

С.А. Воденников ⁽¹⁾, зав. кафедрой, д.т.н., профессор

С.А. Гаврилко ⁽¹⁾, профессор, к.т.н.

Г.А. Громак ⁽¹⁾, ассистент

Н.В. Личконенко ⁽¹⁾, ст. преподаватель

Ю.В. Мосейко ⁽¹⁾, доцент, к.п.н.

Ю.С. Гаврилко ⁽²⁾, инженер I категории

Ю.В. Курис ⁽³⁾, вед. научн. сотрудник, к.т.н.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОГАРА ВОЗДУШНЫХ ФУРМ НА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ № 5 ОАО «МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ «ЗАПОРОЖСТАЛЬ»

⁽¹⁾ Запорожская государственная инженерная академия,

⁽²⁾ ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь», г. Запорожье,

⁽³⁾ Институт угольных энерготехнологий НАНУ, г. Киев

Вивчено причини підвищеного прогару повітряних фурм на доменній печі № 5 ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» і запропоновано заходи щодо його зниження.

Изучены причины повышенного прогара воздушных фурм на доменной печи № 5 ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» и предложены меры по его снижению.

Введение. В процессе работы доменных печей наблюдаются случаи периодического снижения показателей их работы из-за ухудшения дренажной способности горна. Следствием этого является массовый выход из строя (прогар) воздушных фурм, а также вынос мелкого кокса во время выпуска продуктов плавки. По мнению авторов работы [1], причиной ухудшения дренажной способности горна является нарушение механизма движения кокса ниже оси воздушных фурм. Правильная организация работы горна является залогом высокопроизводительной работы доменной печи.

Из имеющихся в литературе данных [2-7] можно представить механизм движения кокса следующим образом. После выпуска чугуна и шлака из доменной печи ее горн заполняется коксом из вышерасположенных слоев. При хорошем состоянии лещади печи (после ее задувки), кокс ложится на лещадь, в противном случае он опускается в ванну жидкого чугуна на значительную глубину. Заполнение горна коксом во время выпуска чугуна подтверждается увеличением скорости опускания шихты. После выпуска чугуна, по мере накопления жидких продуктов плавки и заполнения ими пространства между кусками кокса, последний начинает всплывать, то есть нижний слой кокса отрывается от лещади и поднимается на более высокий уровень. Сначала происходит равномерное перемещение нижнего слоя кокса по всему сечению горна за счет уплотнения кокса выталкивающими силами. Некоторое перемещение нижнего слоя кокса вверх возможно также за счет газификации углерода кокса кислородом шихты. При повышении уровня жидких продуктов плавки начинается выталкивание кокса к

фурменным очагам снизу. С этого момента рельеф поверхности кокса, погруженного в чугуны, приобретает форму конуса, обращенного вершиной вниз [6], обеспечивая, таким образом, перемещение кокса из центра горна на периферию и дальше к фурменным очагам. Происходит освобождение объема доменной печи ниже оси воздушных фурм и заполнение его не коксом, поступающим с верхних горизонтов, а жидкими продуктами плавки.

Во время выпуска чугуна в освобождающийся объем перемещается кокс с верхних горизонтов. Таким образом, в горне печи происходит непрерывный обмен кокса, что является неременным условием нормальной работы горна. При нарушении механизма движения кокса в горне по каким-либо причинам один и тот же кокс будет находиться в горне значительно большее время, что приводит к его измельчению за счет процессов прямого восстановления (независимо от его механической прочности) и уплотнению. Свободный объем в слое кокса, заполняемый продуктами плавки, резко сокращается, что вызывает повышение уровня продуктов плавки, необходимость более частых выпусков шлака и чугуна, а также ухудшение дренажной способности горна.

Постановка задачи. Целью данной работы является анализ причин прогара воздушных фурм на доменных печах ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» и разработка мероприятий по их устранению.

Основная часть исследований. Для анализа работы доменной печи № 5 ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь» выбран период ее работы в 2004-2007 гг. Техничко-экономические показатели работы данной доменной печи за исследуемый период приведены в табл. 1.

На рис. 1 приведены диаграммы, иллюстрирующие динамику выхода из строя воздушных фурм на протяжении каждого года в течение четырех лет (2004-2007 гг.). Исследуемый период характеризуется значительным количеством фурм, вышедших из строя: в 2004 г. – 92 фурмы; в 2005 г. – 136 фурм; в 2006 г. – 148 фурм; в 2007 г. – 73 фурмы.

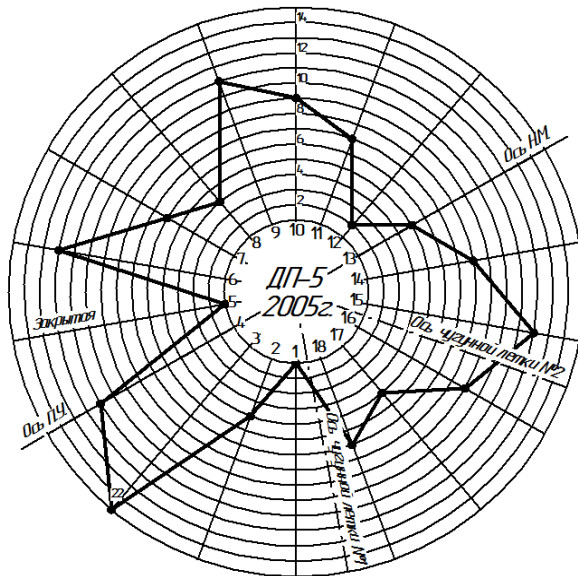
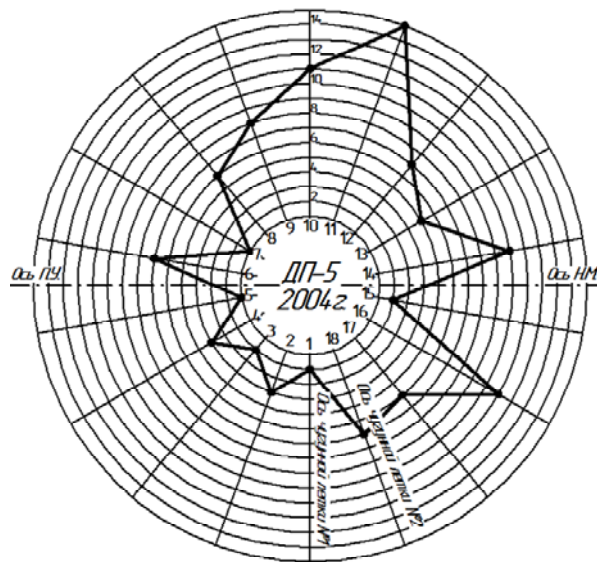
В 2004 г. (рис. 1,а) можно выделить четыре зоны выхода фурм из строя по окружности печи. В первой зоне фурму № 6 заменяли шесть раз. Вторая зона – более обширная – фурмы №№ 8-12, которые заменяли соответственно 5, 7, 10, 15, 6 раз. В третьей зоне фурму № 14 заменяли 9 раз. Четвертая зона – фурмы № 16 и 17, которые заменяли 10 и 5 раз соответственно.

Большое количество фурм, вышедших из строя в 2004 г., объясняется началом загромождения горна. В последующие (2005 и 2006) годы не были приняты меры по его ликвидации и, как следствие, область загромождения горна расширялась, и увеличивалось количество фурм, вышедших из строя, что наглядно представлено на рис. 1,б и 1,в. Так, практически все фурмы по окружности доменной печи много раз прогорали, то есть имел место массовый выход фурм из строя. Анализ причин прогара воздушных фурм позволяет сделать вывод, что в 2004 г. началось частичное, а в 2005 и 2006 гг. – значительное загромождение горна и расстройство работы печи вследствие недостаточности промывочных шихт. Кроме того, наблюдали попадание влаги из сгоревших холодильников шахты, что сопровождалось усилением негативных явлений. Причиной этого было плохое качество кокса (табл. 2) и продолжительный срок эксплуатации печи после

последнего капитального ремонта первого разряда, который был проведен в 1988 г. В связи с этим на комбинате был разработан ряд мер для улучшения работы печи.

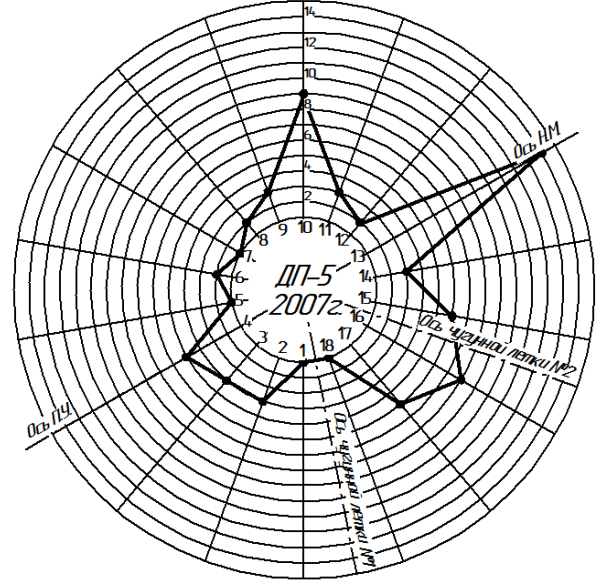
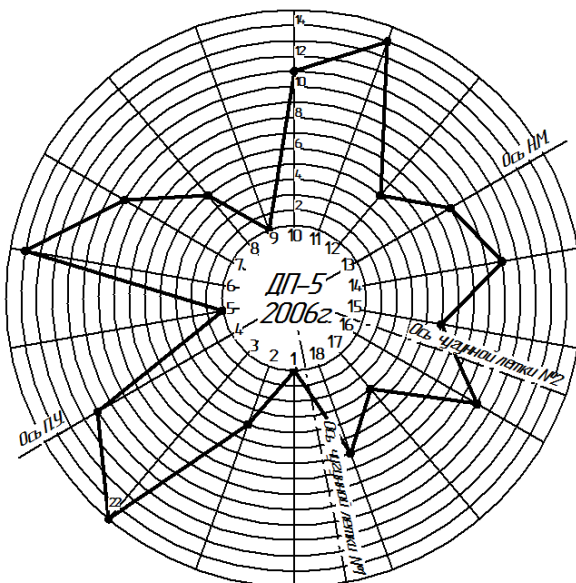
Таблица 1 – Техничко-экономические показатели работы ДП-5 за период 2004-2007 гг.

Наименование показателя	Год			
	2004	2005	2006	2007
Среднесуточное производство, т/сут.	2740	2463	2337	2170
КИПО, м ³ ·сут./т	0,552	0,614	0,647	0,697
Интенсивность хода, т/м ³ ·сут.	0,908	0,815	0,775	0,751
Состав чугуна, %:				
- кремний	0,800	0,790	0,820	0,840
- марганец	0,220	0,230	0,220	0,190
- сера	0,024	0,022	0,022	0,018
- фосфор	0,050	0,050	0,050	0,050
- углерод	4,350	4,310	4,270	4,360
Состав шлака, %:				
- SiO ₂	39,00	38,70	38,92	38,84
- CaO	48,44	49,04	48,90	48,78
- Al ₂ O ₃	7,28	7,00	6,84	7,05
- MnO	0,20	0,21	0,20	0,17
- FeO	0,21	0,21	0,21	0,22
- MgO	3,93	3,88	3,97	4,08
- S	1,51	1,76	1,67	1,57
- CaO/SiO ₂	1,24	1,27	1,26	1,26
Выход шлака, кг/т	437	444	444	461
Состав колошникового газа, %:				
- CO ₂	19,7	18,3	18,4	17,6
- CO	23,7	22,4	21,9	21,8
- H ₂	8,5	6,4	6,3	6,0
Расход дутья, м ³ /мин	2792	2772	2768	2780
Давление дутья, кПа	253	237	230	224
Температура дутья, °С	1112	1131	1130	1148
Влажность дутья, г/м ³	9,9	8,6	7,8	8,0
Температура колошникового газа, °С	359	347	348	353
Давление под колошником, кПа	129	122	114	105
Расход природного газа, м ³ /т чугуна	124	92	89	86
Содержание кислорода в дутье, %	25,7	22,1	21,8	21,0
Вынос учтенной пыли, кг/т чугуна	33	26	25	29
Общий вынос пыли, кг/т чугуна	52	42	40	47
Расход на одну тонну чугуна:				
- кокса влажного	527	526	527	550
- кокса сухого	501	501	502	523
- агломерата офлюсованного	1564	1561	1559	1555
- отсева агломерата	89	93	88	93
- окатышей	240	215	189	138
- железной руды	11	48	55	60
- шлака силикомарганца	10	16	13	11
- известняка обычного	31	39	37	38
Содержание железа в шихте, %	55,88	56,07	55,77	55,23
Простои, %	3,02	3,07	3,30	5,04
Тихий ход, %	1,13	1,22	1,64	1,07
Сменено воздушных фурм, шт.	107/99	140/138	154/149	77/73
Рудная нагрузка, т/т	3,50	3,59	3,57	3,63



а)

б)



в)

г)

Рисунок 1 – Диаграммы прогара воздушных фурм на ДП-5 в исследуемый период

Таблица 2 – Показатели качества кокса ОАО «Запорожский коксохимический завод»
согласно данным лаборатории ССИ (г. Кривой Рог)

Показатель, %	Зола	Сера	M ₂₅	M ₁₀	+80 мм	-25 мм
Договор	12,0	1,30	86,0	8,0	15,0	3,9
Факт	12,0	1,34	84,1	9,4	10,7	2,8

Согласно программе по стабилизации работы доменной печи № 5 с 11.05.2006 г. был установлен следующий режим ее работы:

- размер рудной подачи – 22,0 т (агломерат – 21,0 т, руда – 1,0 т);
- уровень засыпки – 2,0 м;
- температура дутья – 1050 °С;
- давление под колошником – 110 кПа;
- общий перепад давлений – 90...110 кПа;
- расход дутья – по перепаду;
- нагрев чугуна не менее 0,9...1,1 % кремния;
- основность шлака (CaO/SiO_2) = 1,24...1,30.

С целью активизации работы горна доменной печи № 5 в смене № 2 12.05.06 г. в каждую пятую подачу шихты был введен плавиковый шпат, состоящий из 97 % CaF_2 и 2,9 % $CaCO_3$, в количестве 0,2 т. По мере увеличения содержания в шлаках CaF_2 выше оптимального (0,5 %) и роста температурных перепадов на холодильниках лещади (не выше 4,0 °С) плавиковый шпат из печи выводили.

Работа доменной печи № 5 на специальном технологическом режиме и использование в шихте оптимального количества плавикового шпата в исследуемый период позволили активизировать работу горна, достигнуто снижение количества сгоревших фурм с 14 шт. до нуля и подвисаний шихты (количество принудительных осадков) с 5 шт. до нуля, увеличен расход дутья с 2509 до 2683 м³/мин и производительность печи с 1632 до 2105 т/сут., а также снижен расход кокса с 521 до 499 кг/т.

После принятия указанных мер количество фурм, вышедших из строя в последующем 2007 г., значительно сократилось и составило 73 шт., что свидетельствует о постепенном очищении горна. Распределение сгоревших фурм по окружности печи в 2007 г., представленное на рис. 1,2, свидетельствует о резком сокращении количества фурм, вышедших из строя.

Выводы.

1. Основной причиной загромождения горна служит неудовлетворительное качество кокса и связанное с этим увеличение случаев оползания гарнисажа в горн, что является причиной массового выхода из строя воздушных фурм.

2. В качестве основного мероприятия, направленного на снижение загромождения горна, является применение плавикового шпата в количестве 0,2 т в подаче, но не выше 0,5 % его содержания в шлаке.

3. Для снижения прогара фурм необходимо обеспечить стабильный ровный ход доменной печи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борис, И. И. О причинах массового горения фурм [Текст] / И. И. Борис, В. Н. Андронов, И. З. Буклан // Металлург. – 1968. – № 12. – С. 10-12.
2. Загромождение горна доменной печи [Текст] / Н. Н. Бабарыкин, А. А. Галатонов, П. П. Мишин и др. // Сталь. – № 5. – 1962. – С. 401-405.

3. *Литвиненко, В. И.* Явления зарастания горна доменной печи и борьба с ними [Текст] / В. И. Литвиненко, М. Л. Лаврентьев, А. А. Бердник // *Сталь*. – № 2. – 1966. – С. 113-117.
4. Мероприятия по увеличению стойкости воздушных фурм [Текст] / *А. М. Лана*, В. Т. Ильин, И. Л. Колесник и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1976. – № 1 (97). – С. 6-10.
5. Определение оптимального количества выпусков чугуна [Текст] / *А. М. Лана*, А. М. Жак, М. И. Дик и др. // *Металлургия и коксохимия : межвед. научн.-техн. сборник* – Киев : Техника, 1972. – Вып. 29. – С. 62-68.
6. К вопросу о механизме загромождения горна доменных печей [Текст] / *А. М. Лана*, К. И. Котов, А. М. Жак и др. // *Металлургия и коксохимия : межвед. научн.-техн. сборник* – Киев : Техника, 1972. – Вып. 29. – С. 57-62.
7. *Шлыков, Н. Е.* Повышение износостойкости воздушных фурм доменных печей [Текст] / Н. Е. Шлыков, С. Л. Лившиц // *Металлург*. – 1981. – № 4. – С. 10.

Стаття надійшла до редакції 16.03.2012 р.

Рецензент, проф. М.Ф. Колесник