

УДК 669.162.211.4:669.162.262.58.001.5

В.И.Большаков, В.В.Лебедь, А.А.Жеребецкий

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШИХТЫ НА РАДИАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВОГО ПОТОКА В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Целью работы является определение особенностей динамики газораспределения по радиусу верха шахты печи при изменении распределения шихтовых материалов на колошнике. Приведены результаты исследований распределения газов по радиусу верхней части столба шихты в доменной печи, оборудованной бесконусным загрузочным устройством. Установлено влияние изменения распределения шихтовых материалов на колошнике на динамику газораспределения в верхней части шахты печи.

доменная печь, распределение шихты и газов, осевая отдушина, технологические параметры, переходной процесс

Введение. Важнейшим условием достижения высокой эффективности доменной плавки является формирование рационального распределения шихты и газового потока по радиусу печи [1,2]. Устойчивый осевой ход доменной плавки, который можно реализовать на доменных печах оборудованных бесконусным загрузочным устройством (БЗУ), как известно [1–4], позволяет обеспечить стабильность газопроницаемости шихты и ровность ее схода в различных шихтовых и дутьевых условиях при сохранении умеренной тепловой нагрузки на футеровку шахты печи.

Для разработки эффективных управляющих воздействий на ход доменной плавки технологическому персоналу необходима оперативная информация о распределении газового потока по сечению печи, которая может быть получена с помощью различных средств контроля.

Современное состояние вопроса. Ранее по результатам исследований на доменной печи №9 ОАО «АрселорМиталл Кривой Рог» объемом 5000 м³ [5] установлено, что между характером газораспределения и распределением шихтовых материалов существует тесная взаимосвязь. Так зависимость содержания CO₂ в газе приосевой зоны от фактического уровня засыпи, зафиксированного при отборе газа и усредненного по окружности печи (по четырем электромеханическим зондам–уровнемерам), характеризуется линейной обратно пропорциональной взаимосвязью с коэффициентом корреляции r равным 0,728. Аналогичные взаимосвязи в остальной части радиуса печи имеют слабо выраженный характер. По-видимому, это связано с перераспределением газового потока в верхней части столба шихты при существующем режиме работы печи и с особенностями формирования осевой воронки. Опускание уровня засыпи шихты при прочих равных параметрах режима загрузки приводит к перераспре-

делению газового потока от стенки к оси печи, что связано с уменьшением газопроницаемости на периферии и выражается в увеличении содержания CO_2 в периферийной зоне и уменьшении – в приосевой. Также отмечено влияние на газораспределение ряда других факторов и газодинамических параметров плавки, обусловленных дутьевым режимом, например, выходом (расходом) колошникового газа (Q_k , тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$):

$$\text{CO}_{2\text{осв}} = -0,1981 * Q_k + 165,12, \quad r = -0,678,$$

$$\text{CO}_{2\text{пф}} = 0,0445 * Q_k - 14,926, \quad r = 0,557.$$

По результатам исследований [5] установлено, что описанные взаимосвязи в приосевой зоне колошника характеризуют одну из важнейших функции осевой отдушины, которая заключается в стабилизации хода доменной печи и газодинамических параметров плавки путем демпфирования (сглаживания) основных возмущений, связанных с нестабильностью качества шихтовых материалов, периодичностью загрузки печи, колебаниями дутьевого режима и др.

Изложение основных результатов исследований. На доменной печи объемом 3200 м^3 были выполнены исследования особенностей динамики газораспределения по радиусу печи при существенном изменении распределения шихтовых материалов на колошнике программой загрузки. Исследуемая печь оборудована двухбункерным бесконусным загрузочным устройством с лотковым распределителем. В составе комплекса АСУ ТП используются четыре радиальные газоотборные машины в совокупности с газоаналитической системой «Гранат», обеспечивающей автоматизированное определение химического состава газа и его температуры в заданных точках по радиусу печи.

Загрузка печи осуществлялась по программе загрузки, приведенной в табл.1, при следующем составе подачи: агломерат – 45,0 т, окатыши – 12,0 т, марганцевая руда – 0,4 т, конверторный шлак – 1,5 т, кокс – 14,8 т, рудная нагрузка – 3,85 т/т.

Исследования основывались на активном эксперименте, который состоял в однократном изменении распределения по угловым позициям лотка одной из железорудных порций цикла загрузки и последующем осуществлении нескольких отборов радиального газа через каждые 20–30 мин. При этом изменение распределения железорудной порции должно было обеспечивать заметное изменение геометрии формируемого слоя.

В качестве экспериментальной порции была выбрана порция №13 Р 7–4 (табл.1), программа загрузки которой была изменена на Р 9–8. Отборы радиального газа осуществлялись до и после выгрузки в печь скорректированной порций №13 (Р 9–8) 18–порционного цикла загрузки (табл.1). Следует также отметить, что во время экспериментальных отборов газа ход доменной печи характеризовался стабильными газодутьевыми параметрами плавки и неизменным уровнем засыпи шихты на колошнике.

Результаты отборов радиального газа представлены в табл.2 и на рис.1. По результатам экспериментальных отборов установлено, что выгрузка железорудной порции по измененной программе существенно изменила характер газораспределения (рис.1).

Таблица 1. Программа загрузки, применявшаяся в базовом периоде работы исследованной печи.

№ порции	Вид порции			№ угловой позиции лотка								
				9	8	7	6	5	4	3	2	1
				Количество оборотов лотка								
1	К	9-5	↑	1	3	2	3	2				
2	Р	9-5		1	2	2	3	3				
3	К	7-4				3	3	2	1			
4	Р	8-4			2	2	2	3	2			
5	К	8-4			2	3	2	2	2			
6	Р	8-4			2	2	2	3	2			
7	К	5-2						2	3	3	3	
8	См	7-4				3	4	3	2			
9	Р	7-4				3	3	3	2			
10	К	8-5			2	2	3	3				
11	Р	8-4			1	2	3	3	2			
12	К	7-4				3	3	3	2			
13	Р	7-4				3	3	2	3			
14	К	9-5		1	3	3	3	1				
15	Р	9-5		1	3	3	2	2				
16	К	5-1						2	3	3	2	1
17	См	7-4				4	3	3	2			
18	Р	7-4				3	3	3	2			

Содержание CO_2 в газе приосевой зоны прогнозируемо уменьшилось с 8,4 до 6 % (точка №2 отбора газа), а в периферийной зоне увеличилось с 19,9 до 23,2 %. Это в полной мере соответствует результату расчета распределения рудных нагрузок (рис.2), выполненного по инженерной методике ИЧМ [6].

«Подгрузка» периферийной зоны радиуса печи железорудными материалами привела к перераспределению газового потока в столбе шихты по направлению от периферии к оси печи (рис.1 и 3). При этом наибольшие изменения температуры газа (по показаниям термобалки) были зафиксированы в приосевой зоне колошника – от 51°C в точке №3 до 139°C

в точке №2 отбора. В оси (точка отбора №1) эти изменения составили около 60°C .

Таблица 2. Изменение распределение доли CO_2 в газе по радиусу исследованной доменной печи.

Момент отбора газа	Содержание CO_2 в газе, %							
	Номер точки отбора							
	1	2	3	4	5	6	7	8
До изменения программы загрузки	1,4	8,4	21,7	23,9	22,9	24,7	22,9	19,7
Через 51 мин после изменения	1,7	6	15,5	24,7	23,8	24,4	23,5	23,2
Через 86 мин после изменения	3,7	9,7	16,5	23,1	23	24,1	22,9	22,9
Через 137 мин после изменения	3,5	10,4	21,3	24,1	23,4	24,6	24,3	19,9

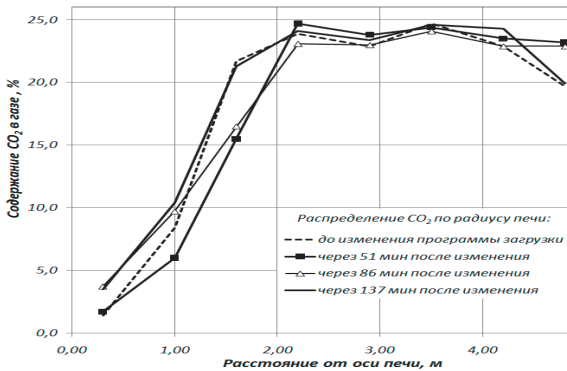


Рис.1. Изменение распределения CO_2 в газе по радиусу исследованной печи до и после выгрузки экспериментальной порции.

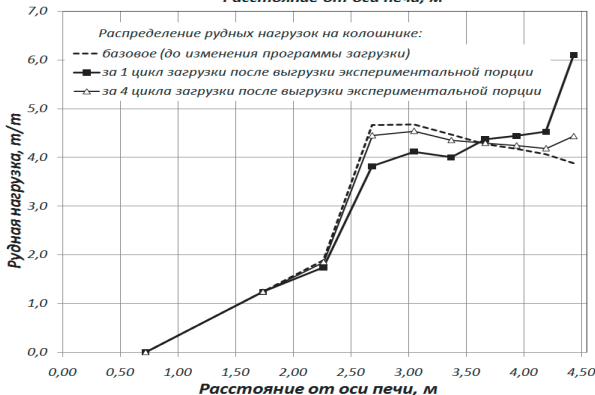


Рис.2. Расчетное изменение рудных нагрузок (результаты расчета по инженерной методике ИЧМ).

Таким образом, однократное увеличение количества железорудных материалов на периферии привело к интенсификации осевого газового потока и увеличению его диаметра. Увеличение рудной нагрузки на периферии привело к временному уменьшению верхнего перепада на 0,014 атм (с 0,313 до 0,299 атм) (рис.4). При достижении экспериментальной порцией расчетного уровня 8,74 м от технологического «0» в столбе шихты величина верхнего перепада давления ΔP_v изменилась до 0,320 атм и продолжала увеличиваться до 0,353 атм (при расчетном уровне расположения порции 14,98 м).

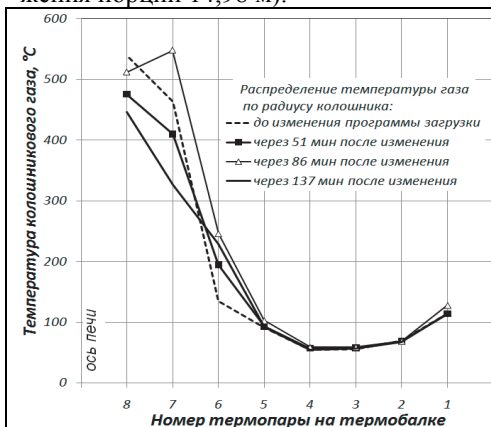


Рис.3. Изменение распределения температуры газа после выгрузки экспериментальной порции.

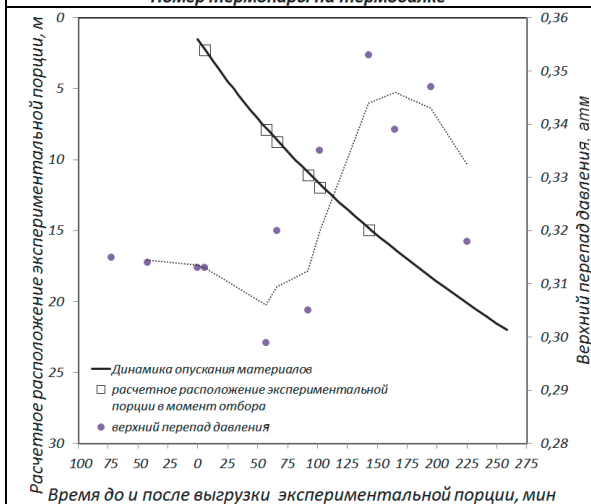


Рис.4. Изменение верхнего перепада давления и расчетного расположения слоя экспериментальной порции в столбе шихты относительно технологического «0».

Через 225 мин после выгрузки экспериментальной порции, расчетный уровень расположения которой составил около 21 м, величина верхнего

перепада ΔP_e стабилизировалась на значении 0,318 атм, которое наблюдалось до внесения возмущающего воздействия на распределение шихтовых материалов. Изложенное показывает, что разовое изменение распределения шихтовых материалов в одной порции цикла загрузки на колошнике доменной печи (при увеличении рудной нагрузки в периферийной зоне) приводит к существенному перераспределению газового потока и выражается во временном увеличении содержания CO_2 в газе периферийной зоны и уменьшении – в приосевой, а также в изменении газодинамических параметров плавки.

Заключение. Основным средством управления распределением газов в доменной печи является распределение шихтовых материалов, формируемое программой загрузки. Настоящие исследования были выполнены для определения особенностей динамики газораспределения по радиусу верха шахты печи при изменении распределения шихтовых материалов на колошнике программой загрузки.

Установлено, что даже эпизодическое изменение распределения шихтовых материалов на колошнике доменной печи приводит к значительному перераспределению газового потока в верхних слоях шихты. Так, однократная выгрузка в печь железорудной порции по скорректированной программе загрузки, способствовавшая увеличению количества железорудных материалов на периферии, привела к интенсификации осевого газового потока, что выражалось в уменьшении содержания CO_2 в газе и увеличении его температуры. Кроме того, зафиксировано временное уменьшение верхнего перепада давления на 0,014 атм (с 0,313 до 0,299 атм), которое по мере опускания исследовательской порции (до 14,98 м от технологического «0») увеличивалось до 0,353 атм. В течение дальнейшего опускания шихтовых материалов до расчетного уровня расположения исследовательской порции 21 м величина верхнего перепада уменьшалась и стабилизировалась на уровне 0,318 атм, которая наблюдалась в период стабильного хода печи до экспериментального изменения программы загрузки.

Возникшие возмущения, связанные с изменением газодинамических параметров плавки, были сглажены осевой отдушиной, что выражалось в интенсификации осевого газового потока и увеличении его диаметра. Отдушина с увеличенной газопроницаемостью позволяет эпизодически увеличить количество печных газов, проходящих через осевую зону, поэтому перераспределение газового потока от стенки к оси печи не оказало значительного влияния на ровность схода шихты, и, как следствие, на ход доменной плавки. Продолжительность переходных процессов в работе исследуемой доменной печи от момента выгрузки экспериментальной порции, до стабилизации газораспределения в верхней части столба шихты составила 225 мин.

1. *Большаков В.И.* Теория и практика загрузки доменных печей. – М, 1990. – 256с.
2. *Большаков В.И.* Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. К.: Наукова думка. 2007. – 412с.
3. *Гулыга В.И.* Доменное дело. Для рабочих доменного цеха. М.–Л.: Изд. 2–е, испр. и доп. ОНТИ НКТП СССР. 1935. 196с.
4. *Грузинов В.К.* Управление газовым потоком в доменной печи программной загрузкой. Свердловск, Metallurgizdat, 1960. 214с.
5. *Большаков В.И., Лебедь В.В.* Исследование газораспределения по радиусу верхней части доменной печи // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2009. – №2. – С.6–10.
6. *Большаков В.И., Лебедь В.В.* Расчет показателей распределения шихтовых материалов на колошнике с учетом ширины потока // *Сб. науч. тр. ИЧМ «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии».* – 2007. – Вып.15. – С.54–66.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук И.Г.Муравьевой*

В.И.Большаков, В.В.Лебідь, А.О.Жеребецький

Дослідження впливу розподілу шихти на радіальний розподіл газового потоку у верхній частині доменної печі

Метою роботи є визначення особливостей динаміки газорозподілу по радіусу верха шахти печі при зміні розподілу шихтових матеріалів на колошнику програмою завантаження. Приведено результати досліджень розподілу газів по радіусу верхньої частини стовпа шихти в доменній печі, що обладнана безконусним завантажувальним пристроєм. Встановлено вплив зміни розподілу шихтових матеріалів на колошнику на динаміку газорозподілу у верхній частині шахти печі.