



Использование в составе агломерационной шихты гранулированного сырья, содержащего отходы коксохимического производства

Технология утилизации мелкодисперсных железосодержащих отходов металлургического производства путем ввода их в состав агломерационной шихты после предварительной грануляции ранее рассматривалась [1] и была внедрена на Енакиевском металлургическом заводе. На ряде коксохимических предприятий Украины скопилось значительное количество (десятки тысяч тонн) углеродсодержащих отходов коксохимического производства. В статье рассмотрена целесообразность их использования в качестве компонента шихты при гранулировании мелкодисперсных железосодержащих шламов. Табл. 5. Библиогр.: 3 назв.

Ключевые слова: коксовая мелочь, агломерация, гранулированное сырье, твердое топливо, остаточный углерод, агломерационная шихта

Analyzed earlier technology of utilization of fine-disperse iron containing waste products of iron and steel production by means of their introducing into the charge for sintering after preliminary granulation [1] was implemented at Enakievo iron and steel works. Thousands of tons of carbon containing waste products have accumulated at various coke oven plants in Ukraine. The advisability of utilization of such waste products under the granulation of fine iron containing sludge was analyzed in the article. The article contains 5 tables and 2 references.

Keywords: coke breeze, sintering process, granulated raw materials, solid fuel, residual carbon, sintering charge

Одним из основных направлений развития для черной металлургии Украины является стремление к безотходной технологии металлургического производства и создание конкурентоспособной металлургической продукции. В агломерационном производстве это достигается такими мероприятиями, как улучшение газопроницаемости окомкованной агломерационной шихты, увеличение высоты спекаемого слоя, снижение расхода твердого топлива, улучшение качества агломерата. В доменном производстве одним из факторов повышения производительности доменных печей и снижения удельного расхода кокса на выплавку чугуна является использование железорудного сырья (агломерата и окатышей) с остаточным содержанием углерода.

Специалистами Корпорации «Укрпромпереработка» предложено в состав шихты для производства брикетов из тонкодисперсных отходов металлургического производства вводить мелкодисперсные углеродсодержащие отходы коксохимического производства. Целью предложения является частичная или полная замена традиционного твердого топлива (коксовой мелочи и антрацитового штыба), вводимого в состав агломерационной шихты, топливом, входящим в состав гранул, полученных из железоуглеродсодержащих брикетов. Кроме того, это дает возможность получать агло-

мерат с более высоким содержанием остаточного углерода.

Проведены экспериментальные исследования влияния ввода в состав агломерационной шихты железоуглеродсодержащих брикетов на процесс спекания агломерата, его химический состав, выход годного и механические свойства.

В ходе исследований использовались гранулы, содержащие 10, 20 и 30 % углеродистых отходов. Количество гранул в составе агломерационной шихты составляло 100 и 150 кг на тонну агломерата.

Увеличение количества гранул в агломерационной шихте сопровождалось соответствующим уменьшением в её составе доли железной руды.

Лабораторные спекания агломерационной шихты проведены с расходом обычного твердого топлива в шихте как без учета его наличия в гранулированном сырье, так и с учетом поступления топлива с гранулированным сырьем из расчета постоянства общего его содержания на уровне 3,8 % от массы шихты.

За базовый состав агломерационной шихты приняты данные ПАО «Енакиевский металлургический завод».

Состав экспериментальных агломерационных шихт представлен в табл. 1.

Таблица 1. Состав агломерационных шихт

Состав шихты	Расход гранул	Компоненты шихты, %										
		Гран. сырье	Тверд. топливо	Железн. руда	Концентрат	Кол. пыль	Шлам	Отсев а-та	Окалина	Известняк	Доломит	Известь
Базовый	0	-	3,8	24,1	25,7	4,5	9,3	13,3	1,3	8,9	5,4	3,7
10 % кокс. мелочи в гранулах	100 кг/т а-та	12,8	4,0	12,9	27,3	4,8	9,9	14,1	1,4	3,2	5,7	3,9
		13,0	2,8	13,0	27,7	4,8	10,0	14,4	1,4	3,0	5,8	4,0
	150 кг/т а-та	20,2	2,25	6,9	28,9	5,1	10,5	14,9	1,5	0	5,6	4,2
20 % кокс. мелочи в гранулах	100 кг/т а-та	12,8	4,0	12,7	27,3	4,8	9,9	14,2	1,4	3,19	5,7	3,9
		13,1	1,5	13,2	28,1	4,9	10,2	14,6	1,4	2,8	5,9	4,0
	150 кг/т а-та	20,8	0,2	7,0	29,7	5,2	10,7	15,3	1,5	0	5,3	4,3
30 % кокс. мелочи в гранулах	100 кг/т а-та	12,8	4,0	12,9	27,3	4,8	9,9	14,1	1,4	3,2	5,7	3,9
		13,4	0,2	13,5	28,6	5,0	10,4	14,8	1,4	2,6	6,0	4,1
	150 кг/т а-та	20,8	0	7,0	29,7	5,2	10,7	15,4	1,5	0	5,3	4,3

Ввод в состав агломерационной шихты гранулированных отходов с различным содержанием коксовой мелочи с заменой ими части железной руды производили с соответствующим изменением расхода твердого топлива и известняка при практически неизменном содержании в шихте остальных компонентов.

В ходе проведения исследований определяли газопроницаемость окомкованной агломерационной

шихты, вертикальную скорость спекания, выход годного и прочностные качества агломерата, его химический состав.

Газопроницаемость окомкованной агломерационной шихты определяли по перепаду статического давления воздуха, продуваемого через слой шихты высотой 150 мм. В табл. 2 представлены полученные результаты при расходе воздуха 100 м³/час.

Таблица 2. Газодинамическое сопротивление слоя окомкованной агломерационной шихты

Состав шихты	Базовый	10 % кокс. мелочи в гранулах		20 % кокс. мелочи в гранулах		30 % кокс. мелочи в гранулах	
		100 кг/т а-та	150 кг/т а-та	100 кг/т а-та	150 кг/т а-та	100 кг/т а-та	150 кг/т а-та
Потери давления в слое, мм вод. ст.	90	62	54	64	51	62	50

Газодинамическое сопротивление окомкованной шихты значительно уменьшается, что объясняется уменьшением в составе шихты комкуемой части, в которой представлены концентрат и мелкие фракции железной руды.

Вертикальная скорость спекания при разрежении под колосниковой решеткой 1000 мм вод. ст. для различного состава агломерационной шихты представлена в табл. 3.

ДОМЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Таблица 3. Вертикальная скорость спекания агломерационных шихт различного состава

Состав шихты	База	10 % кокс. мелочи в гранулах		20 % кокс. мелочи в гранулах		30 % кокс. мелочи в гранулах	
		100 кг/т а-та	150 кг/т а-та	100 кг/т а-та	150 кг/т а-та	100 кг/т а-та	150 кг/т а-та
Высота слоя, мм	190	190	190	190	190	190	190
Время спекания, мин	9,0	7,0	10,5	9,5	8,0	10,0	10,5
Вертикальная скорость спекания, мм/мин	21,1	27,1	18,1	20,0	23,8	19,0	18,1

Скорость спекания в ряде экспериментов не соответствует газопроницаемости окомкованной агломерационной шихты. Средняя вертикальная скорость спекания с вводом в состав агломерационной шихты гранулированного сырья (21 мм/мин) осталась на уровне базового состава шихты, что не соответствует газопроницаемости окомкованной шихты. Газопроницаемость окомкованной шихты является функцией эквивалентного диаметра частиц, который увеличивается с увели-

чением до определенного оптимального уровня увлажнения шихты в процессе окомкования. Этот оптимум не соответствует оптимальной влажности шихты при её спекании. Вертикальная скорость спекания выше у недоувлажненной шихты, что объясняется меньшим разрушением гранул шихты в зоне переувлажнения.

Выход годного агломерата и показатели его прочности представлены в табл. 4.

Таблица 4. Выход годного и прочностные качества агломерата из шихт различного состава

Состав шихты	База	10 % кокс. мелочи в гранулах		20 % кокс. мелочи в гранулах		30 % кокс. мелочи в гранулах	
		100 кг/т а-та	150 кг/т а-та	100 кг/т а-та	150 кг/т а-та	100 кг/т а-та	150 кг/т а-та
Выход годного агломерата, %	80,9	81,40	81,20	80,10	82,30	80,90	84,50
Прочность на удар, %	67,0	66,30	67,0	66,60	67,40	68,10	69,10
Прочность на истирание, %	7,38	6,90	7,40	7,45	6,90	7,46	7,40

Выход годного агломерата (фракции + 5 мм после дробления) при вводе в состав шихты гранулированных отходов в среднем на 0,8 % выше по сравнению с базовым составом агломерационной шихты. Прочность на удар (выход фракции более 5 мм после испытания в барабане по

ГОСТ 15173-77, СТ СЭВ 1151-78) на 0,4 % выше по сравнению с базовым составом шихты (67,4 % против 67,0 %).

Химический состав агломерата, полученного в ходе экспериментальных исследований, представлен в табл. 5.

Таблица 5. Химический состав агломерата

Состав шихты	Расход топлива, %	Содержание, %						
		Fe	FeO	CaO	SiO ₂	MgO	C	CaO/SiO ₂
Базовый	3,8*	51,8	17,1	10,1	10,0	0,8	0,19	1,01
10 % кокс. мелочи в гранулах	4*+1,3**	54,0	21,0	11,5	10,8	0,8	0,36	1,08
	2,8*+1,3**	52,3	19,9	11,2	11,2	0,4	0,29	1,00
	2,25*+2,0**	53,4	25,8	10,1	11,6	0,4	0,18	0,90
20 % кокс. мелочи в гранулах	4*+2,6**	53,0	23,1	12,8	9,6	1,1	0,32	1,33
	1,5*+2,6**	54,4	14,9	11,5	11,2	0,4	0,18	1,03
	0,2*+4,1**	53,6	19,2	11,7	10,4	1,0	0,2	1,12
30 % кокс. мелочи в гранулах	4*+4**	53,0	24,0	13,2	9,2	1,1	0,25	1,43
	0,2*+4,0**	53,5	18,7	12,0	9,5	1,0	0,28	1,26
	0*+6,2**	53,5	24,5	12,2	8,7	1,2	0,33	1,40

* - топливо, вносимое коксиком.

** - топливо, вносимое гранулами.

Повышенный расход топлива увеличивает содержание остаточного углерода в агломерате. Среднее содержание углерода при этом составило 0,31 %, увеличившись по сравнению с базовым вариантом на 0,12 %. Эффективность использования в доменной плавке железорудного сырья с остаточным углеродом рассчитана по методике, предложенной Д. А. Ковалевым и др. [2]:

- принимаем расход агломерата – 1,7 т/т чугуна;
- увеличение остаточного углерода в агломерате – 0,12 %;
- с агломератом дополнительно вносится углерода:

$$0,01 \cdot (1700 \cdot 0,12) = 2,04 \text{ кг С/т чугуна};$$

- дополнительные затраты тепла на реакцию $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO} - 152,62 \text{ МДж/моль}$ (12,72 МДж/кг С) составят:

$$12,72 \cdot 2,04 = 25,95 \text{ МДж/т чугуна};$$

- дополнительно выделится СО:
 $2,04 \cdot 22,4 / 12 = 3,81 \text{ м}^3 \text{ СО/т чугуна}.$

Принимаем на основании экспериментальных данных [2] η_{CO} в куске – 100 %, а в печном газе – 40 %.

Дополнительное эквивалентное количество СО в газе для восстановления железа составляет:

$$3,81 : 0,4 = 9,52 \text{ м}^3/\text{т чугуна}.$$

За счет увеличения степени использования СО в куске дополнительно возрастает степень косвенного восстановления и в доменном процессе экономится теплота в количестве:

$$9,52 \cdot 25,95 / 3,81 - 25,95 = 38,89 \text{ МДж/т чугуна},$$

что эквивалентно дополнительной экономии углерода:

$$38,89 / (9,797 \cdot 0,75) = 5,29 \text{ кг/т чугуна}.$$

Суммарная экономия углерода:

$$5,29 + 2,04 = 7,33 \text{ кг/т чугуна}.$$

Расчетная экономия кокса:

$$7,33 / (0,85 \cdot 0,95) = 9,1 \text{ кг/т чугуна},$$

где 0,85 – содержание углерода в коксе, доля ед.; 0,95 – степень использования углерода кокса, доля ед.

Ввод в состав агломерационной шихты гранулированного сырья, содержащего коксовую мелочь, позволяет спекать агломерат без использования дополнительного твердого топлива, сохраняя при этом прочностные качества агломерата (см. табл. 1).

Использование гранулированного сырья в составе агломерационной шихты увеличивает содержание железа в агломерате с 51,8 % (базовое)

до 53,4 % (среднее с гранулами), т. е. на 1,6 %, что увеличивает производительность доменных печей на $1,6 \cdot 2 = 3,2$ % и снижает удельный расход кокса на $1,6 \cdot 1 = 1,6$ % [3, стр. 222].

Выводы

1. Ввод в состав гранулированных отходов коксовой мелочи значительно улучшает показатели агломерационного и доменного производства за счёт того, что:

- уменьшается или исключается ввод в состав агломерационной шихты твердого топлива;
- увеличивается количество остаточного углерода в агломерате;
- увеличивается выход годного агломерата;
- частично или полностью выводится из состава агломерационной шихты известняк;
- снижается степень окисленности агломерата.

2. Ввод в состав агломерационной шихты гранулированных отходов металлургического производства снижает содержание в ней железной руды, увеличивает долю комкующей части шихты, улуч-

шает гранулометрический состав окомкованной шихты, что положительно влияет на её газопроницаемость.

3. Увеличение содержания железа и FeO в агломерате положительно влияет на технико-экономические показатели доменной плавки: увеличивается производительность доменных печей, снижается удельный расход кокса на выплавку чугуна.

Библиографический список

1. Рациональное использование шламов в составе агломерационной шихты / В. П. Русских, В. Б. Семакова, Д. Е. Шапиро-Никитин и др. // Металлург. и горноруд. пром-сть. - 2013. - № 5. - С. 3-6.
2. Теоретические основы производства окомкованного сырья / Д. А. Ковалев, Н. Д. Ванюкова, В. П. Иващенко и др. – Днепропетровск.: ИМА-прес, 2011. - 476 с.
3. Е. Ф. Вегман. Краткий справочник доменщика. – Москва: Металлургия. - 1981. - 238 с.

Поступила 06.02.2014

УДК 669.162.1

Мных А. С. /к. т. н./,
Пазюк Ю. М. /к. т. н./

Запорожская государственная инженерная академия

Ашихмин В. Д.
ОАО «Запорожсталь»

Наука

Моделирование распределения частиц полидисперсной шихты по высоте слоя на аглоленте

Предложено для повышения точности моделирования закономерностей распределения фракций загружаемой агломерационной шихты по высоте слоя использование дополнительно условия сохранения баланса грансостава сыпучего материала до и после его укладки на спекательные тележки. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

Ключевые слова: сегрегация, шихта, загрузочный лоток, барабанный питатель

It has been suggested for increasing accuracy of regularities modeling for fractions distribution of loaded sintering according to the layer height to use additional conditions for preserving of granulometric composition of bulk material balance before and after laying it on the sintering machine truck.

Keywords: segregation, charge, charging trough, drum-type feeder

Введение

Агломерационный процесс является основным источником сырья для доменного производства. От качества получаемого агломерата зависит дальнейшая себестоимость производимой металлургической продукции. Загрузка шихты на аглоленту является одним из основных технологических процессов определяющих получение качественного агломерата. Понимание закономерностей распределения фракций шихты по высоте слоя, возможность моделирования и дальнейшего управления рассматриваемым процессом позволит повысить качество получаемого агломерата.

В работах [1, 2] проведено исследование факто-

ров влияющих на разделение классов крупности шихты по высоте слоя, определены реальные значения коэффициентов трения различных фракций загружаемого материала для конкретных условий работы технологического оборудования. Однако полученные зависимости $h_i = f(d_i)$, $f_2' = f(d_i)$ обладают определенными недостатками в связи с трудоемкостью экспериментов и ограниченностью использования полученных результатов условиями загрузки, при которых проводились исследования. При изменении условий формирования слоя изменятся значения коэффициентов трения качения f_1 и скольжения f_2 фракций сыпучего материала.