



It is established experimentally that increase of intensity of metal blowout in arc steel furnace is accelerating the dissolving of lime in slag. The operative regime of blowout in the arc furnace BMZ practically does not exert considerable influence on sulfur content in metal. It is shown that fettling wear in a complicated way depends on intensity of metal blowout what is connected with its dependence on FeO and SiO₂ content.

В. Ф. СОБОЛЕВ, БНТУ, Н. В. АНДРИАНОВ, С. В. ТЕРЛЕЦКИЙ, М. А. МУРИКОВ, РУП «БМЗ»,
А. А. ЧИЧКО, БНТУ

УДК 519.669.27

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДОННОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ РАСТВОРЕНИЯ ИЗВЕСТИ, ДЕФОСФОРАЦИЮ И ДЕСУЛЬФУРАЦИЮ МЕТАЛЛА В ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Технология выплавки стали в дуговых электропечах прошла длительный исторический путь развития. По сравнению с первыми электропечами показатели современных мощных сталеплавильных печей многократно выросли. Это стало возможно благодаря непрерывному совершенствованию и оптимизации процесса плавки. Одним из путей повышения производительности современных дуговых сталеплавильных печей является применение систем донной продувки ванны инертными газами, такими, как азот, аргон. После введения в эксплуатацию на Белорусском металлургическом заводе установки донной продувки возникла необходимость оценки влияния донного перемешивания металла на ряд сталеплавильных процессов, определяющих в конечном счете экономическую целесообразность применения любого способа совершенствования имеющихся технологий.

Целью данной работы являлось исследование влияния продувки металла на растворение извести, эрозию футеровки печи, а также его дефосфорацию и десульфурацию.

Для реализации цели выполнения работы анализировали данные опытных и сравнительных плавков. Плавки проводили на дуговых печах РУП «БМЗ». Плавка 24418 без донной продувки, плавки 14084 и 14085 с донной продувкой и режимом, предложенным фирмой-изготовителем, на плавке 14332 устанавливался первый опытный режим (с увеличением интенсивности продувки по отношению к фирменному), на плавке 14333 – второй опытный режим (с увеличением интенсивности продувки по отношению к первому опытному).

Растворение извести

В ходе работы был проведен химический анализ шлака опытных плавков. Его результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав шлака

Номер плавки	Марка стали	Номер пробы	Содержание химических компонентов в шлаке, %									B*	A**
			Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	FeO	MnO	Cr ₂ O ₃	S	P ₂ O ₅		
24418	C20D*	11	4,13	18,72	49,19	4,51	16,43	5,54	0,752	0,125	0,602	2,6	0,72
		12	3,68	19,07	50,93	5,08	14,62	5,09	0,661	0,148	0,580	2,7	0,64
14084	1060**	11	4,53	17,80	55,16	3,31	15,20	2,93	0,626	0,291	0,503	3,1	0,68
		12	4,52	16,50	55,54	2,93	16,82	3,30	0,700	0,000	0,486	3,4	0,80
14085	1060**	11	3,20	16,39	53,81	2,50	18,03	3,63	0,797	0,127	0,558	3,3	0,92
		15	3,18	16,10	56,03	3,52	16,72	3,07	0,445	0,129	0,588	3,5	0,87
14332	C10D*	12	3,41	15,41	46,89	3,91	21,52	4,72	1,093	0,115	0,621	3,0	1,14
14333	C10D*	11	2,99	12,35	47,17	3,91	22,61	4,13	0,974	0,135	0,573	3,8	1,47
		12	2,91	12,03	46,51	4,12	22,88	4,24	0,982	0,137	0,554	3,9	1,53
		13	2,93	13,94	46,66	4,37	22,37	4,28	0,915	0,117	0,577	3,3	1,33

* Основность шлака (CaO)/(SiO₂).

** Отношение (FeO)/(SiO₂+Al₂O₃).

Известно, что формирование шлака происходит в результате окисления компонентов шихты, взаимодействия с футеровкой и присадки извести [1]. Поскольку FeO повышает пропитываемость извести шлаком, снижает температуру плавления и вязкость шлака, то от его содержания зависит и скорость растворения извести. При увеличении отношения A от 0,11 до 0,25 скорость растворения извести повышается в 2 раза. Дальнейшее увеличение этого отношения до 1,6 сопровождается небольшим увеличением скорости растворения извести.

Из приведенных данных видно, что на плавках с донной продувкой величина отношения A больше, чем без продувки и растет с увеличением интенсивности продувки не только за счет увеличения FeO, но и уменьшения SiO₂.

При перемешивании также повышается скорость обтекания шлаком кусков извести, увеличивается коэффициент массопереноса ионов кальция в диффузионном слое, уменьшается толщина диффузионного слоя. В работе была определена скорость массопереноса оксида кальция через диффузионный слой. Как известно, ее можно определить по выражению [1]:

$$V_{(CaO)} = \frac{\beta_{CaO} ((CaO)_{нас} d_{нас} - (CaO)_{\psi} d_{\psi})}{((CaO)_{изв} - (CaO)_{\psi}) d_{изв}}$$

где β_{CaO} – коэффициент массопереноса, м/с; $(CaO)_{нас}, (CaO)_{\psi}, (CaO)_{изв}$ – содержание оксида кальция соответственно в насыщенном расплаве, шла-

ке и извести, %; $d_{нас}, d_{\psi}, d_{изв}$ – соответственно плотность насыщенного расплава, шлака и извести, кг/м³.

Принимая $d_{нас} = d_{\psi} = 3030$ кг/м³; $d_{изв} = 1550$ кг/м³; $\beta_{CaO} = 1,3 \cdot 10^{-5}$ м/с; $(CaO)_{нас} = 70\%$ [1], а также $(CaO)_{изв} = 92\%$ по результатам входного контроля и используя значение конечного содержания CaO в шлаке из табл. 1, получаем следующие значения скорости массопереноса извести:

Номер плавки	$V_{(CaO)}$, м/с
14084	$1,02 \cdot 10^{-5}$
14085	$1,08 \cdot 10^{-5}$
14332	$1,30 \cdot 10^{-5}$
14333	$1,31 \cdot 10^{-5}$
24418	$1,23 \cdot 10^{-5}$

Диаграмма зависимости скорости растворения извести от интенсивности донной продувки ванны инертным газом приведена на рис. 1. Из рисунка видно, что скорость растворения извести сначала заметно возрастает при повышении скорости перемешивания. Затем эта зависимость становится менее заметной и при достижении определенной критической скорости V_{CaO} не изменяется. Дальнейшее увеличение скорости растворения извести определяется повышением скорости плавления. С увеличением размеров кусков извести критическая скорость перемешивания также возрастает [1].

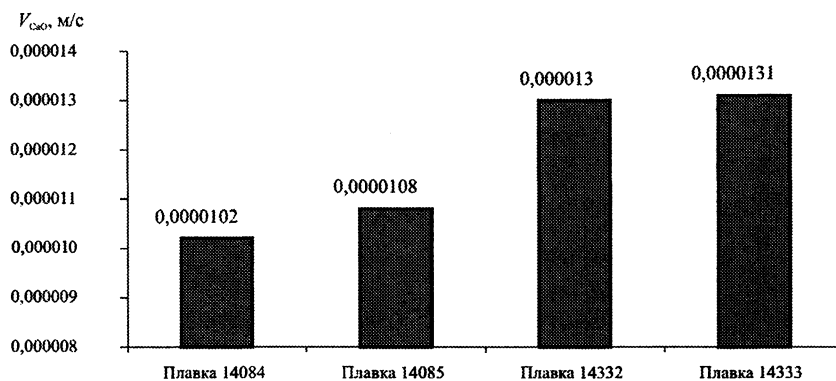


Рис. 1. Скорость растворения извести при различной интенсивности донной продувки

Эрозия футеровки печи

Присутствие оксида магния в шлаке объясняется эрозией периклазоуглеродистой футеровки печи. Повышение MgO в шлаке до 6% несколько снижает вязкость шлака и увеличивает скорость растворения извести, при содержании более 6% вязкость шлака и растворимость извести снижаются. На плавках без использования донной продувки содержание оксида магния в шлаке выше, чем на плавках с существующим режимом, что объясняется более низким содержанием оксида кремния в шлаке, который действует разрушающе

на основную футеровку. Однако увеличение интенсивности продувки (опытные плавки с 1-м и 2-м опытными режимами) приводит к увеличению MgO в шлаке, что обусловлено повышением содержания FeO, который увеличивает коэффициент пропитки шлаком футеровки печи.

Дефосфорация

Раннее образование гомогенного высокоосновного шлака способствует процессу дефосфорации стали, так как он проходит в период плавления шихты, когда температура жидкого металла

относительно небольшая [2]. Из табл. 2 видно, что содержание фосфора в металле на плавке 24418 без донной продувки выше, чем на плавках с продувкой, и составило 0,0128 %.

Показателем процесса дефосфорации является коэффициент распределения фосфора между металлом и шлаком, который можно выразить отношением $(P)/[P]$. Данные опытных плавков приведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что коэффициент распределения фосфора выше на плавках с донной

продувкой как после расплавления металлошихты, так и перед выпуском плавки из печи, но зависимости от интенсивности продувки не наблюдается, возможно, из-за малого количества опытных плавков. Статистические данные показывают, что начальные (после расплавления металлошихты) и конечные (перед выпуском) содержания фосфора также ниже на плавках с донной продувкой и составили соответственно с продувкой 0,0045 и 0,0041%, без продувки – 0,0052 и 0,0048%.

Таблица 2. Степень дефосфорации на опытных и сравнительных плавках

Номер плавки	$(P)/[P]$	
	после расплавления металлошихты	перед выпуском плавки из печи
24418	20,5	33,2
14084	56,3	81,6
14085	38,1	45,3
14333	64,1	90,0

Десульфурация

Как и для процесса десульфурации, наличие гомогенного высокоосновного шлака уже в начальный период плавки способствует и десульфурации стали. Однако на удаление серы перемешивание не влияет столь существенным образом как для удаления фосфора, так как современная технология производства стали в ЭСПЦ не предусматривает

десульфурацию в печи и по статистическим данным ее степень составляет 20 %. Дальнейшее увеличение ее ведет к ухудшению технико-экономических показателей плавки. Согласно статистическим данным, содержание серы на плавках без продувки и с продувкой находится на одном уровне. На опытных плавках содержание серы после расплавления металлошихты приведено на рис. 2.

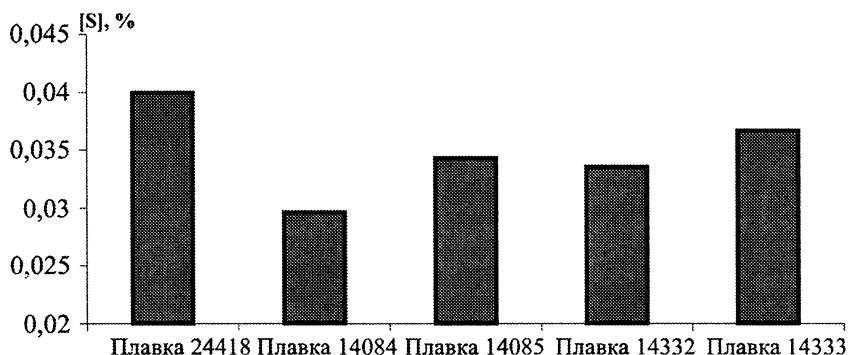


Рис. 2. Содержание серы в металле после расплавления шихты

Из рисунка видно, что содержание серы на плавке без продувки выше, чем с продувкой. Содержание серы начинает возрастать с увеличением интенсивности продувки и этому способствует повышение содержания закиси железа в шлаке с увеличением интенсивности продувки. Следует отметить, что при рассмотрении процесса продувки большое значение имеет начальное содержание серы. Причем, чем выше начальное содержание серы, тем больше степень десульфурации.

Выводы

1. Установлено, что увеличение интенсивности продувки металла в дуговой сталеплавильной печи ускоряет растворение извести в шлаке.

2. Действующий режим продувки в дуговой печи РУП «БМЗ» практически не оказывает существенного влияния на содержание серы в металле.

3. Показано, что износ футеровки сложным образом зависит от интенсивности продувки металла, что связано с его зависимостью от содержания FeO и SiO₂.

Литература

1. Сидоренко М.Ф. Теория и технология электроплавки стали. М.: Металлургия. 1985.
2. Гуляев М.П. Разработка ресурсосберегающей технологии выплавки стали в сверхмощных дуговых печах с использованием донной продувки инертными газами: Дис. ... канд. техн. наук. Мн., 2001.