

РОЗДІЛ «МЕТАЛУРГІЯ»

УДК 669.184.125

СИГАРЕВ Е.Н., д.т.н., профессор
НЕДБАЙЛО Н.Н., аспирант
ГУРЖИЙ Д.О., аспирант

Днепродзержинский государственный технический университет

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ
ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ ДЛЯ ПАО «ДМКД»

Введение. В настоящее время технологический маршрут производства стали на ПАО «Днепровский металлургический комбинат им. Ф.Э.Дзержинского» (ПАО «ДМКД») в основном определяется сортаментом производимой продукции, качеством используемого сырья и топлива, использованием современных технологий и оборудования для их реализации.

Постановка задачи. В доменных печах доменного цеха ПАО «ДМКД» выплавляется передельный чугун с удельным расходом кокса, в среднем, 520 кг/т чугуна и выходом шлака 485 кг/т чугуна с основностью 1,22. Из-за сырьевых условий и неритмичной работы в конвертерный цех поставляется передельный низкомарганцовистый чугун с широким диапазоном колебаний по составу (C=4,0-4,5%; Si=0,70-1,10%; Mn=0,08-0,40%; S=0,022-0,025%; P=0,045-0,065%) и температуре (1280-1340°C) перед заливкой в конвертер.

Из доменного цеха передельный чугун поступает в миксерное отделение конвертерного цеха в 100-т чугуновозных ковшах. Химический состав доменного шлака на поверхности чугуна в ковше (1-3% от массы чугуна) характеризуется следующими значениями, в среднем: 48,2% CaO, 39,2% SiO₂, 5,6% MgO, 5,5% Al₂O₃, 0,19% MnO, 0,35% FeO, 1,20% S. Перед заливкой в конвертер шлак скачивается на МСШ.

В отделении десульфурации чугуна кислородно-конвертерного цеха завершается монтаж установки для десульфурации чугуна (УДЧ) по технологии «Krupp Polysius» (Германия). Предложенная к реализации технология десульфурации предусматривает вдувание смеси порошкообразной извести с магнезией вглубь расплава в потоке азота в заливочных ковшах.

В силу сложившихся условий применяемые в конвертерном цехе ПАО «ДМКД» технологии выплавки стали и горячего ремонта футеровки 250-т конвертеров характеризуются рядом недостатков:

- в отличие от современных технологий [1-3] в конвертерах ПАО «ДМКД» осуществляется глубокий «передув» ванны (до 0,03-0,04%С) с удалением до минимальных концентраций всех примесей (Si, Mn, S и P) и нагревом последнего до температуры 1640-1680°C, что приводит к перерасходу ферросплавов, присаживаемых при выпуске расплава в ковш;

- с целью экономии чугуна шихтовка плавки ведется с повышенным расходом металлического лома (18,8-22,9% от веса металлошихты 262-264 т), что не соответствует условиям теплового баланса плавки при переделе чугуна доменного цеха ПАО «ДМКД» [4];

- сложности в протекании десульфурации расплава, значительный расход извести (70-80 кг/т стали) из-за необходимости ошлакования оксида кремния и удаления серы при высоком содержании Si и S в чугуне;

- образование настывей на стволе фурмы, конической части и горловине конвертера, особенно при формировании шлака с повышенным содержанием MgO (8-10%)

присадкой дорогостоящих магнезиальных флюсов с целью последующего формирования шлакового гарнисажа на футеровке конвертера. Раздувка шлака с использованием специальной водоохлаждаемой гарнисажной фурмы с шестью соплами Лаваля, сгруппированными по три в направлении цапф конвертера, обеспечивает нанесение шлакового гарнисажа преимущественно на цапфенные зоны конвертера.

Последующая ковшовая обработка выпускаемого из конвертера железоуглеродистого полупродукта с доведением его по составу и температуре до заданной марки стали, перед разливкой стали на МНЛЗ, производится на установках ковш-печь (УКП).

Результаты работы. С учетом указанных выше недостатков и анализа результатов выполненных исследований энергоэффективный технологический маршрут производства качественного железоуглеродистого полупродукта (0,015-0,020% S на выпуске из конвертера) в сырьевых условиях ПАО «ДМКД» может быть представлен следующими этапами.

Одна или несколько доменных печей переводятся на работу на пониженной с 1,22 до 1,10 основности (CaO/SiO_2) шлака с применением безмарганцевистой железосодержащей шихты. В результате снижения нагрузки на доменную печь при использовании высокосернистого (1,5-2,0% S) украинского кокса обеспечивается выплавка передельного чугуна пониженной стоимости с концентрациями марганца (0,08-0,15%), кремния (0,60-0,70%), серы (0,06-0,09%) и фосфора (0,045-0,065%). В соответствии с выполненными по методикам [5, 6] расчетами обеспечивается уменьшение расхода кокса и известняка на 22,5 и 14,3 кг/т чугуна соответственно, снижение выхода шлака на 24 кг/т чугуна, повышение производительности на 5% и улучшение хода доменной печи [7].

На следующем этапе предлагаемого маршрута передельный чугун подвергается ковшовому рафинированию на модернизированной УДЧ в 200-т заливочных ковшах с одновременным удалением Si (до 0,25-0,30%) и S (0,008-0,010%) вдуванием кислорода и порошкообразных десульфураторов через одну [8] либо две [9] погружные фурмы.

После скачивания шлака с поверхности расплава заливочный ковш с чугуном передается в конвертерный цех. Последующий передел рафинированного по кремнию и сере чугуна проводится в кислородном конвертере с верхней, а в наилучшем варианте с комбинированной продувкой ванны по малошлаковой технологии через трехконтурную фурму [10] с элементами жидкофазного восстановления добавок марганецсодержащего сырья (марганцевого концентрата и/или агломерата) взамен части охлаждающего скрапа (или лома) и частичным дожиганием отходящих газов.

По ходу продувки конвертерной ванны осуществляется формирование с начала операции жидкоподвижного высокоосновного шлака с оптимальным содержанием MgO (5-8% MgO) и повышенной фосфор- и серопоглотительной способностью. В соответствии с расчетами расход извести, в сравнении со штатной технологией, сокращается на 20-30 кг/т стали. В результате при минимальном расходе плавикового шпата обеспечивается продувка ванны в режиме «заглубленных» основных сверхзвуковых кислородных струй, истекающих из сопел Лаваля наконечника трехконтурной фурмы, при вдувании порошкообразного марганцевого концентрата, с прекращением продувки на содержании 0,12-0,20% C, обеспечением концентрации марганца 0,25-0,30% и увеличением выхода годного на 0,3-0,8%. По окончании продувки железоуглеродистый расплав выпускается в сталеразливочный ковш и передается на установку ковш-печь для доведения его по составу и температуре до заданной марки стали.

Для дальнейшего повышения стойкости периклазоуглеродистой футеровки конвертеров на завершающем этапе предлагаемого маршрута проводится операция раздувки конечного шлака газопорошковыми струями, формируемыми с использованием специальной гарнисажной фурмы [11], с формированием шлакового гарнисажа повышенной стойкости на всей поверхности футеровки конвертера [12].

Для реализации газопорошковой раздувки шлака двухфурменная каретка машины подачи верхнего дутья в конвертер оснащается, кроме продувочной трехконтурной фурмы [10], второй газоохлаждаемой двухъярусной гарнисажной фурмой [11]. Фурма обеспечивает вдувание в шлаковую ванну дешевых порошкообразных магниезиальных материалов непосредственно по ходу раздувки с повышением содержания в шлаке MgO до 9-12%.

Расчет материально-энергетического баланса (табл.1) и ожидаемой экономической эффективности реализации предложенного технологического маршрута с учетом сырьевых условий ПАО «ДМКД» проведен по следующей схеме.

Таблица 1 – Энергозатраты на выплавку передельного чугуна в доменной печи ПАО «ДМКД» по штатной (ШТ) и предлагаемой технологии (ПТ)

№	Наименование сырья и вид топлива	Ед. изм.	Э, МДж/ед.	Уд. расход,	ЭЗ,	Уд. рас-	ЭЗ,	Δ уд. расхода, ед./т	Δ ЭЗ, ГДж/т
				ед./т	ГДж/т	ход, ед./т	ГДж/т		
				ШТ	ШТ	ПТ	ПТ		
1	Агломерат	кг/т	2,2	1557,2	3,43	1557,2	3,43	0	0
2	Окатыши	кг/т	3,4	207,8	0,71	207,8	0,71	0	0
3	Природный газ	м ³ /т	37,6	77,2	2,90	77,2	2,90	0	0
4	Кокс	кг/т	40,4	520,0	21,01	497,5	20,01	-22,5	-1,0
5	Известняк	кг/т	0,6	49,0	0,029	34,7	0,021	-14,3	-0,008
6	Марганец-содержащий шлак	кг/т	12,6	16,0	0,21	0	0	-16,0	-0,21
7	Технический кислород	м ³ /т	6,8	82,0	0,56	80,0	0,54	-2,0	-0,02
8	Дутье	м ³ /т	1,15	2556,0	2,94	2548,0	2,93	-8,0	-0,01
9	Электроэнергия	кВт·ч	11,25	90,0	1,01	87,0	0,97	-3,0	-0,04
10	Всего:				32,79		31,60		-1,19
11	Утилизируемый доменный газ	м ³ /т	4,0	1700,0	6,80	1640,0	6,56		+0,24
12	Итого:				25,99		25,04		-0,95

здесь и в следующих таблицах: Э – энергоемкость; ЭЗ – энергозатраты

Расчет затрат первичной энергии на выплавку передельного чугуна выполнен на основании показателей работы доменных печей ПАО «ДМКД» [6] с использованием методики, основанной на материальных балансах процесса [13], с учетом сокращения выхода колошникового газа при снижении расхода известняка [14] и утилизации вторичных энергоресурсов.

Ожидаемое снижение содержания кремния в чугуне на 0,3% сопровождается уменьшением удельного расхода кокса на 4,3% и сокращением затрат энергии на 950 МДж/т чугуна. Себестоимость выплавки чугуна снижается на 1,2%.

Сопоставление основных затрат и ожидаемых показателей при десульфурации чугуна по технологиям «ESM» (США) и «Krupp Polysius» (Германия) и предложенным способам одновременного удаления Si и S [8, 9] представлено в табл.2. Наименьшие суммарные затраты (40,63 грн/т) обеспечиваются при вдувании смесей на основе доломитизированной извести с магнием вглубь расплава через две погружные фурмы [9].

Суммарные энергетические затраты на ковшовое рафинирование передельного чугуна с одновременным удалением Si и S по предложенным способам [8, 9] на 48,96-98,42 МДж/т чугуна меньше затрат на только десульфурацию (до 0,010% S) чугуна по технологиям «ESM» (США) и «Krupp Polysius» (Германия) (табл.3). При этом энерго-содержание рафинированного чугуна (0,30% Si и 0,010% S) с повышенной после обработки на 62⁰С температурой в сравнении с обычным передельным чугуном (0,90% Si) незначительно изменяется (с 10,02 МДж/т до 9,96 МДж/т чугуна).

Таблица 2 – Основные затраты на обработку по технологиям [8, 9] в сравнении с десульфурацией чугуна по технологиям «ESM» и «Krupp Polysius»

№	Показатель	Обработка чугуна в 200-т ковше		Обработка чугуна в 200-т ковше	
		Вдувание смеси Mg+CaO. «ESM»	Вдувание смеси CaO/Mg+CaO [9]	Вдувание смеси Mg+CaO. «KP»	Вдувание CaO [8]
1	Расход реагентов, кг/т чугуна:				
	– алюминия	-	0,30	-	0,75
	– магнезия	0,81	0,48	0,84	0
	– извести	4,30	4,01	4,80	10,7
2	Содержание в чугуне (до/после), %:				
	– серы	0,06/0,01	0,06/0,01	0,06/0,01	0,06/0,01
	– кремния	0,60/0,60	0,60/0,30	0,60/0,60	0,60/0,30
3	Количество дополнительно образующегося в ковше шлака, кг/т	10,1	8,89	11,2	19,2
4	Потери чугуна с дополнительно образующимся шлаком, кг/т чугуна	4,61	4,06	5,10	8,76
5	Изменение температуры чугуна после обработки, °С	-17	+62	-23	+54
6	Затраты, грн/т				
	а) на алюминий	0	3,60	0	9,0
	б) на магнезий	29,71	17,60	30,81	0
	в) на известь	8,76	8,15	9,78	21,80
	г) на погружную фурму (фурмы)	3,26	4,73	1,63	2,36
	д) на потери чугуна со шлаком	18,87	16,63	20,86	35,76
	е) на потери температуры чугуна	2,77	-10,11	3,75	-8,80
7	Суммарные затраты на обработку (по п.п. «а - е»), грн./т чугуна	63,41	40,63	66,83	60,14

Таблица 3 – Энергозатраты на ковшовое рафинирование чугуна по сере и кремнию по технологиям [8, 9] в сравнении с десульфурацией чугуна по технологиям «ESM» (США) и «Krupp Polysius» (KP, Германия)

№	Показатель	Обработка чугуна в 200-т ковше				Обработка чугуна в 200-т ковше			
		Вдувание Mg+CaO. «ESM»		Вдувание смеси CaO/Mg+CaO		Вдувание Mg+CaO. «KP»		Вдувание CaO	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Расход реагентов, кг/т:	ед./т	Э, МДж/т	ед./т	Э, МДж/т	ед./т	Э, МДж/т	ед./т	Э, МДж/т
	– алюминия	-	0	0,30	55,80	-	0	0,75	139,5
	– магнезия	0,81	142,1	0,48	84,24	0,84	147,42	-	0
	– извести	4,30	35,65	4,01	33,24	4,80	39,80	10,70	88,7
2	Расход, м ³ /т:								
	– азота	0,80	2,67	1,0	3,34	0,40	1,34	0,30	1,0
	– кислорода	0		2,40	16,32	0	0	2,70	18,36

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Изменение $T_{\text{чуг}}$, °С	-17	23,8	+62	-86,80	-23	32,20	+54	-75,6
4	Расход – футеровки – фурмы, кг/т	0,18	2,96	0,16	2,64	0,12	1,98	0,11	1,82
5	Суммарные энергозатраты	207,2		108,78		222,74		173,78	

Для оценки технико-экономических и материально-энергетических показателей (табл.4) штатной и предложенной малошлаковой технологии конвертерной плавки применили модель [15], учитывающую изменение расходов шихты и кислорода при прекращении продувки на содержании углерода 0,12-0,20%. Использование в шихте конвертерной плавки предварительно рафинированного по кремнию и сере (0,30% и 0,010% соответственно) чугуна с повышенной после рафинирования на 62⁰С температурой позволяет уменьшить расход чугуна на 24,8 кг/т стали (ТТИ-1.-8-15-22-86, ИЧМ).

Таблица 4 – Материально-энергетический баланс выплавки стали по штатной (ШТ) и предлагаемой (ПТ) [7] технологии в условиях КЦ ПАО «ДМКД»

№	Показатель	Уд. расход, ед./т стали		Изменение показателя	Δ уд. ЭЗ, МДж/т
		ШТ	ПТ		
1	Чугун, кг/т	859,32	834,52	-24,80	+620,99
2	Лом, кг/т	264,30	284,99	+20,69	-146,89
3	Скрап, кг/т	38,90	30,40	-8,50	+1,70
4	Марганцевый концентрат, кг/т	0	7,50	+7,0	-18,75
5	Уголь (АС), кг/т	2,0	6,0	+4,0	+124,0
6	[Si] _{чуг} , %	0,90	0,30	-0,60	-181,08
7	Известь, кг/т	80,0	50,0	-30,0	+162,0
8	Магнезиальные добавки, кг/т	3,0	0	-3,0	+9,41
9	Доломит, кг/т	2,30	2,10	+6,30	+6,30
10	Раскислители, кг/т: - FeMn - FeSi	5,70 5,21	1,90 4,34	-3,80 -1,13	+210,0 +79,0
11	Технический O ₂ , м ³ /т	54,90	51,70	-3,2	+21,76
12	$T_{\text{чуг}}$, °С	1340	1402	+62,0	+86,80
13	$T_{\text{ст}}$ на выпуске, °С	1660	1605	-55,0	-93,50
14	Расход огнеупоров, кг/т	2,81	1,60	-1,21	+19,96
15	Продолжительность продувки, мин	18,0	17,5	0,5	+1,43
16	Выход шлака, кг/т	146,90	91,20	-32,20	+43,59
17	Содержание (FeO), %	20,0	16,0	-4,0	-13,52
18	Всего, МДж/т: - экономия энергии - перерасход энергии				+1387,0 -453,0
19	Суммарный энергетический эффект, МДж/т:				933,0

В случае реализации малошлаковой технологии конвертерной плавки с жидкофазным восстановлением марганца [10] ожидаемый экономический эффект (49,6 грн/т выплавленной стали) достигается за счет сокращения цикла плавки на 0,5 мин, снижения расхода чугуна на 24,8 кг/т стали, извести на 30 кг/т стали, марганцевых ферросплавов на 3,8 кг/т и плавикового шпата на 0,2-0,4кг/т стали, увеличения выхода жидкого на 0,5% при использовании добавок порошкообразного марганцевого концентрата (7,3 кг/т). Снижение энергетических затрат составит 933,0 МДж/т стали.

При реализации предложенной авторами технологии формирования шлакового гарнисажа на футеровке [16] наименее энергозатратным (88,6 МДж/т) является применение порошкообразного сырого доломита с учетом исключения расхода воды на охлаждение газопорошковой гарнисажной фурмы и сокращения удельного расхода азота на раздувку шлаковой ванны (табл.5).

Таблица 5 – Основные показатели операции ошлакования футеровки 250-т конвертера ПАО «ДМКД» с использованием штатной (ШФ) и предложенной двухъярусной (ДФ) [11] гарнисажных фурм (ГФ)

№	Показатель	Тип гарнисажной фурмы			
		ШФ 6-тисопловая	ШФ 6-тисопловая	ДФ 8-мисопловая	ДФ 8-мисопловая
1	2	3	4	5	6
1	Расход магнезиальных добавок, кг/т стали: - магнезиальный флюс - ФДФ - сырой доломит - обожженный доломит	3,8/- - - -	- 12,8/- - -	- - -9,6 -	- - - -5,8
2	Потери магнезиальных добавок с отходящими газами, кг/т стали	1,44	4,86	0,48	0,26
3	Изменение содержания (MgO) в шлаке, %	+0,31	+0,57	+2,0	+2,0
4	Расход азота на раздувку шлака, м ³ /т стали	17,0	15,3	11,9	12,9
5	Расход воды на охлаждение ГФ, м ³ /т	10	10	0	0
6	Продолжительность операции раздувки шлака, мин.	<u>4,0-6,0</u> 5,0	<u>4,0-5,0</u> 4,5	<u>3,0-4,0</u> 3,5	<u>3,5-4,5</u> 4,0
7	Изменение стойкости футеровки, пл.	0	-200	+500	+700
8	Интенсивность износа футеровки, мм/пл.	0,29	0,31	0,27	0,25
9	Затраты, грн./т стали на: - магнезиальные добавки - азот - охлаждающую воду	12,92 1,36 4,80	23,52 1,36 4,20	7,68 0,96 0	8,23 1,09 0
10	Всего затрат на ошлакование футеровки, грн./т стали	19,08	29,08	8,64	9,32
11	Изменение ЭЗ, МДж/т: - магнезиальные добавки - азот - охлаждающую воду	17,14 117,3 12,0	48,13 234,10 11,04	6,49 82,11 0	17,46 89,11 0
12	Всего ЭЗ на ошлакование футеровки, МДж/т стали	146,44	293,27	88,60	106,57

* расчетные значения

Ожидаемый экономический эффект (19,38 грн/т стали в год) достигается за счет замены меди рядовой углеродистой сталью для изготовления наконечника гарнисажной фурмы, снижения расхода огнеупоров на 1,21 кг/т стали, увеличения стойкости футеровки на 5,8% и повышения производительности конвертеров.

В целом, ожидаемое суммарное сокращение энергетических затрат на доменную плавку, ковшовое рафинирование передельного чугуна по кремнию и сере, выплавку стали и ошлакование футеровки конвертера по предложенному технологическому маршруту в сравнении со штатной технологией составляет 1,832 ГДж/т стали.

Выводы. Реализация предложенного технологического маршрута производства железобоксидного полупродукта на этапах «доменная печь – кислородный конвертер» перед доводкой расплава на установке ковш-печь в сырьевых условиях работы ПАО «ДМКД» позволит обеспечить сокращение энергозатрат в сравнении с принятой технологической схемой на 1,832 ГДж/т стали (6,9%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Freely B. Implementation of the Bath Agitation Process on BOF Vessels / B.Freely, J.Madill, M.Evans // AIS Tech 2006 Proceedings. – 2006. – №1. – P.685-695.
2. Ughadpada K. Production improvement of No.2 BOSP at ESAI / Ughadpada K., Briglio S., Mohammed G. // Iron and Steel Technology. – 2010. – №11. – P.59-64.
3. Цзян Л. Оптимизация системы комбинированной продувки 300-тонного конвертера на заводе фирмы VAOSTEEL / Л.Цзян, Ч.Чзи-чаг, Ч.Хон-мин // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – №6. – С.48-52.
4. Сигарев Е.Н. Технологические аспекты производства высококачественной стали / Е.Н.Сигарев // Металл и литье Украины. – 2005. – №3-4. – С.93-95.
5. Волков Ю.П. Технолог-доменщик: справочник / Волков Ю.П., Шпарбер Л.Я., Гусаров А.К. – М.: Металлургия, 1986. – 263с.
6. Сафина Л.О. Выбор оптимального состава доменного шлака / Л.О.Сафина // Збірник наукових праць Дніпродзержинського технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2009. – Вип. 1(12). – С. 9-13.
7. Сигарев Е.Н. Ресурсосбережение в производстве высококачественной конвертерной стали // Е.Н.Сигарев, А.Г.Чернятевич, В.Н.Селищев / Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2002. – №7. – С.60-64.
8. Пат. № 76749 Україна. Спосіб ківшового рафінування чавуну / Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Чубін К.І., Чубіна О.А.; заявник і патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. унів-т. – Бюл. №1, 2013 р.
9. Пат. № 79003 Україна. Спосіб ківшового рафінування чавуну / Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Чубін К.І., Чубіна О.А., Березіна О.В.; заявник і патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. унів-т. – Бюл. №7, 2013 р.
10. Чернятевич А.Г. / Варианты продувки конвертерной ванны с жидкофазным восстановлением добавок марганецсодержащего сырья / А.Г.Чернятевич, Е.Л.Мастеровенко, Е.Н.Сигарев // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – №7. – С.112-118.
11. Пат. №74235 Україна. Фурма для нанесення шлакового гарнісажу на футерівку конвертера / Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Чубін К.І., Мальцев В.Г.; заявник і патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. унів-т. – Бюл. №20, 2012 р.
12. Пат. №74236 Україна. Спосіб нанесення шлакового гарнісажу на футерівку конвертера / Чернятевич А.Г., Сігарьов Є.М., Чубін К.І., Чубіна О.А.; заявник і патентовласник Дніпродзерж. держ. техн. унів-т. – Бюл. №20, 2012 р.
13. Процессы бескоксовой металлургии: энергетическая, экологическая, экономическая оценка: монография / В.П.Ивашенко, Ю.С.Паниотов, В.Д.Зеликман [и др.]. – Дніпропетровськ: РВА «Дніпро-VAL», 2003. – 104с.
14. Сущенко А.В. Влияние содержания кремния в чугуне на энергопотребление доменного и конвертерного процессов / А.В.Сущенко, М.А.Томаш, А.А.Томаш // Вісник ПДТУ. – Маріуполь. – 2009. – Вип. 19. – С.13-16.

15. Динамическая прогнозирующая модель конвертерного процесса на принципах неравновесности металлургических реакций / Ю.Н.Яковлев, Л.В.Камкина, Е.Н.Сигарев [и др.] // Труды II Конгресса сталеплавильщиков. ОАО «Черметинформация». – М., 1994. – С.118-120.
16. Двухъярусная гарнисажная фурма для конвертера ПАО «ДМКД» / Е.Н.Сигарев, Н.Н.Недбайло, Д.А.Семенова [и др.] // Збірник наукових праць Дніпродзержинського технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2014. – Вип. 2(25). – С.9-16.

Поступила в редколлегию 17.09.2014.

УДК 669.184.125

СИГАРЕВ Е.Н., д.т.н., профессор
СИГАРЕВ Н.К., к.т.н., доцент
СЕМЕНОВА Д.А., аспирантка
БАЙДУЖ Ю.В., аспирант

Днепродзержинский государственный технический университет

ТОПОГРАФИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА

Введение. На основании промышленного опыта принято выделять следующие характерные режимы эксплуатации кислородного конвертера, футерованного периклазоуглеродистыми огнеупорами:

- без проведения текущих ремонтов;
- периодическое нанесение модифицированного присадками специальными магнезиальносодержащих добавок конечного конвертерного шлака на футеровку раздувочной газовой струями после выпуска стали в сталеразливочный ковш;
- торкретирование и подварка магнезиальносодержащими материалами наиболее изношенных мест.

При этом наиболее затратной статьей на поддержание футеровки в рабочем состоянии остаются горячие ремонты методом подварки, доля которых составляет 34-38% от общих затрат на огнеупоры и огнеупорные материалы (83-87% затрат на горячий ремонт футеровки).

Постановка задачи. Продолжительное время рабочий слой футеровки кислородных конвертеров выполнялся из периклазоуглеродистых огнеупоров по двухслойной схеме кладки общей толщиной 1000-1050 мм в различных комбинациях (500+500, 525+525 и т.п.). Однако, как установлено по результатам промышленной эксплуатации, при небольшой остаточной толщине первого рабочего слоя (50-100 мм со стороны рабочего пространства конвертера) происходит выпадение остатков изношенных огнеупорных изделий с соответствующим увеличением затрат и сокращением продолжительности кампании агрегата.

Последние годы характеризуются стремлением к перманентному повышению стойкости футеровки конвертеров, в том числе за счет применения сбалансированной зональной схемы кладки огнеупорных изделий с учетом особенностей и преобладающих факторов износа отдельных зон. В таком случае в различных зонах футеровки конвертера используются отличающиеся по качеству и составу изделия (т.н. дифференцированная кладка), что, в конечном счете, приводит к относительно равномерному износу футеровки.

На начальном этапе при разработке и внедрении дифференцированной кладки и уходе за ней в течение кампании на большей части предприятий использовали визуальный контроль износа огнеупорного слоя, характеризующийся невысокой точностью и субъективностью оценки. Масса и толщина намороженного раздувочной шлаковой ванны