

УДК 669.162

Лукьянов А. В.,
Зубенко А. В.,
Ивасенко В. В.

(Филиал № 2 «ЕМЗ» ЗАО «Внешторгсервис», г. Енакиево, ДНР)

ЭФФЕКТИВНАЯ РАБОТА АГЛОДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ФИЛИАЛА № 2 «ЕМЗ» ЗАО «ВНЕШТОРГСЕРВИС» ПРИ РАСШИРЕНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ШИХТЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И ОКАТЫШЕЙ

С целью уменьшения удельного расхода минерального сырья при выплавке чугуна заданного качества в условиях Филиала № 2 «ЕМЗ» ЗАО «Внешторгсервис» опробована и внедрена технология подготовки металлургических отходов к аглодоменному переделу, позволившая увеличить расход вторичных ресурсов на 27 кг/т агломерата и улучшить прочность агломерата на 2,36 %. Повышение качества агломерата, распределение шихтовых материалов по сечению колошника, обеспечивающих самообновление защитного гарнисажа, позволило сократить вынос колошниковой пыли на 4,3 кг/т чугуна и уменьшить расход кокса на 19,6 кг/т чугуна, повысить конкурентоспособность продукции Филиала № 2 «ЕМЗ» ЗАО «Внешторгсервис» (далее ЕМЗ) даже при дополнительных затратах на подготовку аглошихты к спеканию.

Ключевые слова: вторичные ресурсы, качество агломерата, доменная плавка, расход кокса.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Особенность металлургического производства — высокая материалоемкость и энергоемкость продукции при значительном накоплении техногенных отходов, что ухудшает экологическую обстановку в регионах добычи и переработки железных руд [1].

В результате обеспечения доменного производства ЕМЗ шихтовыми материалами в агломерационной и доменной шихтах содержатся 22–25 % вторичных ресурсов от массы всех железосодержащих и флюсовых материалов на 1 т чугуна. Ситуация с шихтовыми материалами осложняется тем, что доля частично офлюсованных окатышей в составе шихтовых материалов периодически может изменяться от 20 до 55 %, вызывая необходимость изменения химического состава агломерата в достаточно широком диапазоне. В связи с увеличением доли вторичных ресурсов в составе агломерационной шихты и возросшим количеством окатышей в доменной шихте улучшение стабильности состава и свойств агломерата, а также разработка программ распределения шихтовых материалов по сечению ко-

лошника, обеспечивающих сохранность футеровки доменных печей, приобретают особую актуальность.

Постановка задачи. Анализ шихтовых условий на Енакиевском металлургическом заводе показывает, что основной вклад в нестабильность химического состава в доменной шихте вносит агломерат ЕМЗ. В составе агломерационной шихты наиболее нестабилен по химическому составу и свойствам штабель концентратной смеси, включающий концентрат и вторичные ресурсы. При увеличении основности агломерата изменения в химическом составе увеличиваются. Так, например, повышение основности агломерата на 0,3 ед. увеличивает выход агломерата второго сорта на 2,5–3,0 %.

Анализ технологических параметров работы агломерационного и доменного цехов показал, что использование в составе доменной шихты высокоосновного агломерата и значительной доли окатышей существенно отражается на гранулометрическом составе и свойствах доменного отсева.

Изложение материала и его результаты. Для изучения и предотвращения негативных явлений, связанных с увеличением

доли окатышей в железорудной части шихты, проведены лабораторные спекания аглошихты переменной основности с разными вторичными ресурсами, в том числе с отсевом окатышей в составе концентратной смеси и в условиях дополнительной грануляции, либо с отсевом окатышей и шламом.

Лабораторные спекания производились с основностью 1,8 ед. при использовании в составе аглошихты концентрата, аглоруды Яковлевского месторождения, конвертерного шлака, шлама, окалина и переменного количества отсева окатышей или гранулированных промышленных вторичных отходов. Удельные расходы компонентов аглошихты при использовании отсева окатышей или гранулированных промышленных вторичных отходов определяли такими, чтобы расход концентрата, руды, конвертерного шлака, известняка и вторичных ресурсов на 1 т агломерата оставался постоянным. Расход гранулированных отходов увеличивали за счет дополнительного сокращения шлама.

Анализ результатов исследований показал:

- вертикальная скорость спекания аглошихты при вводе отсева окатышей в количестве до 85 кг/т агломерата остается на базовом уровне;
- прочность агломерата при содержании отсева окатышей более 85 кг/т и недоомковании шихты резко падает;
- замена отсева окатышей в количестве 85 кг/т гранулами из отсева окатышей и шлама приводит к увеличению скорости спекания на 7,6 % (с 21,63 до 23,26 мм/мин), прочность агломерата при этом увеличивается на 3,8 %.

Расчетно-аналитические исследования прогнозных показателей доменной плавки на основе результатов лабораторных и промышленных агломератов позволили управленческим и технологическим службам оценить риски дополнительных затрат на подготовку аглошихты к спеканию и

принять решение о проведении опытно-промышленных исследований.

Технико-экономические показатели (ТЭП) работы агломерационного цеха ЕМЗ периодах 2013 г. Представлены в таблице 1.

Согласно анализу ТЭП работы агломерационного цеха при замене части вторичных ресурсов гранулированными металлургическими отходами:

- выход агломерата второго сорта сократился на 2,3 %, в среднем основность агломерата повысилась с 1,5 до 1,85 ед.;
- прочность агломерата ($B_{>5}$) повысилась на 2,4 %;
- соотношение концентрат/аглоруда уменьшилось с 1,36 до 1,24;
- количество вторичных ресурсов увеличилось на 26,4 кг/т агломерата;
- постоянство состава агломерата по основности улучшилось на 7,5 %.

Опыт работы металлургических комбинатов с повышенной долей окатышей в железорудной части доменной шихты показывает неоднозначность изменений ТЭП доменной плавки при замене части агломерата окатышами. В одних случаях это сопровождается уменьшением расхода кокса, увеличением производительности печей, в других — ухудшением ТЭП при снижении стойкости плавильного агрегата [2].

Практика работы доменных печей с применением окатышей в шихте и анализ их поведения при восстановительно-тепловой обработке выявили негативные особенности поведения окатышей в процессе доменной плавки: агрессивное воздействие на футеровку шахты, снижение стойкости воздушных фурм, склонность к самопроизвольному перераспределению на поверхности засыпи.

На протяжении ряда лет научные сотрудники и технологи доменных цехов металлургических комбинатов СНГ исследовали состав и свойства расплавов шихтовых материалов и добавок, чтобы опре-

Таблица 1

Технико-экономические показатели работы агломерационного цеха ЕМЗ в 2013 г.

Показатель	Период работы	
	Базовый	Опытный
Производство агломерата, т	195049,7	202962,1
Выход агломерата 2-го сорта, %	5,1	2,8
Удельная производительность, т/(м ² · сут)	1,17	1,14
Скорость агломерации, м/мин	1,1	1,2
Вертикальная скорость спекания, мм/мин	17,4	16,8
Расход на 1 т агломерата:		
рудная часть, кг	590,9	551,0
концентрат аглоруды, отн. ед.	1,36	1,24
вторичные железорудные материалы, кг	355,3	382,1
гранулированные отходы, кг	3,8	74,2
флюсы, кг	221,7	274,8
коксовая мелочь (сухой вес), кг	45,2	40,4
Содержание Fe в агломерате, %	50,6	49,8
Основность агломерата (CaO/SiO ₂)	1,5	1,85
Б _{>5} (прочность), %	71,0	73,4
Б _{<0,5} (истираемость), %	5,2	4,9
Содержание, %:		
фракции 0 – 5 мм в агломерате	13,6	14,9
углерода в аглошихте	3,9	3,8
Укладка по содержанию, %:		
Fe (± 1,0 %)	53,8	56,3
CaO/SiO ₂ (± 1,0)	47,0	54,5

делить рациональный состав смеси компонентов в пристеночной зоне, обеспечивающий благоприятные условия образования гарнисажа, его стабильность и непрерывное обновление. Проведенные ранее аналитические, лабораторные и промышленные исследования позволили сформулировать требования к железорудным материалам, загружаемым в пристеночную зону для формирования защитного гарнисажа в нижней части шахты доменных печей, футерованных высокотеплопроводящими материалами [3, 4]. Исследования показали, что для формирования устойчивого гарнисажа в нижней зоне доменной печи необходимо получить жидкоподвижный (вязкостью < 8 Пз), низкотемпературный железистый расплав массой более 10 % массы загружаемого железорудного материала. Вязкопластичное состояние мате-

риала и его капельное течение должны находиться в температурном диапазоне 1270–1350°C. Для самообновления гарнисажа содержание FeO в жидкоподвижном первичном шлаковом расплаве должно быть в пределах 12–15 %. Для его наращивания на высокотеплопроводной футеровке содержание FeO в первичном шлаковом расплаве целесообразно увеличить до 18–25 %.

Получить расплав, обеспечивающий необходимый гарнисажеобразующий состав в пристеночной зоне доменной печи, можно при проплавке агломерата заданного химического состава либо смеси агломерата, окатышей, кусковой руды и шлака конвертерного производства. До проведения опытных плавов, включающих изменение доли окатышей в составе железорудной части шихты от 20 до 55 % с корректировкой основности

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

агломерата и вводом до 3 % конвертерного шлака, были проведены лабораторные плавки смесей железорудных материалов с разными долями окатышей и основностями агломерата и определены состав и свойства первичных шлаковых расплавов. По результатам лабораторных плавов были определены требования к распределению шихтовых материалов по сечению доменной печи и подготовлена матрица изменения режимов их загрузки, обеспечивающих в пристеночной зоне доменной печи постоянство состава и свойств первичных шлаковых расплавов

при перешихтовках. Несмотря на то, что доля окатышей в железорудной части шихты изменялась от 20 до 55 %, корректировка режима загрузки позволила стабилизировать в пристеночной зоне температуры полной потери газопроницаемости железорудного слоя и начала фильтрации жидких фаз через коксовую насадку, при этом содержание FeO в первичном шлаке в пределах 15°C и 2,5 % соответственно.

ТЭП работы ДП № 3 ЕМЗ в базовом на протяжении 2013 г. представлен в таблице 2.

Таблица 2

Технико-экономические показатели работы доменной печи № 3 ЕМЗ в 2013 г.

Показатель	Период работы	
	Базовый	Опытный
1	2	3
Полезный объем, м ³	1719	1719
Производство чугуна, т	80316,4	85539
Среднесуточное производство, т	2722,2	2885,4
Съем, т/м ³	1,5832	1,678
Рудная нагрузка, т/т	3,4648	3,4712
Расход на 1 т чугуна, кг:		
руда железная	35,02	12,12
агломерат	1246	959
окатыши	479,2	762,18
известняк	7,74	8,6
конвертерный шлак	78,36	59,78
брикеты Mn-содержащие	5,1	12,72
кокс скиповый (сухой)	500,88	481,24
коксовый орешек (сухой)	33,54	38,04
Потери от измельчения, кг/т	21,3	18,18
Расход природного газа, м ³ /т	43,28	44,18
Вынос колошниковой пыли (сухой), кг/т	43,12	38,82
Выход шлака, кг/т	459,36	417,5
Состав чугуна, %		
Si	0,684	0,612
Mn	0,322	0,458
S	0,0452	0,0524
P	0,0906	0,093
Содержание Fe в шихте, %	53,36	54,018
Дутье:		
расход в печи, м ³ /мин	3238	3235,4
давление, кПа	273,4	282,0
температура, °C	1129,4	1130,8

Продолжение таблицы 2

1	2	3
содержание O ₂ , %	21,66	21,7
Колошниковый газ:		
давление, кПа	166,2	168,2
температура, °С	302,8	186,4
содержание CO ₂ , %	14,58	13,38
Состав шлака:		
MgO, %	5,604	5,086
FeO, %	0,474	0,272
CaO/SiO ₂	1,184	1,184
Расход железа на 1 т чугуна, кг	993,58	980,82
Количество прогоревших фурм	23	20

Анализ приведенных данных показывает, что улучшение качества агломерата, в том числе за счет частичной грануляции металлургических отходов, корректировка программ загрузки шихтовых материалов при изменении соотношения долей агломерата и окатышей в составе доменной шихты позволили:

– уменьшить расходы (на 1 т чугуна): железа — с 994 до 981 кг, ЖРС — на 2,45 % (с 1846 до 1800 кг), кокса — с 500,8 до 481,2 кг/т;

– увеличить стабильность теплового состояния доменной печи ([Si] уменьшилось с 0,68 до 0,61 %);

– сократить на 13 % количество сгоревших фурменных приборов.

Выводы

Установлено, что замена части металлургических отходов гранулами, полученными из отсева окатышей, шлама, колошниковой пыли позволила стабилизировать химиче-

ский состав агломерата. Показано, что выбор рационального состава аглошихты, замена части неподготовленных отходов гранулами, обеспечение контроля подготовки аглотоплива к спеканию позволили увеличить расход вторичных ресурсов на 27 кг на 1 т агломерата и улучшить прочность агломерата на 2,36 %. Увеличение содержания Fe_{общ} в шихте, повышение качества агломерата, разработка программ распределения шихтовых материалов по сечению колошника доменной печи, обеспечивающих самообновление защитного гарнисажа, позволили сократить вынос колошниковой пыли на 4,3 кг/т чугуна, уменьшить количество сгоревших фурм на 13 % и сократить расход кокса на 19,6 кг/т чугуна. Таким образом, несмотря на дополнительные затраты на подготовку аглошихты к спеканию агломерата, конкурентоспособность продукции Филиала № 2 «ЕМЗ» ЗАО «Внешторгсервис» повысилась.

Библиографический список

1. Большаков, В. И. Направления развития металлургического комплекса Украины [Текст] / В. И. Большаков, Л. Г. Тубольцев // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии*. — Днепропетровск : Изд-во «Визион», 2012. — Вып. 26. — С. 3–5.
2. Большаков, В. И. Опытно-промышленная апробация технологии доменной плавки с повышенной долей окатышей [Текст] / В. И. Большаков, В. Н. Логинов, М. Ю. Суханов и др. // *Сталь*. — 2006. — № 1. — С. 6–11.
3. Нестеров, А. С. Взаимодействие первичных шлаковых расплавов с оксидными огнеупорными материалами доменного производства [Текст] / А. С. Нестеров, В. И. Большаков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. — 2005. — № 1. — С. 8–11.

4. Большаков, В. И. Влияние химического состава и свойств железорудных материалов на характер формирования гарнисажных масс [Текст] / В. И. Большаков, А. С. Нестеров, Н. М. Можаренко и др. // Сталь. — 2009. — № 4. — С. 7–11.

© Лукьянов А. В.

© Зубенко А. В.

© Ивасенко В. В.

Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М.

Статья поступила в редакцию 06.10.17.

Лук'янов А. В., Зубенко О. В., Івасенко В. В. (Філія № 2 «ЄМЗ» ЗАТ «Внешторгсервіс», м. Єнакієве, ДНР)

ЕФЕКТИВНА РОБОТА АГЛОДОМЕНОГО ВИРОБНИЦТВА ФІЛІЇ № 2 «ЄМЗ» ЗАТ «ВНЕШТОРГСЕРВІС» ПРИ РОЗШИРЕННІ ВИКОРИСТАННЯ В ШИХТІ ВТОРИННИХ РЕСУРСІВ І ОБКОТИШІВ

З метою зменшення питомої витрати мінеральної сировини при виплавленні чавуну заданої якості в умовах Філії № 2 «ЄМЗ» ЗАТ «Внешторгсервіс» випробувано і впроваджено технологію підготовки металургійних відходів до аглодоменого переділу, що дозволила збільшити витрату вторинних ресурсів на 27 кг/т агломерату і полішити міцність агломерату на 2,36 %. Підвищення якості агломерату, розподіл шихтових матеріалів по перетину колошника, що забезпечують самовідродження захисного гарнісажу, дозволило скоротити винос колошникового пилу на 4,3 кг/т чавуну і зменшити витрату коксу на 19,6 кг/т чавуну, підвищити конкурентоспроможність продукції Філії № 2 «ЄМЗ» ЗАТ «Внешторгсервіс» (далі ЄМЗ) навіть при додаткових витратах на підготовку аглошихти до спікання.

Ключові слова: вторинні ресурси, якість агломерату, доменна плавка, витрата коксу.

Lukyanov A. V., Zubenko A. V., Ivashenko V. V. (Branch No. 2 "EISW" CJSC "Vneshtorgservice", Yenakievo, DPR)

EFFICIENT OPERATION OF THE AGGLOMERATION SECTION OF BRANCH NO. 2 "EISW" OF CJSC "VNESHTORGSERVICE" WITH THE EXPANSIVE USE OF SECONDARY RESOURCES AND PELLETS IN THE CHARGE

In order to reduce the specific consumption of mineral raw materials during iron melting of the specified quality, in the conditions of Branch No. 2 of "EISW" CJSC Vneshtorgservice, the preparation technology of metallurgical wastes for the agglomeration concentrate was tested and introduced, that allowed increasing the secondary resources consumption by 27 kg / t of agglomerate and improving the agglomerate strength for 2.36 %. Improving the agglomerate quality, the distribution of charge materials along the cross-section of the top, which provides self-renewal of the protective skull, provided reducing the blast furnace flue dust removal by 4.3 kg / ton of pig iron and to reduce coke consumption by 19.6 kg/ton of pig iron, to increase the products competitiveness of Branch No. 2 CJSC Vneshtorgservice (hereinafter EISW), even with additional costs for the agglomerate preparation for sintering.

Key words: secondary resources, quality of agglomerate, blast furnace melting, coke consumption.