФ с ЯКХЗ было отгружено 42,420 тыс. тонн восстановителей фракций 10-25 мм, 10-40 мм и 20-80 мм.

При поступлении на НЗФ, 100% углеродистых восстановителей подвергались входному контролю. Сравнение средних динамических показателей коксовой продукции по сертификатам ЯКХЗ и входному контролю на НЗФ представлено в табл. 1.

Как видно из этих данных, наблюдается в целом высокая сходимость между динамическими показателями качества восстановителей по отгрузочным сертификатам ЯКХЗ и входным контролем партий восстановителей на НЗФ. Неизбежные расхождения в содержании влаги связаны с погодными условиями, учитывая пребывание груза в пути в открытых вагонах.

Таблица 1

Сравнение показателей качества восстановителей по данным ЯКХЗ и НЗФ (поставки 2014 г.)

Даты отгрузки	Марка восстан.	V, %	W, %	A, %	Фр. -10 мм	Фр.+25 (+40, +80) мм
12.04 - 30.04	Орех, фр.10-25 мм	Серт. ЯКХЗ	10,50	10,38	2,48	2,63
		Вх.контр.НЗФ	9,18	10,32	2,29	5,02
08.05 - 31.05	Орех, фр.10-25 мм	Серт. ЯКХЗ	7,30	10,56	4,17	6,30
		Вх.контр.НЗФ	6,95	10,40	5,3	7,2
13.07 - 31.07	Орех, фр.10-25 мм	Серт. ЯКХЗ	5,32	10,23	4,95	7,65
		Вх.контр.НЗФ	5,41	10,8	6,3	7,1
05.07 - 31.07	Кокс ККЗ. фр.20-80 мм	Серт. ЯКХЗ	6,29	10,00	4,49	3,61
		Вх.контр.НЗФ	6,2	11,3	4,3	4,3
19.07 - 31.07	Кокс фр.10-40 мм	Серт. ЯКХЗ	9,40	10,01	1,9	2,6
		Вх.контр.НЗФ	9,8	10,01	2,3	3,6
14.10 - 31.10	Кокс фр.20-80 мм	Серт. ЯКХЗ	5,51	10,97	4,64	10,70
		Вх.контр.НЗФ	6,0	10,4	4,8	9,5

Фракционный состав обычного кокса – ореха, поступающего от различных поставщиков до его подготовки на НЗФ (сортировки), характеризуется следующими данными (усреднено): содержание мелкой фракции 10–0 мм – до 6%, крупной фракции +25 мм – до 20%.

По заводским технологическим инструкциям (ТИ), состав сортированного кокса-ореха, подаваемого в плавильный цех, должен удовлетворять следующим требованиям: содержание фракции 5–0 мм – не более 15%, содержание фракции +25 мм – не более 10%, т.е. содержание целевой фракции 25–10 мм должно составлять не менее 75%.

Обычно в результате сортировки выход фракций после дробления и отсева составляет: фракция 5–0 мм – 14%; фракция 25–5 мм – 86%.

Средний технический состав специального восстановителя производства Ясиновского КХЗ составил: 11% А^с, 0,8% V^r, 1,5% S, 4,5% W. По техническому составу специальный восстановитель соответствовал качественной коксовой продукции для производства ферросплавов.

Подготовка сортированного кокса из специального восстановителя Ясиновского КХЗ производилась по действующей на заводе технологической схеме (рис.1), выход годного соответствовал установленной норме и составил 87%.

Кокс подавался на четырехвалковые дробилки, далее на грохот с ячейками 10Ч10 мм. После отсева подрешетная фракция 10–0 мм направлялась для использования в качестве аглодоплива на аглофабрике завода, а надрешетная (сортированный кокс фракции +10 мм) через систему промежуточных бункеров и конвейеров подавалась в печные бункера для дозирования.

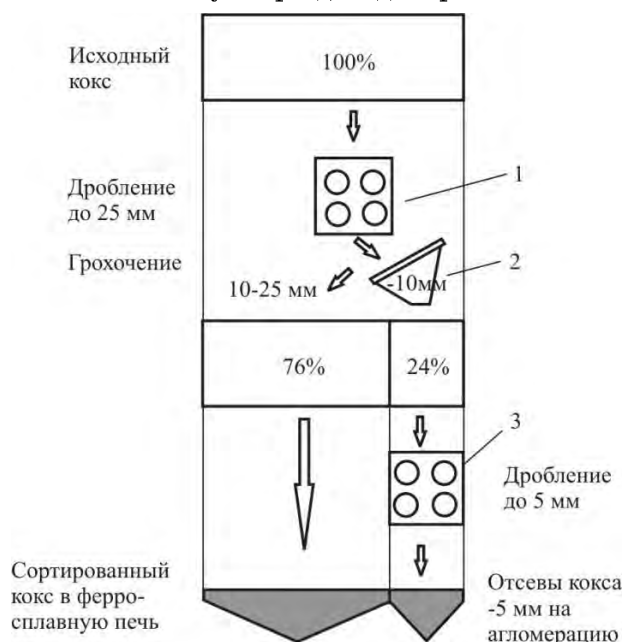


Рисунок 1 – Схема подготовки кокса дроблением и отсевом с выделением т.н. сортированного кокса для выплавки марганцевых ферросплавов и отсева фракции –5 мм для получения марганцевых агломератов:
1, 3 – четырехвалковые дробилки Д4Г; 2 – грохот ГСТ-42

Поступивший на завод кокс-орех производства ЯКХЗ по данным входного анализа в среднем характеризовался следующими показателями: содержание мелкой фракции 10–0 мм – 4,6%; кусковой фракции +25 мм – 6,4%. Эти данные несколько отличаются от сертификатов ЯКХЗ, но в целом находятся на уровне фактических показателей для обычного кокса – ореха других поставщиков.

Таблица 2

Характеристики восстановителей, применяемых на НЗФ в 2014 г. по данным входного контроля

Наименование	Хим. состав кокса, %				Химический состав золы кокса, %										УЭС мкОм ^{см}
	А ^С	V ⁺	S		Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₃ O ₃	MnO	P	SiO ₂	Al ₂ O ₃ +SiO ₂	Fe		
Кокс-орех 10-25 мм Украина Харьков	11.6				22.0	2.6	1.2	22.5	0.3	0.3	43.9	65.9	15.7	990	
Спецкокс орех 10-25 мм Украина Ясиновский КХЗ	10.6	1.7	1.3		20.6	3.6	1.5	30.1	0.1	0.3	36.1	56.7	21.1	1340	
Кокс-орех Венгрия	10.9	1.3	0.7		28.0	2.1	1.1	10.6	0.9	0.3	49.7	77.7	7.4	1049	
Кокс-орех 10-25 мм Польша	11.7	2.0	0.6		26.7	3.4	1.9	11.0	1.8	0.5	46.3	73.0	7.7	1150	
Кокс 10-25 мм Кемерово Россия	11.4	1.2	0.5		21.9	5.0	1.6	13.2	0.4	0.5	48.8	70.7	9.2	1020	
Доменный кокс 25-40 мм Харьков	11.4				20.9	2.3	1.0	29.9	0.4	0.1	38.6	59.5	20.9	1100	
Доменный кокс 25-40 мм Баглейкокс	11.7				21.9	3.7	1.3	19.3	0.3	0.4	44.4	66.3	13.5	1050	
Кокс К/У 10-40 Горловка Истэк	15.1	1.5	1.6		19.7	2.8	1.2	17.1	0.2	0.1	49.9	69.6	12.0		
Мелочь коксовая 0-40 Профбизнесторг	15.0	1.2	1.5		20.1	2.5	1.2	16.7		0.1	53.0	73.0	11.7		
Мелочь коксовая Баглейкокс	12.2				22.8	3.3	1.5	15.0	0.2	0.4	47.7	70.4	10.5	1100	
Мелочь коксовая Истэк Горловка	15.8	2.5	1.4		22.8	2.2	1.4	16.1	0.3	0.1	49.7	72.5	11.3		
Антрацит 0-6 Верхаус Луганск	17.3	5.9	0.8		20.3	1.6	1.3	16.0	0.2	0.1	51.9	72.2	11.2	5200	
Антрацит 13-25 Верхаус Луганск	9.2	4.3	1.1		16.1	1.9	1.0	23.6	0.1	0.2	51.2	67.3	16.5		
Антрацит Молодецкое	7.3	3.4	1.1		19.2	1.1	1.0	12.9	0.2	0.3	58.7	77.9	9.0		

После сортировки фракционный состав кокса-ореха ЯКХЗ характеризовался следующими данными: содержание фракции 5–0 мм – 4–11%, содержание фракции +25 мм – до 5%, что полностью соответствовало вышеприведенным требованиям ТИ.

Выход фракций после дробления и отсева при сортировке спецкокса составил: фракция 5–0 мм – 12%, фракция 25–5 мм – 87%, что также соответствует обычным данным.

В процессе работы представляло определенный практический интерес сопоставить средние качественные характеристики кокса-ореха производства ЯКХЗ с аналогичными материалами, поступающими в этот период на НЗФ от других поставщиков; результаты такого сравнения представлены в табл. 2.

Как видно из этих данных, именно кокс-орех производства ЯКХЗ имеет лучшие показатели по зольности - содержание золы 10,6% по сравнению с 10,9-15,1% у кокса-ореха других поставщиков. Содержание серы находится на уровне украинских поставщиков и, естественно, более высокое, чем для кокса-ореха импортного происхождения. Однако, для производства марганцевых ферросплавов повышенное содержание серы не имеет практического значения.

Обращает на себя внимание более высокое значения УЭС ясиновского кокса-ореха – 1340 мкОм.м по сравнению с 1060 мкОм.м в среднем для всех других поставщиков, т.е. в 1,26 раза выше; этот параметр, как отмечалось выше, играет важную роль при выплавке ферросплавов в рудотермических электропечах.

Парк рудотермических печей цеха производства ферросплавов НЗФ насчитывает 16 печей, в т.ч. 2 круглые печи типа РКО-23,5 МВА; 4 круглые герметичные типа РКГ-75 МВА производства японской фирмы «Танабэ» и 8 прямоугольных печей – 7 типа РПЗ-48(63) и одну – герметичную типа РПГ- 63И1 (печь № 6). Напомним, что именно в печи № 6 была в июне 2013 г. успешно проведена опытная компания по выплавке ферросиликомарганца с использованием высокорекреакционного спецкокса производства ЯКХЗ / 5 /.

Вид в разрезе прямоугольной печи типа РПЗ-48(63) приведен на рис.4.1

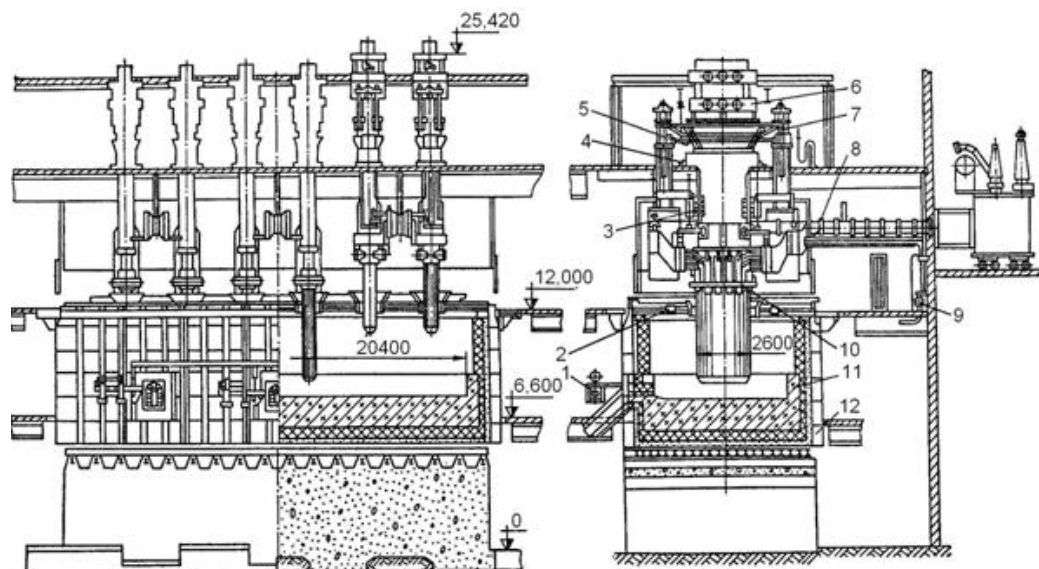


Рисунок 4.1 – Рудовосстановительная закрытая электропечь с прямоугольной ванной типа РПЗ-48(63) мощностью 63 МВА с прямоугольными электродами:

- 1 – аппараты для прожигания леток; 2 – свод; 3 – устройство для фиксации электрододержателя; 4 – уплотнения; 5 – система гидропривода;
- 6 – устройство для перепуска электродов; 7 – гидроподъемник;
- 8 – короткая сеть подвода электроэнергии к электроду прямоугольного сечения;
- 9 – система водоохлаждения электроконтактных медных щек и нажимного кольца;
- 10 – электрододержатель; 11 – футеровка; 12 – кожух

В период освоения технологии использования опытного восстановителя, выплавка ферросиликомарганца велась только в прямоугольных печах №№ 1-6 и №№ 13-16. Параметры прямоугольных печей НЗФ, в которых велась выплавка ферросиликомарганца в течение 2014 г, представлены в табл.3 (по данным / 6 /).

Таблица 3

Параметры прямоугольных рудотермических печей для
выплавки марганцевых ферросплавов НЗФ

Наименование параметров	Значение параметров	
	РПЗ-6ЗИ1	РПЗ-48(63)
Тип печи	РПЗ-6ЗИ1	РПЗ-48(63)
Конструктивные признаки	Рудовосстановительная, герметичная со стационарной прямоугольной ванной, с установленной мощностью трансформатора 63МВА	Рудовосстановительная, закрытая со стационарной прямоугольной ванной, с установленной мощностью печного трансформатора 48(63) МВА
Кол-во трансформаторов, шт	3	3
Номинальная мощность 1 трансформатора, кВА	21000	21000
Первичное напряжение, кВ	154	154
Вторичное напряжение, В	238-130	238-130
Число ступеней трансформатора, шт	33	33
Максимальный ток электрода, кА	119,2	119,2
Количество электродов, шт	6	6
Тип электрода	Самообжигающийся, прямоугольного сечения	Самообжигающийся, прямоугольного сечения
Размеры электрода в сечении, мм	750 x 3000	650 x 2800
Расстояние между осями электродов, мм	3600	3300
Размеры плавильного пространства, мм длина ширина высота	23000 8200 4500	20740 7900 3600
Скорость перемещения электродов, мм/мин	300–600	300–600
Максимальный ход электродов, мм	1200	1200
Высота летки над подиной, мм	500	450
Количество леток, шт.	3	3
Диаметр летки, мм	105	105

В силу ряда организационных причин, оказалось невозможным выделить одну из силикомарганцевых печей для работы полностью с использованием восстановителя производства ЯКХЗ; опытный восстановитель расходовался по мере его поступления («с колес») одновременно на всех печах завода. Только в отдельные периоды (июль и август 2014 г.) кокс-орех производства ЯКХЗ был основным видом используемых восстановителей.

Сведения о химическом составе сырья, используемого для выплавки ферросиликомарганца в июле-августе 2014 г., приведены в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав марганцеворудного сырья при проведении плавки ферросиликомарганца на НЗФ в июле-августе 2014 г.

Вид сырья	Содержание компонентов, % мас.							
	Mn	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe	P	W _{вл}
Агломерат АМНВ-2П	39,55	25,6	7,9	2,6	–	2,2	0,18	–
Руда ЮАР КК37	37,8	6,0	15,2	3,1	0,3	4,4	0,02	3,0
Руда ЮАР КК42	43,4	4,9	7,3	1,1	0,6	13,4	0,039	1,8
Руда Австралия КК49НЖ	53,4	7,4	1,1	0,5	1,3	2,8	0,03	3,0
Руда Гана МК28 *)	29,1	13,4	5,4	3,7	2,3	2,7	0,09	2,4

*) п.п.п.- 29,8%.

Плавки ферросиликомарганца проводились по обычной технологии непрерывным процессом с закрытым шихтой колошником и периодическим выпуском продуктов плавки. Технологические показатели (обобщенно для всех печей завода в июле-августе 2014 г.) приведены в табл. 4.3.

Таблица 5

Показатели выплавки ферросиликомарганца с использованием кокса-ореха Ясиновского КХЗ в июле-августе 2014 г.

Показатели	Период	
	Июль 2014 г.	Август 2014 г.
Удельный расход сырья, кг/баз. тонн		
- Агломерат марки АМНВ2П	1151	979
- Руда ЮАР КК37	351	–
- Руда ЮАР КК42	111	–
- Руда Австралия КК49НЖ	–	280
- Руда Гана МК48	–	292
- Всего Mn сырья (48% Mn)	1613	1551
- Кокс сортированный	428	414
- кварцит	432	390
- отходы		
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/б.т.	4004	3970
Содержание в сплаве, %		
- марганец	72,5	72,8
- кремний	17,7	17,65
- фосфор	0,257	0,26
Извлечение марганца в сплав, %	88,9	89,5
Кратность шлака	1,45	1,39
Содержание марганца в шлаке, %	11,43	11,58

Как показала работа группы печей в анализируемые периоды, использование кокса-ореха Ясиновского КХЗ не вызывало отклонений в газовом и электрическом режимах выплавки ферросиликомарганца. Как и в ходе предыдущих опытных компаний, отмечена более низкая посадка электродов в шихту в опытный период (примерно на 150–200 мм), что свидетельствует о большей технологичности опытного кокса.

Технологические показатели производства ферросиликомарганца с использованием кокса - ореха Ясиновского КХЗ были довольно высокими как в 1-й подкомпании (июль 2014 г.), так и во 2-й (август 2014 г.). Отличительной особенностью первой подкомпании было использование сырья с несколько более низким содержанием марганца – руды ЮАР двух типов с содержанием марганца 37,8-43,4%.

Во второй подкомпании использовалась австралийская руда с высоким содержанием марганца – 53,4% и руда из Ганы с содержанием марганца 29,1%. Однако, ганская руда имеет карбонатную природу и характеризуется высоким значением содержания п.п.п. – на уровне 29,8% (табл.4). Элементарный расчет показывает, что в прокаленной руде из Ганы содержание марганца составит 41,4%. Таким образом, во второй подкомпании содержание марганца в рудной части можно принять в среднем на уровне 45 %, т.е. примерно на 3-4% выше, чем в первой подкомпании.

Разница в содержании марганца повлияла на то, что во второй подкомпании отмечено более высокое извлечение марганца в сплав, снижение кратности шлака, т.е. снижение потерь марганца со шлаком. Также во второй подкомпании был более низкий удельный расход электроэнергии. Это не противоречит литературным данным /7/ относительно влияния фактора содержания марганца в рудной части шихты на ТЭП выплавки марганцевых ферросплавов.

Можно сделать вывод о том, что технологический процесс выплавки ферросиликомарганца с использованием сортированного кокса, полученного из кокса-ореха Ясиновского КХЗ, характеризовался стабильным газовым и электрическим режимами, удовлетворительным выпуском расплава, оптимальной величиной перепуска электродов.

Качество ферросиликомарганца, полученного в опытный период, по содержанию марганца (72–73%), кремния (17,6–17,8%) и фосфора (0,25–0,28%) не отличалось от стандартных значений и соответствовало требованиям стандарта (ДСТУ 3548-97. Ферросиликомарганец. Общие технические условия.). Техно-экономические показатели получения ферросиликомарганца соответствовали плановым (утвержденным нормам).

В табл.6. представлены основные ТЭП выплавки сплава, приведенные к единой базе по качеству марганцеворудного сырья и уровню использования металлосодержащих отходов производства.

Таблица 6

Технико-экономические показатели выплавки ферросиликомарганца с использованием кокса-ореха производства ЯКХЗ

Удельный расход	Июль 2014 г.		Август 2014 г.	
	норма	факт	норма	факт
Марганцевого сырья, кг/б.т.	1646	1613	1570	1551
Кокса сортированного (восстановителя), кг/б.т.	432	428	432	414
Кварцита, кг/б.т.	417	432	419	390
Электроэнергии, кВтч/б.т.	4115	4004	3988	3970

Как видно из приведенных в табл.6. данных, фактическое снижение удельного расхода электроэнергии в опытный период по сравнению с базовым периодом (нормой) составило в июле 111 кВт.ч/баз.т, в августе – 18 кВт.ч/баз.т (как указывалось выше, при использовании более богатого сырья в августе была заложена соответственно и более низкая норма расхода электроэнергии).

Фактические удельные расходы марганцевого сырья, кокса и кварцита снизились в среднем (по данным табл. 4.6) на 26; 11 и 12 кг/баз.т. соответственно.

Всего в ходе освоения технологии на НЗФ в 2014 г. было использовано около 50 тыс. тонн восстановителя производства Ясиновского КХЗ и выплавлено более 120 тыс. тонн ферросиликомарганца.

Опираясь на данные, представленные технической службой завода, выполнен расчет экономической эффективности использования спецвосстановителя производства ЯКХЗ при выплавке ферросиликомарганца (табл.7).

Таким образом, экономический эффект по результатам освоения технологии составил 156,90 грн. на 1 тонну ферросиликомарганца или 378,99 грн. в пересчете на 1 тонну сортированного восстановителя производства ЯКХЗ.

С учетом объема выплавки в 2014 г. ферросиликомарганца (120 тыс. тонн) с использованием восстановителей производства ЯКХЗ, экономический эффект составил 18828 тыс. грн.

Выводы

Ясиновским КХЗ в 2014 году освоена технология производства специальных восстановителей для выплавки ферросплавов в электропечах, с использованием в шихте для коксования значительной части (до 70%) молодых малометаморфизованных углей, что обеспечивает более высокую реакционную способность и повышенное значение УЭС.

Таблица 7

Расчет экономической эффективности использования кокса Ясиновского КХЗ при выплавке MnC17 на НЗФ.

1. Исходные данные по использованию сортированного кокса

Наименование ресурса	Выход годного, %	Цена без НДС с ж.д. тарифом, грн	Базовый вариант		Опытный вариант		Отклонение	
			кол-во, т/т	сумма, грн	кол-во, т/т	сумма, грн	кол-во, т/т	Суммагрн
Кокс - орех 10-25 Харьков	87	3150	0.75	2362.5			-0.75	-2362.5
Коксовая мелочь Баглейкокс	15	1980	0.06	118.8			-0.06	-118.8
Коксовая мелочь 0-25	36	3765	0.07	263.55			-0.07	-263.55
Кокс-орех ЯКХЗ 10-25	87	3135			0.85	2664.75	0.85	2664.75
Антрацит АМ	100	3144	0.12	377.28	0.15	471.6	0.03	94.32
ИТОГО			1	3122.13	1	3136.35		14.22
Цена сортированного кокса				3122.13		3136.35		

2. Расчет экономической эффективности

Наименование ресурса	Цена, грн	Базовый вариант		Опытный вариант		Отклонение	
		кол-во, т/т	сумма, грн	кол-во, т/т	сумма, грн	кол-во, т/т	сумма, грн
Агломерат АМНВ-2П	3800	1.024	3891.2	0.979	3720.2	-0.045	-171
Руда Австралия КК49НЖ	4600	0.27	1242	0.28	1288	0.01	46
Руда Гана МК48	2500	0.276	690	0.292	730	0.016	40
Всего марганцевого сырья		1.57	5823.2	1.551	5738.2	-0.019	-85
Кокс сортированный		0.432	1348.76	0.414	1298.45	-0.018	-50.31
Кварцит	102	0.419	42.738	0.39	39.78	-0.029	-2.96
Электроэнергия технологическая	1035	3.988	4127.58	3.97	4108.95	-0.018	-18.63
Итого на 1 баз.т MnC17			11342.28		11185		-156.9

Входной контроль качественных характеристик опытного материала, отгуженного на НЗФ, позволяет сделать вывод о том, что восстановители

производства ЯКХЗ относятся к качественной коксовой продукции и имеют ряд преимуществ по сравнению с коксом-орехом других поставщиков. Так, УЭС ясиновского кокса-ореха составляет 1340 мкОм.м по сравнению с 1060 мкОм.м в среднем для всех других поставщиков, т.е. в 1,26 раза выше, что имеет важное значение для технологии выплавки электроферросплавов.

В промышленных условиях рудотермических печей Никопольского завода ферросплавов освоена технология выплавки ферросиликомарганца с использованием кокса-ореха производства Ясиновского КХЗ. Фактическое снижение удельного расхода электроэнергии в опытный период по сравнению с базовым периодом (нормой) составило в июле 111 кВт.ч/баз.т, в августе – 18 кВт.ч/баз.т (при использовании более богатого сырья в августе была заложена соответственно и более низкая норма расхода электроэнергии).

Фактические удельные расходы марганцевого сырья, кокса и кварцита снизились в среднем на 26; 11 и 12 кг/баз.т. соответственно.

Всего на НЗФ в 2014 г. было использовано около 50 тыс. тонн восстановителя производства Ясиновского КХЗ и выплавлено более 120 тыс. тонн ферросиликомарганца с его применением. Рассчитанный экономический эффект по результатам освоения технологии составил 156,90 грн. на 1 тонну ферросиликомарганца или 378,99 грн. в пересчете на 1 тонну сортированного восстановителя производства ЯКХЗ.

С учетом объема выплавки ферросиликомарганца (120 тыс. тонн сплава MnC17) с использованием в 2014 г. восстановителей производства ЯКХЗ, экономический эффект составил 18828 тыс. грн.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мизин В.Г., Серов Г.В. Углеродистые восстановители для ферросплавов. М., Металлургия, 1976. – 272 С.
2. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Теория и технология электрометаллургии ферросплавов. М., СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ, 1999. – 764 С.
3. Грищенко С.Г., Гасик М.И., Овчарук А.Н., Таран А.Ю. и др. Использование высокорекреационного кокса-орешка при производстве ферросплавов. Сталь. 2007. № 8. С.53.
4. Gryshchenko S.G., Gasik M.I., Ovcharuk A.N. a.o. Production of special kinds of carbonaceous reducing agents for ferroalloy smelting. // Proceedings of INFACON XIII. The thirteenth international ferroalloys congress Efficient Technologies in Ferroalloy Industry. June 9-12.2013. Almaty, Kazakhstan. v. 1, v.p. 505-510.
5. Gryshchenko S.G., Ovcharuk A.N., Olshansky V.I. a.o. Mastering of Ferrosilicon Manganese Melting with Highly Reactive Reducing agent. // Proceedings of INFACON XIV. The fourteenth international ferroalloys congress. Energy efficiency and environment friendliness are the future of the global ferroalloy industry. May 31-June 4. Kiev. Ukraine, v. 1, v.p. 65-72.
6. Рудовосстановительные электропечи и технология производства марганцевых ферросплавов (под ред. Куцина В.С. и Гасика М.И.) // Куцин В.С., Величко Б.Ф., Гасик М.И. и др. Днепропетровск. НМетАУ. 2011. С. 508.
7. Люборец И.И., Овчарук А.Н., Ганцеровский О.Г. и др.. Результаты комплексных исследований по оптимизации производства марганцевых ферросплавов. // Сучасні проблеми металургії. Том 2. Електротермічне виробництво феросплавів і кольорових металів на стику ХХ і ХХІ століть: підсумки, проблеми, перспективи розвитку. Дніпропетровськ: Системні технології. 2001. С. 97-102.