



УДК 669.21

Поступила 10.06.2013

О. М. ГРУДНИЦКИЙ, А. В. ФЕКЛИСТОВ, А. В. ДЕМИН, А. И. РОЖКОВ,
В. В. НИКОЛАЕВ, ОАО «БМЗ» – управляющая компания холдинга «БМК»

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛИЗОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ФОСФОРА В УСЛОВИЯХ ОАО «БМЗ» – УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «БМК»

Показано, что экономически целесообразно использование металлизированных окатышей с повышенным содержанием фосфора в условиях ОАО «БМЗ», произведенных в Боливарианской Республике Венесуэла.

It is shown that it is economically reasonable to use metallized pellets with a high content of phosphorus in the environment of "BMP", produced in the Bolivarian Republic of Venezuela.

В конце 20-го века получила распространение бескоксовая металлургия. С помощью углеводородного топлива из железной руды получают новые виды полуфабрикатов: горячбрикетированное железо (ГБЖ) и восстановленные (металлизированные) окатыши, которые можно использовать вместо металлолома в электрометаллургии. Сейчас эта технология бурно развивается.

Основными производителями металлизированных окатышей и ГБЖ являются страны, имеющие богатые запасы углеводородов: Венесуэла, Россия, страны Персидского залива. Пущенный в 1984 г. Белорусский металлургический завод был построен для переработки металлолома, образующегося в БССР и соседних с ней областях России и Прибалтики. Для изготовления высококачественного металлокорда стали применять металлизированные окатыши производства Оскольского электрометаллургического комбината. Оскольский электрометаллургический комбинат, являясь монополистом по производству окатышей в нашем регионе, удерживает высокие цены на свою продукцию. Горячбрикетированное железо ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» также получает из одного источника – ОАО «Лебединский ГОК». Освоение собственных, белорусских месторождений железорудного сырья экономически нецелесообразно, так как, помимо глубокого залегания и низкого содержания железа в руде, цена на природный газ будет всегда намного выше, чем в Рос-

сии, Венесуэле и странах Персидского залива. В связи с этим для ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» остро стоит задача поиска альтернативных производителей/поставщиков металлизированных окатышей и ГБЖ.

В октябре 2010 г. на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» была доставлена опытная партия ГБЖ из Венесуэлы, имеющего высокое содержание фосфора. Опытные плавки показали техническую возможность его использования на заводе для производства всего сортамента металлопродукции, но с ограничением – не более 20 т на плавку.

В апреле 2012 г. на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» поступила опытная партия металлизированных окатышей, произведенных компанией «SIDOR S. A.» в Боливарианской Республике Венесуэла, содержание фосфора в которых в 5,3 раза превысило содержание фосфора в окатышах производства ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат».

Требования к химическому составу материала по контракту, данные сертификата качества и входного контроля приведены в табл. 1. Для сравнения также представлены средние значения данных входного контроля по 26 пробам металлизированных окатышей производства ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат».

Необходимо отметить следующее. Материал поступал железнодорожным транспортом в откры-

Т а б л и ц а 1. Химический и фракционный составы металлизированных окатышей

Металлизированные окатыши	Химический состав, %						Фракционный состав, %	
	Fe _{общ}	Fe _{мет}	степень металлизации	C	P	S	< 6,35 мм	> 6,35 мм
Требования контракта	≥ 88	–	≥ 90	≥ 1,5	≤ 0,16	≤ 0,0034	≤ 5,0	≥ 95,0
Сертификат качества	90,37	–	91,39	2,18	0,10	0,0009	1,58	98,42
Средние значения входного контроля	88,6	84,7	95,6	2,2	0,058	0,003	4,7	95,3
ОАО «ОЭМК» данные входного контроля	90,8	86,7	95,5	1,9	0,011*	0,004	< 3 мм 0,7	

тых полувагонах. Выгрузка окатышей из полувагонов производилась на площадки у повышенных железнодорожных путей. На указанных площадках ковшевыми автопогрузчиками окатыши перегружали в грузовой автомобильный транспорт (самосвалы «БелАЗ»), который осуществлял их транспортировку до участка подготовки, переработки, подачи сырья и материалов ЭСПЦ-2. На УППСиМ осуществляли выгрузку окатышей из грузового транспорта в систему приема и транспортирования металлизированных окатышей, с помощью которой они подавались в силоса для хранения. При проведении таких операций происходило загрязнение окатышей остатками других материалов и мусором. Из-за просыпей часть окатышей была потеряна.

Недоработки в логистике привели к описанным выше дополнительным транспортным операциям, повлекшим за собой излишние материальные затраты. Это связано с отсутствием возможности выгрузки материалов из открытых полувагонов в систему приема и транспортирования металлизированных окатышей на УППСиМ (аналогичный материал (оскольские окатыши) поступает в вагонах-«окатышевозах», которые выгружаются непосредственно в систему приема и транспортирования металлизированных окатышей на УППСиМ).

В апреле – июне 2012 г. было отмечено повышение частоты замены контейнеров для сбора пыли при аспирации во время подачи металлизированных окатышей в силоса хранения и при подаче окатышей в бункер ДСП-3.

Потери материала при транспортировке внутри предприятия, выгрузке и аспирации составили 575,009 т или 5,28 %, что превышает нормативы потерь (3,70 %) для металлизированных окатышей.

Испытания опытной партии металлизированных окатышей фактически разделились на два этапа. На первом этапе определяли возможность и способ использования опытного материала.

Испытания опытной партии металлизированных окатышей, произведенных в Боливарианской Республике Венесуэла, начались на основном марочном сортаменте. Первоначально подача окатышей в ДСП-3 осуществлялась из высотного бункера,

после расплавления металлошихты завалки (подвалки) – по существующей технологии выплавки кордовой стали. Это привело к значительному росту содержания фосфора.

Таким образом, было определено, что при существующей на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК» стандартной технологии выплавки стали кордового назначения отсутствует возможность удаления (в необходимых количествах) из расплава фосфора, поступающего в него из присаживаемого опытного материала в окислительный период.

Здесь необходимо сделать поясняющее отступление. В период плавления металлошихты в ДСП происходит окисление ее составляющих, формируется шлак, происходит частичное удаление в шлак фосфора и серы. Окислительный период начинается с того, что из печи сливают 65 – 75 % шлака, образовавшегося в период плавления. Слив шлака производят для того, чтобы удалить из печи перешедший в шлак фосфор. Удалив шлак, в печь присаживают новую порцию шлакообразующих материалов.

В течение окислительного периода идет дефосфорация металла по реакции: $2[P] + 5(FeO) + 3(CaO) = (3CaO \cdot P_2O_5) + 5Fe$. Для успешного протекания реакции необходимы высокие основность шлака и концентрация оксидов железа в нем, а также сравнительно низкая температура. Полнота дефосфорации повышается в результате перемешивания шлака и металла при кипении и вследствие непрерывного обновления шлака (слив шлака и периодические добавки новых порций шлакообразующих). Коэффициент распределения фосфора между шлаком и металлом $(P_2O_5)/[P]$ изменяется в пределах 50–100, обычно возрастающая при росте основности и окисленности шлака.

В практике сталеплавильного производства ОАО «БМЗ» основная доля удаляемого фосфора уходит из расплава со скачиваемым шлаком после периода плавления. Далее происходит быстрый набор температуры расплавом, что не удовлетворяет условиям дефосфорации. Также ввиду высокого содержания в шлаке оксидов кремния (уже окис-

ленного и продолжающего окисляться в ходе всего периода) не выполняется первое условие.

С целью улучшения условий для протекания процесса дефосфорации было принято решение о присадке окатышей в процессе расплавления завалки (основная часть) и подвалки (оставшаяся часть). Отдача окатышей на жидкую ванну была сведена к минимуму. До выпуска расплава из ДСП-3 производилось скачивание максимального количества шлака. Все это позволило минимизировать прирост содержания фосфора к моменту выпуска стали из печи. При попадании печного шлака в стальковш его скачивание производилось в обязательном порядке. После отработки данной технологии было принято решение об испытаниях опытного материала при производстве сталей кордового назначения.

Испытания продолжились на двух плавках стали марки 70Б, на которые было отдано по 20 т опытных окатышей, и после получения положительного результата по содержанию фосфора было принято решение о продолжении испытаний при производстве стали марки 70 К. В ходе испытаний расход окатышей постепенно увеличивали с 20 до 30 т на плавку, при этом содержание фосфора в металле по 82-й пробе не превышало 0,010 %, что удовлетворяло требованиям. По результатам этих испытаний было принято решение об использова-

нии опытных окатышей при производстве всех марок стали кордового назначения.

В ходе первого этапа испытаний окатыши, произведенные в Боливарианской Республике Венесуэле, были использованы на 209 плавках стали кордового назначения. Их расход находился в пределах 11–53 т на плавку и в среднем составил 29 т на плавку. Для сравнительной оценки была использована выборка из 526 плавков стали кордового назначения, которые выплавлялись (в ходе тех же либо соседствующих кордовых кампаний) согласно действующей технологии с использованием металлургических окатышей производства ОАО «ОЭМК». С целью подбора оптимальных условий использования опытные и сравнительные плавки группировали по количеству использованных при выплавке стали окатышей. Данные опытных и сравнительных плавков (средние значения) приведены на рис. 1, 2, а также в табл. 2.

Из рисунков следует, что при использовании металлургических окатышей производства ОАО «ОЭМК» содержание фосфора в металле кордового назначения перед выпуском расплава из ДСП не изменяется при изменении количества их присадки в ДСП. Тем не менее, наблюдается прирост содержания фосфора по ходу дальнейшей обработки металла, который обусловлен восстановлением фосфора из шлака, попавшего в ковш при выпуске

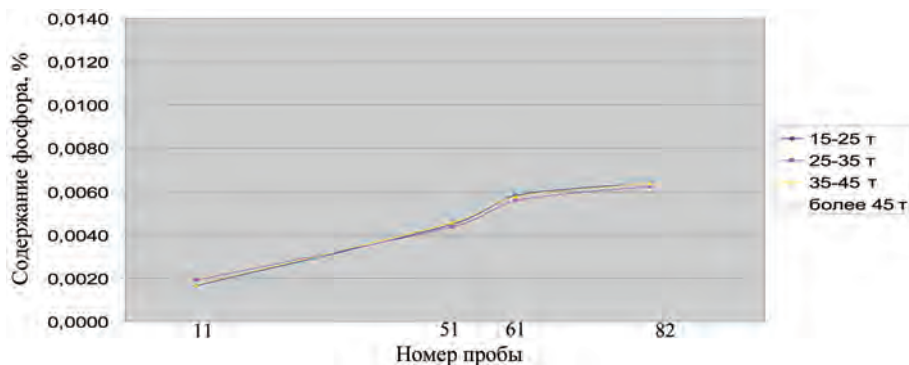


Рис. 1. Изменение содержания фосфора в металле кордового назначения по ходу производства в ЭСПЦ-2 при использовании металлургических окатышей производства ОАО «ОЭМК»

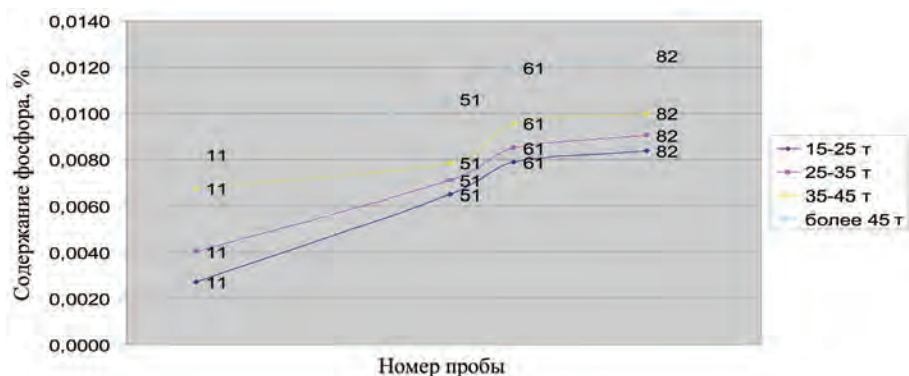


Рис. 2. Изменение содержания фосфора в металле кордового назначения по ходу производства в ЭСПЦ-2 при использовании металлургических окатышей производства «SIDOR S. A.»

расплава из ДСП и вносимого фосфора, входящего в состав присаживаемых материалов. Прирост содержания фосфора в металле от выпуска расплава из ДСП до разливки стали в среднем составляет 0,0048 %.

При использовании металлизированных окатышей производства «SIDOR С. А.» содержание фосфора в металле кордового назначения перед выпуском расплава из ДСП увеличивается при увеличении количества их присадки в ДСП, притом, что их присадка производилась в период, благоприятный для удаления фосфора. Так, содержание фосфора в металле перед выпуском расплава из ДСП при использовании от 15 до 25 т в среднем составляло 0,0027 %, а при использовании более 45 т – 0,0082 %. Прирост содержания фосфора в металле от выпуска расплава из ДСП до разливки стали соответствовал аналогичному приросту при использовании металлизированных окатышей производства ОАО «ОЭМК» и в среднем составил 0,0045 %.

Из табл. 2 видно, что при использовании окатышей производства «SIDOR С. А.» до 35 т на плавку технологические показатели выплавки опытных плавков соответствуют аналогичным показателям выплавки сравнительных плавков, при использовании свыше 35 т на плавку окатышей производства «SIDOR С. А.» происходит снижение выхода годного металла, увеличение длительности плавки общее и под током, соответственно увеличивается расход электроэнергии.

Основываясь на данных по содержанию фосфора в металле перед выпуском расплава из ДСП и технологических показателях выплавки, было принято решение о дальнейшем использовании опытных окатышей с расходом от 30 до 40 т на плавку.

На втором этапе происходила отработка технологии присадки металлизированных окатышей в ДСП с оптимальным расходом в 30–40 т на плавку, производился набор статистических данных для последующей оценки эффективности применения опытного материала.

Показатели (средние значения) выплавки опытных плавков на втором этапе испытаний и показатели выплавки сравнительных плавков (с использованием металлизированных окатышей производства ОАО «ОЭМК»), выплавка которых осуществлялась в период в период испытаний, приведены в табл. 3.

Из таблицы следует, что при использовании окатышей производства «SIDOR С. А.» со средним расходом 35 т на плавку технологические показатели выплавки опытных плавков соответствуют аналогичным показателям выплавки сравнительных плавков.

Отработанная в ходе испытаний технология, при которой присадка окатышей осуществляется в процессе расплавления завалки (основная часть) и подвалки (оставшаяся часть), позволяет обеспечить требуемое содержание фосфора в стали кор-

Т а б л и ц а 2. Сравнительные данные использования окатышей

Окат на плавку	Плавка	Шихта, кг	Окат, кг	Масса годного, кг	Выход годного, %	Известь, кг/т год	Доломит, кг/т год	Электроэнергия, кВт·ч/т год	Длительность плавки, мин	Работа под током, мин	Температура слива, °С
15–25	Опытная	116403	20475	106067	91	52	6	441	57	41	1637
	Сравнительная	117489	20891	106707	91	53	9	448	58	42	1628
	+/-	-1086	-416	-640	0	-1	-3	-7	-1	-1	9
25–35	Опытная	124366	28922	108773	87	53	9	452	60	44	1628
	Сравнительная	124106	29323	112141	90	53	9	450	60	44	1625
	+/-	260	-401	-3368	-3	0	0	2	0	0	3
35–45	Опытная	125727	38287	109555	87	54	9	463	59	43	1613
	Сравнительная	125431	38458	110567	88	54	9	445	57	42	1628
	+/-	296	-171	-1012	-1	0	0	18	2	1	-15
> 45	Опытная	132344	47024	108485	82	59	10	508	64	47	1545
	Сравнительная	127167	51695	110922	88	58	9	474	60	46	1610
	+/-	5177	-4671	-2437	-6	1	1	34	4	1	-65

Т а б л и ц а 3. Сравнительные данные использования металлизированных окатышей на втором этапе испытаний

Плавка	Шихта, кг	Окат, кг	Масса годного, кг	Выход годного, %	Известь, кг/т год	Доломит, кг/т год	Электроэнергия, кВт·ч/т год	Длительность плавки, мин	Работа под током, мин	Температура слива, °С
Опытная 106	129972	35287	111559	86	54	9	448	59	43	1604
Сравнительная 64	128869	37924	109204	85	52	7	448	58	42	1643
+/-	1103	-2637	2355	1	2	2	0	1	1	-39

дового назначения при использовании до 40 т металлизированных окатышей со средним содержанием фосфора 0,06%. При поступлении материала с большим содержанием фосфора максимально допустимое к использованию на одной плавке количество окатышей подлежит корректировке в сторону снижения.

Выполненный расчет показал экономическую целесообразность использования металлизированных окатышей, произведенных в Боливарианской Республике Венесуэла. Работа по подбору альтернативных производителей/поставщиков металлизированных окатышей и ГБЖ продолжается.