

В.И. Большаков, И.Г. Муравьева, Ю.С. Семенов, Е.И. Шумельчик

Институт черной металлургии НАН Украины им. З.И.Некрасова

ЭФФЕКТИВНАЯ ЗАГРУЗКА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО КОКСА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Целью работы является установление взаимосвязей показателей поверхности загружаемой шихты на колошнике и технико-экономических показателей доменной плавки для обоснованного выбора способов загрузки дополнительного кокса. Используются данные радиолокационной системы контроля (профилемера) о форме поверхности шихтовых материалов для реализации информации в автоматизированной системе управления на доменной печи №9. Установлены соотношения высоты слоев шихтовых материалов и кокса, характерные для периодов работы доменной печи с минимальным и максимальным расходом твердого топлива. Для обоснования величины коксовой отдушины в центральной зоне печи и эффективной загрузки порций дополнительного кокса необходимо контролировать величину соотношения слоев шихтовых материалов и кокса, что позволит обеспечить рациональное распределение газового потока, способствующее экономичному ходу доменной печи.

Ключевые слова: доменная печь, радиолокационный профилемер, загрузка дополнительного кокса профиль поверхности засыпи, цикл загрузки, бесконусное загрузочное устройство.

Современное состояние вопроса. Известно, что степень теплопотребления горна доменной печи зависит от величины рудной нагрузки. Возможные колебания нагрева горна, возникающие в результате изменений состава, качества шихты и других факторов, регулируют, в основном, переменной влажностью дутья (регулирование «снизу») и величиной рудной нагрузки (регулирование «сверху»). Наиболее экономичное регулирование теплового состояния доменной печи «сверху» можно обеспечить только при изменении рудной нагрузки и ее распределения по радиусу печи изменением программы загрузки. Возможность обоснованного изменения рудной нагрузки, а, следовательно, и программы загрузки возникла в результате установки на ДП №9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» системы контроля поверхности засыпи шихты. В 2005 г. для условий этой доменной печи сотрудниками ИЧМ была разработана основная программа загрузки, в которой заложен принцип универсальности (табл.1) [1]. Цикл загрузки (10 порций) условно может быть представлен двумя полуциклами, отличающимися особенностями загрузки кокса в осевую зону колошника. В первом полуцикле (порции 1...5) в осевую зону колошника может выгружаться, например, кокс местного производства, а во втором (порции 6...10) – кокс улучшенного качества (Алтайский КХЗ, Польский, Темиртау, Египетский) или наоборот. Также в первом или втором полуциклах ранее использовалась загрузка в осевую зону колошника

смеси кокса с окатышами, кокса с брикетами и кокса со скрапом. Полуциклы программы загрузки включают две порции железосодержащих материалов и три порции кокса. При этом, железосодержащие материалы разгружаются из угловых положений лотка 9–3 (семь угловых положений), а кокс – из положений 8–4 (пять угловых положений) и 3–1 (три угловых положения) (табл.1). В программе загрузки использован принцип неравномерного распределения массы порции по угловым положениям распределителя в соответствии с необходимым для текущих условий хода печи распределением рудных нагрузок и объемов шихтовых материалов по радиусу колошника. Неравномерное распределение также позволяет без изменения структуры программы загрузки оперативно изменять рудные нагрузки и (или) объемы материалов в зонах, где ход доменной печи требует такого изменения [1].

Таблица 1. Распределение материалов по угловым положениям лотка БЗУ для полуцикла программы загрузки ДП №9.

№ порции, вид материала, угловые положения лотка БЗУ	Распределение материалов по угловым положениям лотка БЗУ, %								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1–К 8-4		11	22	23	22	22			
2–ЖСМ 9-3	16	22	19	13	13	11	6		
3–К 8-4		11	22	23	22	22			
4–ЖСМ 9-3	16	22	19	13	13	11	6		
5–К 3-1							30	30	40

К – кокс, ЖСМ – железосодержащие материалы

Для регулирования и стабилизации теплового состояния низа печи на ДП №9 осуществляется загрузка дополнительных коксовых порций вне цикла загрузки, которая производится в соответствии с приведенным в табл.2 распределением масс по угловым положениям лотка БЗУ. Чаще всего технологи используют порции дополнительного кокса, выгружаемые из угловых положений лотка БЗУ: 8–4 и 7-4. При этом в настоящее время выбор варианта распределения по угловым положениям лотка БЗУ порций дополнительного кокса осуществляется технологами–доменщиками, порой интуитивно.

Таблица 2. Распределение материалов по угловым положениям лотка БЗУ для дополнительных порций кокса вне цикла загрузки ДП №9. *) – наиболее распространенное распределение материалов по угловым положениям лотка БЗУ.

Порция	Распределение материалов по угловым положениям лотка БЗУ, %									
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
К 8-4*)				20	20	20	20	20		
К 7-4*)					25	25	25	25		
К 8-7				50	50					
К 11-7	20	20	20	20	20					
К 5-3							33	33	34	
К 4-2								33	33	34

Целью настоящей работы является установление взаимосвязей показателей поверхности засыпи шихты и технико–экономических показателей доменной плавки для обоснованного выбора способов загрузки дополнительного кокса.

Основные результаты исследований. Возможность проведения исследований, результаты которых приведены ниже, связана с установкой на ДП №9 радиолокационной системы контроля поверхности засыпи и реализацией в АСУ этой печи совместно с представителями комбината информационной системы отображения информации о форме поверхности засыпи и ее изменении во времени [2]. Одним из важных параметров, характеризующих состояние поверхности засыпи и определяемых с помощью системы контроля поверхности, является информация об образованных за цикл загрузки слоях шихтовых материалов – форме и их высоте. Каждый слой материала ограничен измеренным скорректированным исходным профилем перед выгрузкой порции и профилем, сформированным после выгрузки порции материала [2]. В точках измерения по радиусам установки измерителей и в кольцевых зонах измерения поверхности засыпи определяются высоты слоев шихтовых материалов, образованных после выгрузки железосодержащих компонентов шихты ($H_{жсм}$) и кокса ($H_{кокс}$) в цикле загрузки печи. Отношение высот слоев железосодержащих материалов и кокса ($H_{жсм}/H_{кокс}$) является показателем распределения шихты на колошнике, с помощью которого возможно осуществлять оперативную оценку распределения шихтовых материалов на колошнике [3].

Анализ изменения соотношений показателя $H_{жсм}/H_{кокс}$ в зонах, в которых осуществляется измерение поверхности засыпи, позволил установить диапазоны изменения соотношений показателя $H_{жсм}/H_{кокс}$ характерные для периодов работы доменной печи с минимальным и максимальным расходом твердого топлива (кокс+антрацит+орех). Анализ выполнен для шести периодов работы ДП №9 продолжительностью 63 часа каждый, с технологическими параметрами, представленными в табл.3.

Установлено, что периодам с минимальным расходом твердого топлива (442 кг/т чугуна, в среднем) соответствуют значения соотношений показателя $H_{жсм}/H_{кокс}$ между центральной (Ц, расстояние 0,9 м от оси печи) и периферийно-промежуточной (ІП, расстояние 3,8 м от оси печи) зонами, составляющие 1,40–1,60 ед., а периодам с увеличенным расходом твердого топлива (485 кг/т чугуна, в среднем) – 1,20–1,35 ед. (рис. 1). Эти результаты могут быть интерпретированы с точки зрения обоснования величины коксовой отдушины в центральной зоне печи. В связи с обоснованием способов загрузки порций дополнительного кокса, определяющую роль в соотношении показателя $H_{жсм}/H_{кокс}$ между Ц и ІП зонами играет отношение высот слоев кокса в Ц зоне к ІП зоне.

Таблица 3. Технологические параметры работы ДП №9 в анализируемых периодах.

№ периода	Расход твердого топлива, кг/т	Производство чугуна, т/сут	Температура газа на периферии, °С	Температура колошникового газа, °С	Расход дутья, м³/мин	Температура горячего дутья, °С	Расход природного газа, м³/мин	Теоретическая температура горения, °С	Рудная нагрузка, т/т	Степень использования газов, %	Химический состав чугуна			
											[Si]	[Mn]	[S]	[P]
1	430	6949	416	113	6966	1062	207	2066	3,427	42,98	0,96	0,220	0,019	0,067
2	453	7287	395	114	6883	1054	183	2081	3,413	42,86	0,92	0,185	0,018	0,063
3	468	6942	405	110	6939	1068	186	2105	3,446	41,43	0,97	0,228	0,016	0,064
4	475	6673	403	115	6889	1054	182	2083	3,376	42,61	1,02	0,192	0,014	0,063
5	488	6779	381	92	6732	1056	168	2095	3,167	42,15	0,87	0,185	0,017	0,060
6	507	6281	431	126	6718	1045	176	2078	3,236	40,89	1,03	0,227	0,016	0,069

Возможность использования диапазонов изменения соотношений показателя $N_{жсм}/N_{кокс}$ для обоснования размера коксовой отдушины в центральной зоне печи подтверждается установленной прямой связью соотношения показателя $N_{жсм}/N_{кокс}$ между Ц и 1П зонами колошника со степенью использования восстановительной способности газов ($\eta_{со}$) с коэффициентом достоверности аппроксимации $r_{x,y}=0,7$ (рис.2).

Выполненные исследования позволили сформулировать следующие рекомендации по эффективной загрузке порций дополнительного кокса. Для эффективной загрузки порций дополнительного кокса необходимо контролировать соотношения показателя $N_{жсм}/N_{кокс}$ между центральной и периферийно-промежуточной зонами. В случае нахождения этого показателя в диапазоне 0–1,35 ед. дополнительный кокс следует выгружать из угловых положений лотка БЗУ 3-1, что позволит подгрузить осевую зону печи дополнительным коксом, а при нахождении показателя в диапазоне 1,40–1,60 ед. – из угловых положений 8-4, что позволит равномерно распределить кокс по радиусу колошника и избежать чрезмерного развития осевого газового потока, сопровождающегося перерасходом твердого топлива (табл.4).

Таблица 4. Рекомендуемые варианты распределения дополнительных порций кокса по угловым положениям лотка БЗУ

$\frac{(N_{жсм}/N_{кокс})_{Ц}}{(N_{жсм}/N_{кокс})_{1П}}$	Порция	Распределение материалов по угловым положениям лотка БЗУ, %							
		8	7	6	5	4	3	2	1
1,40–1,60	К 8-4	20	20	20	20	20			
0–1,35	К 3-1						33	33	34

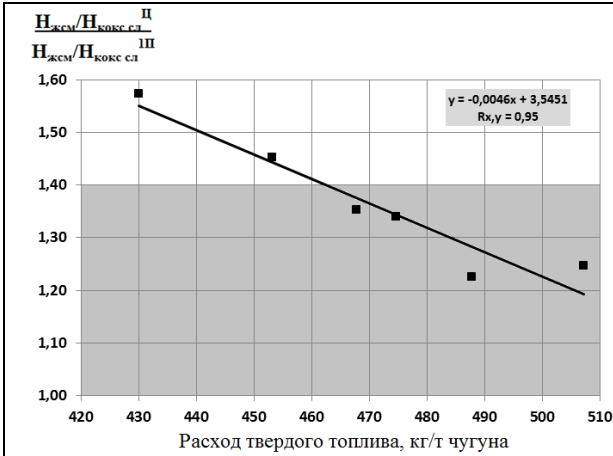


Рис.1. Зависимость соотношения показателя $\frac{H_{жсм}/H_{кокс}}{H_{жсм}/H_{кокс}} \frac{\Pi}{\Pi}$ между центральной и периферийно-промежуточной зонами колошника от расхода твердого топлива

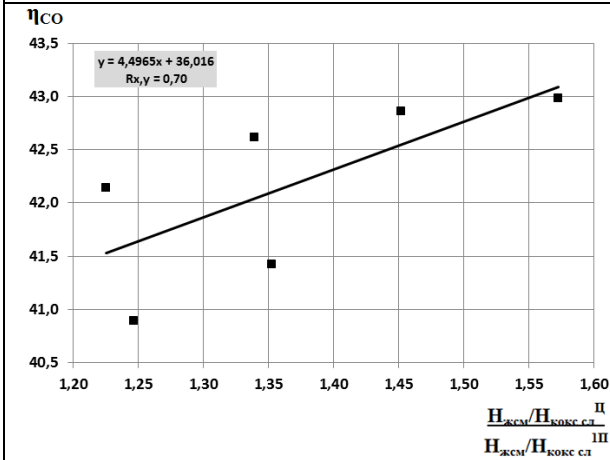


Рис.2. Зависимость степени использования восстановительной способности газов (η_{CO}) от соотношения показателя $\frac{H_{жсм}/H_{кокс}}{H_{жсм}/H_{кокс}} \frac{\Pi}{\Pi}$ между центральной и периферийно-промежуточной зонами колошника.

Заключение.

Установлены соотношения высоты слоев шихтовых материалов и кокса, характерные для периодов работы доменной печи с минимальным и максимальным расходом твердого топлива.

Для обоснования величины коксовой отдушины в центральной зоне печи и эффективной загрузки порций дополнительного кокса необходимо контролировать величину соотношения слоев шихтовых материалов и кокса, что позволит обеспечить рациональное распределение газового потока, способствующее экономичному ходу доменной печи.

Информация об изменении соотношений показателя $\frac{H_{жсм}/H_{кокс}}{H_{жсм}/H_{кокс}} \frac{\Pi}{\Pi}$ между центральной и периферийно-промежуточной зонами позволяет принимать обоснованные решения по выбору вариантов распределения дополнительных коксовых порций, которые помимо своей основной функции –

регулирования теплового состояния горна доменной печи, позволят обеспечить рациональное распределение газового потока, способствующее экономичному ходу доменной печи.

1. *Большаков В.И.* Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки / Большаков В. И. – К.: Наук. думка, 2007. – 412 с.
2. *Семенов Ю.С.* Совершенствование управления доменной плавкой на основе контроля поверхности засыпи шихты: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.16.02. – Днепропетровск. – 2009. – 192 с.
3. *Муравьева И.Г.* Развитие научных основ совершенствования технологии доменной плавки с использованием стационарных систем контроля поверхности засыпи шихты: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.16.02. – Днепропетровск. – 2010. – 386 с.

*Статья рекомендована к печати
канд. техн. наук Можаренко Н.М.*