

В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, проф.,
Ф.М. ЖУРАВЛЕВ, И.А. ЛЯХОВА, Д.А. КАССИМ, кандидаты техн. наук, доц.,
Е.В. ЧУПРИНОВ, А.К. ТАРАКАНОВ, д-р техн. наук, проф.,
КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В СПЕКАЕМОМ СЛОЕ АГЛОШИХТЫ

Разные участки спекаемого слоя аглошихты обрабатываются неодинаковым по величине тепловым потоком, просасываемых через слой газов, что влияет как на удельный расход твердого топлива на процесс, так и на металлургические характеристики агломерата. В лабораторных условиях изучены и определены оптимальные параметры твердого топлива в верхнем и нижнем участках слоя, обеспечивающих снижение его удельного расхода и улучшение металлургических характеристик агломерата.

Исследованиями авторов [1-3] показано, что при слоевом спекании аглошихты на конвейерных агломерационных машинах верхний и нижний горизонты слоя получают разное количество тепла от сгорания в слое твердого топлива. Верхнему горизонту спекаемого слоя не хватает 40-50 % от необходимого количества тепла, в то же время нижний горизонт слоя получает, за счет регенерированного тепла просасываемыми газами в верхних горизонтах слоя, до 70 % избыточного тепла. Это приводит как к ухудшению средних значений металлургических характеристик всего слоя агломерата, так и к перерасходу удельного расхода твердого топлива. Предложенные и испытанные в промышленных условиях варианты изменения технологии и загрузочного устройства шихты на агломашину для увеличения количества твердого топлива в верхнем горизонте слоя и, соответственно, увеличения прихода в этот слой тепла, а также импульсная подача и сжигание в слое газа не дали ожидаемых результатов [4-6]. Изучено влияние крупности и реакционной способности твердого топлива в аглошихте на агломерационный процесс и свойства агломерата, определена оптимальная (0-3 мм) крупность топлива и пределы его количества в смесях с разной реакционной способностью [7-10]. Разработана и изучена технология двухслойного спекания аглошихты с разным количеством твердого топлива в каждом слое [11-14]. При определенном усложнении технологической схемы подготовки и укладки двух шихт на агломашину, такая технология позволяет, за счет перераспределения количества твердого топлива в верхнем и нижнем слоях, повысить прочностные характеристики агломерата. Однако, при этом несколько увеличивается газодинамическое сопротивление спекаемого слоя и повышается содержание в его верхней части остаточного углерода. Следовательно, не все возможности этой технологии исчерпаны и требуются ее усовершенствования.

С учетом отмеченного выше, проведены лабораторные исследования по отработке режимов спекания двухслойных шихт с разными количествами, крупностью и реакционной способностью твердого топлива в каждом слое. Исследования проводились на полупромышленной установке (типа «аглочаша»), позволяющей моделировать промышленный процесс. Методикой проведения работы предусматривалось, что количество и физико-химические характеристики железорудной и флюсовой составляющей в верхнем и нижнем слоях аглошихты во всех испытаниях были постоянными. Химический состав и теплотехнические характеристики используемых твердых топлив в слоях аглошихты также не изменялись. Изменялись только количество, крупность и реакционная способность твердого топлива в верхнем и нижнем слоях загружаемой в аглочашу агломерируемой шихты. Газодинамические и температурные параметры спекания аглошихты во всех испытаниях также выдерживались постоянными. Спекалась базовая шихта, в которую вводилось заданное количество твердого топлива. Затем (в первой серии опытов) составлялись и спекались шихты (по две в каждом опыте), в одну из которых вводилось разное количество одинаковой крупности (0-3 мм) твердого топлива с низкой ($CRI < 37\%$) реакционной способностью, а во вторую – разное количество твердого топлива с высокой ($CRI > 37\%$) реакционной способностью. После смешивания и окомкования каждой шихты, шихта с низкорреакционным топливом загружалась в аглочашу в нижнюю половину слоя, а шихта с вы-

сокорекционным топливом - в верхнюю половину слоя. Спекание аглошихты в агломерат осуществлялось в четырех параллельных аглочашах одновременно. После спекания и охлаждения агломерата он выгружался из чаш и определялись его металлургические характеристики. Во второй серии опытов шихты составлялись с аналогичными первой серии количеством и реакционной способностью твердого топлива в верхнем и нижнем слоях, но с разным его фракционным составом. Результаты испытаний приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Результаты спекания агломерата с разным количеством и реакционной способностью твердого топлива в верхнем и нижнем слоях аглошихты

Периоды испытаний	Удельная производительность аглочаша, т/м ² ·ч	Общий удельный расход углерода, кг С/т агломерата	Содержание углерода, %		Содержание остаточного углерода в агломерате, %
			рассчитанный во всем слое аглошихты	в слоях шихты в аглочаше	
Базовый: верх слоя (CRI = 36,7 %) низ слоя (CRI = 36,7 %)	1,08	52,3	4,36		1,8
				4,36	3,1
				4,36	0,5
Опытный 1: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,07	52,1	4,34		0,4
				4,49	0,5
				4,06	0,3
Опытный 2: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,09	51,4	4,25		0,1
				4,58	0,1
				3,92	0
Опытный 3: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,12	50,9	4,21		0,1
				5,01	0
				3,39	0,1
Опытный 4: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,06	51,9	4,33		0,5
				5,23	0,7
				3,43	0,3

Периоды испытаний	Содержание мелочи 0-5 мм в агломерате, %	Барабанное испытание, %		Содержание в агломерате, %		
		прочность на удар (+5 мм)	стираемость (0-0,5 мм)	Fe _{общ}	FeO	основность, д.ед.
Базовый: верх слоя (CRI = 36,7 %) низ слоя (CRI = 36,7 %)	8,3	63,4	7,1	53,6	11,7	1,28
Опытный 1: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	8,4	63,2	7,2	53,5	11,4	1,29
Опытный 2: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	7,1	65,1	6,3	53,7	11,9	1,27
Опытный 3: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	6,7	66,3	5,8	53,9	11,5	1,26
Опытный 4: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	7,9	63,8	7,2	53,4	11,2	1,29

Анализ результатов испытаний показал (табл. 1), что при переходе на двухслойную укладку аглошихты, замену однородного твердого топлива в слоях на топлива с разной реакционной способностью, при практически одинаковом удельном расходе углерода в слоях, не сказалось на удельной производительности аглочаша, содержании мелочи в агломерате и его прочностных характеристиках.

Однако, содержание остаточного углерода, не сгоревшего при спекании агломерата, существенно снизилось (см. Опытный 1).

Результаты спекания агломерата с разными количеством, крупностью и реакционной способностью твердого топлива в верхнем и нижнем слоях аглошихты

Периоды испытаний	Удельная производительность аглочаши, т/м ² ·ч	Общий удельный расход углерода, кг С/т агломерата	Твердое топливо		Содержание углерода в слоях шихты в аглочаще, %		
			*количество фракций 3,5-5,0/1,0-2,5 мм в слоях шихты, %	размер фракций в слоях шихты в аглочаще, мм			
Базовый: верх слоя (CRI = 36,7 %) низ слоя (CRI = 36,7 %)	1,08	52,3					
			100,0	0-3,0	4,36		
Опытный 1: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,35	52,1					
			35,2	3,5-5,0	4,49		
Опытный 2: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,40	50,7					
			60,4	1,0-2,5	4,06		
Опытный 3: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,45	50,9					
			46,1	3,5-5,0	4,58		
Опытный 4: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,34	51,9					
			75,3	1,0-2,5	3,92		
Опытный 3: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,45	50,9					
			84,7	3,5-5,0	5,01		
Опытный 4: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,34	51,9					
			94,9	1,0-2,5	3,39		
Опытный 4: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,34	51,9					
			89,8	3,5-5,0	5,23		
Опытный 4: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	1,34	51,9					
			97,1	1,0-2,5	3,43		
Периоды испытаний	Содержание остаточного углерода в агломерате, %	Содержание мелочи 0-5 мм в агломерате, %	Барабанное испытание, %		Содержание в агломерате, %		
			прочность на удар (+5 мм)	истираемость (0-0,5 мм)	Fe _{общ}	FeO	основность, д. ед.
Базовый: верх слоя CRI = 36,7 % низ слоя (CRI = 36,7 %)	1,8	8,3	63,4	7,1	53,6	11,7	1,28
	3,1						
	0,5						
Опытный 1: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	0,3	8,1	63,5	7,3	53,4	11,5	1,29
	0,4						
	0,2						
Опытный 2: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	0	7,3	65,6	6,1	53,8	10,9	1,27
	0,1						
	0						
Опытный 3: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	0,1	6,4	66,7	5,3	53,9	11,0	1,25
	0						
	0,1						
Опытный 4: верх слоя (CRI >37 %) низ слоя (CRI <37 %)	0,4	7,8	63,9	6,9	53,3	11,4	1,26
	0,5						
	0,3						

*В числителе – в верхней половине слоя; в знаменателе – в нижней половине слоя

Дальнейшее увеличение количества высокорекреакционного твердого топлива в верхнем слое и снижение низкорекреакционного в нижнем слое способствовало повышению удельной производительности аглочаши с 1,07 до 1,09-1,12 т/м²·ч, снижению удельного расхода углерода твердо-

го топлива с 52,1 до 51,4-50,9 кг/т агломерата, более полному сгоранию углерода в слоях и улучшению прочностных характеристик агломерата.

В следующих сериях опытов, в дополнение к оптимизации количества высоко- и низкорекреакционного топлива в верхнем и нижнем слоях аглошихты, оптимизирована также крупность этого топлива в этих же слоях. Результаты испытаний показали (см. табл. 2), что при оптимизации количества и крупности высоко- и низкорекреакционного топлива в слоях аглошихты все технологические показатели спекания и металлургические характеристики агломерата существенно улучшаются. Так удельная производительность аглошаши возросла с 1,08 до 1,35-1,45 т/м²·ч, удельный расход углерода твердого топлива снизился с 52,3 до 50,7-50,9 кг/т агломерата. Практически полностью выгорает углерод твердого топлива, снижается содержание оксида железа в агломерате с 11,7 до 10,9-11,0 % и повышаются его прочностные характеристики.

Таким образом, проведенными испытаниями показано, что оптимизация количества, крупности и реакционной способности твердого топлива в верхнем и нижнем слоях аглошихты при ее спекании на агломашине способствует повышению удельной производительности агломашин, снижению удельного расхода твердого топлива, практически полному выгоранию его в слое, повышению прочности агломерата и снижению содержания в нем мелочи, а также снижению содержания оксида железа, что способствует повышению восстановимости агломерата.

Список литературы

1. Сигов В.А., Шурхал В.А. Агломерационный процесс. – Киев: Техника, 1969. – 232 с.
2. Структура и физические свойства агломерата из руд КМА, полученного на агломашине с площадью спекания 252 м² при двухслойной загрузке шихты / Г.В. Коршиков, С.И. Шаров, Е.В. Невмержицкий и др. // Сталь. – 1971. – №1. – С. 3-8.
3. Снижение расхода твердого топлива на процесс спекания путем рационального перераспределения его по высоте загружаемого слоя / Ю.С. Кравец, В.Е. Шешегов, В.П. Маймур, В.Д. Кучук // Сталь. – 1984. – №7. – С. 7-9.
4. Изучение распределения гранул окомкованной агломерационной шихты при загрузке на спекательные тележки / А.А. Вовк, П.М. Челгий, В.Е. Шешегов и др. // Металлургия и коксохимия. – Вып. 75. – 1982. – С. 8-11.
5. Новая технология загрузки шихты на агломашину / Ю.С. Кравец, В.Е. Шешегов, П.М. Челгий и др. // Металлург. – 1982. – №9. – С. 15-17.
6. Оптимизация режима сжигания газообразного и твердого топлива при агломерации / В.В. Дябин, А.Г. Михалевич, Б.Н. Серебренников и др. // Сталь. – 1984. – №7. – С. 8-11.
7. Карабасов Ю.С., Валавин В.С. Использование топлива в агломерации. – М.: Металлургия, 1976. – 263 с.
8. Ефимов С.П., Ефименко Г.Г. Влияние крупности топлива на процесс агломерации и качество агломерата // Известия вузов Черная металлургия. – 1970. – №9. – С. 21-24.
9. О механизме влияния крупности коксовой мелочи на агломерационный процесс / Ю.С. Карабасов, А.Н. Похвиснев, Е.Ф. Шкурко и др. // Известия вузов Черная металлургия. – 1975. – №11. – С. 22-26.
10. Об эффективной реакционной способности агломерационного топлива и оптимальной высоте спекаемого слоя / Ю.С. Карабасов, В.С. Валавин, В.Л. Севрюгин и др. // Известия вузов Черная металлургия. – 1975. – №3. – С. 36-40.
11. Хлапонин Н.С., Кривошеев В.Н., Андронов В.В. О двухслойном спекании аглошихты // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1967. – №4. – С. 8-10.
12. Анализ газодинамической работы агломерационных машин АКМ-312 Новолипецкого металлургического комбината / Ю.А. Фролов, Б.С. Расин, С.Л. Зевин и др. // Сталь. – 1993. – №2. – С. 5-10.
13. Ефименко Г.М., Дябин В.В., Колокольцов Б.И. Подача топлива в агломерационную шихту на аглофабрике ЗСМК по двухслойной схеме // Сталь. – 1974. – №10. – С. 876-878.
14. Михалевич А.Г., Кузнецов А.И., Тихомиров В.Е. Степень использования топлива при различных режимах спекания // Известия вузов Черная металлургия. – 1979. – №9. – С. 149-151.

Рукопись поступила в редакцию 26.03.13

УДК 669.162.16

Е.Г. ДОНСКОВ, В.П. ЛЯЛЮК, доктора техн. наук, проф.

КМИ ГВУЗ “Криворожский национальный университет”

Д.Е. ДОНСКОВ инженер, ПАТ “АрселорМиттал Кривой Рог”

О ПРИНЦИПЕ ГРЮНЕРА С ПОЗИЦИИ ДОМЕННОГО ПРАКТИКА

В доменной плавке расход кокса регулируется в зависимости от нагрева печи и сокращается лишь при его повышении, в частности, от сокращения расхода тепла на погашение отрицательного теплового эффекта реакции пря-