

**С.И.Семыкин, В.Ф.Поляков, Е.В.Семыкина, Т.С.Кияшко,
С.А.Дудченко, В.В.Вакульчук.**

**УВЕЛИЧЕНИЕ ВЫХОДА ЖИДКОЙ СТАЛИ
ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛА СО ШЛАКОМ
ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Проведена качественная и количественная оценка потерь металла с металлическими корольками и окислами железа в шлаке по ходу продувки в кислородных конвертерах при использовании способа наложения на жидкую ванну электрических потенциалов. Выявлено существенное снижение массового количества металлических корольков в шлаке при электрических воздействиях по сравнению с обычными продувками.

Кислородные конвертер, потери металла, металлические корольки, электрический потенциал

Постановка задачи. В настоящее время на одно из первых мест по актуальности в области сталеплавильного производства выходит проблема ресурсосбережения. При этом наиболее перспективным направлением ее решения является увеличение выхода жидкой стали при неизменном расходе металлошихты. Основными источниками повышения выхода жидкого металла являются: уменьшение потерь железа с пылью в результате испарения, а также в виде его окислов и металлических корольков в скачиваемом или конечном шлаке.

Цель исследования – качественная и количественная оценка потерь металла с металлическими корольками и окислами железа в шлаке по ходу продувки плавки в конвертерах при использовании способа наложения на жидкую ванну электрических потенциалов по сравнению с плавками по традиционной технологии.

Изложение основных материалов исследования.

Проводимые ИЧМ исследования и результаты промышленного опробования способа наложения низковольтного электрического потенциала на конвертерную ванну показывают, что его применение способствует снижению потерь железа по всем упомянутым выше причинам, однако наиболее значимое место в общем снижении потерь приходится на долю сокращения количества (веса) металлических корольков (60 - 70% от общей величины снижения потерь). Подтверждением этого является тесная связь величины выхода жидкой стали и доли корольков в конечном шлаке, полученная при анализе данных, полученных при эксплуатации 60-т конвертера (рис. 1).

Исследования характера воздействия электрических потенциалов на количество (вес) и размеры корольков металла в шлаке по периодам продувки плавки проводили на 160-т конвертере, где в соответствии с разра-

ботанной программой исследований производили отбор проб шлака в период скачивания шлака на 8-9 минуте (этап 1), через 17-18 мин продувки - во время первой повалки конвертера (этап 2) и после додувки плавки на углерод или температуру, которая обычно заканчивается к 18-20 мин (этап 3). Остывшие пробы шлака взвешивали, размалывали и отмагничивали из них металлическую часть. Частицы металла рассеивали на 8 фракций (менее 0,05; 0,05 – 0,08; 0,08 – 0,16; 0,16 – 0,25; 0,25 – 0,50; 0,50 – 1,0; 1,0 – 2,0 и более 2 мм), которые взвешивали и определяли долевую часть каждой фракции в общей навеске шлака.

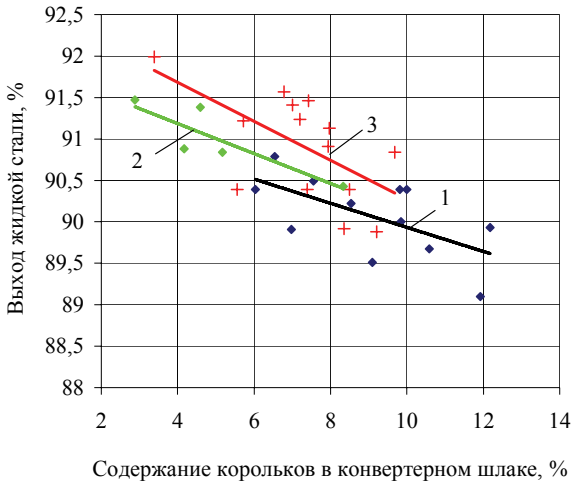


Рис.1. Зависимость выхода жидкой стали от содержания корольков в конвертерном шлаке: 1 – плавки без воздействий, 2 – при подводе тока отрицательной и 3 – положительной полярности к фурме

Оставшуюся после отмагничивания часть пробы шлака после подготовки передавали на спектральный и химический анализ, поскольку, кроме общего анализа состава шлака, оценивали содержание в нем окислов железа. Расчет потерь железа в виде окислов в шлаке $M_{FeO_{шл}}$ проводили, исходя из полученного процентного содержания железа общего в шлаке и массы его активной части, определяемой по степени окисления кремния и марганца. Полученные данные и результаты расчета приведены в табл.1. При расчете потерь металла с корольками на основании литературных данных было принято допущение, что крупные корольки (более 2 мм) частично оседают в металлическую ванну во время ожидания анализа, а более мелкие задерживаются в шлаке, поэтому данные разбиты на две группы в зависимости от размера корольков. Для оценки вероятности оседания корольков в шлаке по разработанной в ИЧМ методике рассчитывали физические параметры шлаков, в частности, вязкость (η), плотность (ρ) и поверхностное натяжение (σ). Изучали шлаки плавов, проведенных по трем вариантам: без воздействия (а) и при подводе к фурме тока отрицательной (б) и положительной (с) полярности.

Таблица 1. Результаты работы конвертеров с системой подвода низко-
вольтных электрических потенциалов (СПНЭП)

№	Показатели	Результаты работы конвертеров:		
		до включе- ния СПНЭП	работа СПНЭП	после вы- ключения СПНЭП
Конвертер емкостью 60-т				
1	Количество плавков, шт.	1820	1815	1805
2	Вес металлической шихты, т:	67,52	67,37	67,67
	- жидкого чугуна	60,07	59,30	59,94
	- металлического лома	6,6	7,24	6,99
	- железосодержащих брикетов	0,43	0,46	0,31
	- добавка ферросплавов в ковш	0,42	0,37	0,43
3	Вес стали (с недоливками), т	59,60	59,75	59,65
4	Содержание Si в чугуне,%	0,81	0,77	0,78
5	Содержание углерода в стали,%	0,26	0,26	0,27
6	Прирост температуры стали, °С	336 (-6)	342	338 (-4)
7	Удельные расходы, кг/т чугуна	1007,8	992,5	1004,9
	- металлического лома	110,7	121,17	117,18
	- железосодержащих брикетов	7,20	7,70	5,20
	- добавок ферросплавов в ковш	7,0	6,2	7,2
	- металлической шихты	1132,70	1127,57	1134,48
8	Выход жидкого металла,%	88,3 (-0,4)	88,7	88,2 (-0,5)
9	Расход электроэнергии, кВт×ч/т	-	0,11	-
Конвертер емкостью 160-т				
1	Количество плавков, шт.	128	130	132
2	Вес металлической шихты, т:	168,10	168,63	168,80
	- жидкого чугуна	128,76	129,00	128,60
	- металлического лома	37,87	38,40	38,74
	- добавка ферросплавов в ковш	1,47	1,23	1,46
3	Вес стали (с недоливками), т	150,4	151,6	150,7
4	Содержание Si в чугуне,%	0,88	0,84	0,90
5	Содержание углерода в стали,%	0,25	0,26	0,25
6	Прирост температуры стали, °С	268 (-18)	286	271 (-15)
7	Удельные расходы, кг/т чугуна	856,1 (+5,2)	850,9	853,3 (+2,4)
	- металлического лома	251,8	253,3	257,0
	- добавок ферросплавов в ковш	9,8	8,1	9,7
	- металлической шихты	1117,7	1112,3	1120,0
8	Выход жидкого металла,%	89,4 (-0,5)	89,9	89,3 (-0,6)
9	Расход электроэнергии, кВт×ч/т	-	0,095	-

Как следует из таблицы, процентное содержание $\text{FeO}_{\text{общ.}}$ в шлаке по ходу продувки плавки в большинстве случаев не в полной мере отражает массовый уровень потерь железа со шлаком, который зависит от общего количества шлака. Так, например, на сравнительных плавках отмечается заметное снижение процентного содержания железа в шлаке по ходу продувки, однако его масса, накопленная в шлаке на начальном этапе продувки, практически сохраняется до повалки конвертера на отбор проб металла. При отрицательной полярности в аналогичные периоды происходит частичное восстановление железа из оксидов шлака, а при положительной полярности - дополнительное окисление части железа из ванны. Лишь после додувки при высоком положении фурмы отмечается существенный прирост потерь металла независимо от изучаемых вариантов. В результате расчетов потерь железа на момент скачивания шлака установлено, что их минимальные значения соответствуют варианту с положительной полярностью, а максимальные - варианту без тока. Во время повалки конвертера для отбора металла на химический анализ минимальные потери отмечались при отрицательной полярности потенциала.

Анализ изменения массы корольков различного размера по ходу плавки показал, что в зависимости от длительности продувки общее количество корольков крупной фракции в шлаке снижается (рис.2, А), а для мелкой фракции наблюдается максимум, соответствующий этапу промежуточной повалки (рис.2, Б). Причем на плавках с применением электрического потенциала на момент скачивания шлака (1 этап продувки) и в конце плавки с додувкой (3 этап продувки) доля корольков более 2,0мм снижается по сравнению с обычными плавками. Некоторое увеличение их количества отмечено во втором периоде продувки. На момент вывода части шлака из конвертера и, что более важно, к концу плавки воздействие потенциала обеспечивает снижение количества корольков всех размеров по сравнению с обычными плавками. Поскольку, в случае выполнения операции по додувке плавки шлак после второго этапа остается в конвертере, то, наиболее вероятно, что крупная фракция осядет в металл за время этой операции (рис.3, А, этап 3). В случае отсутствия додувки возможно оседание крупных корольков за время ожидания химического анализа проб, для чего существуют наиболее благоприятные условия по физическому состоянию шлака в случае наложения положительной полярности потенциала на фурму (табл.2). Установлено, что использование низковольтных потенциалов изменяет соотношение между количеством крупных и мелких корольков (рис.3). Так, на первом этапе плавки это соотношение составляет 3 : 1 для положительной полярности и 7 : 1 - для отрицательной. На 2-м и 3-м этапах плавки это соотношение на обычных плавках приближается к 1:1, а при подведении потенциала составляет (1,5-2) : 1. Таким образом, наложение потенциала способствует не только уменьшению общего количества корольков в шлаке в целом, но и приво-

дит к их укрупнению, что обуславливает возможность их оседания в металл за время ожидания результатов анализа.

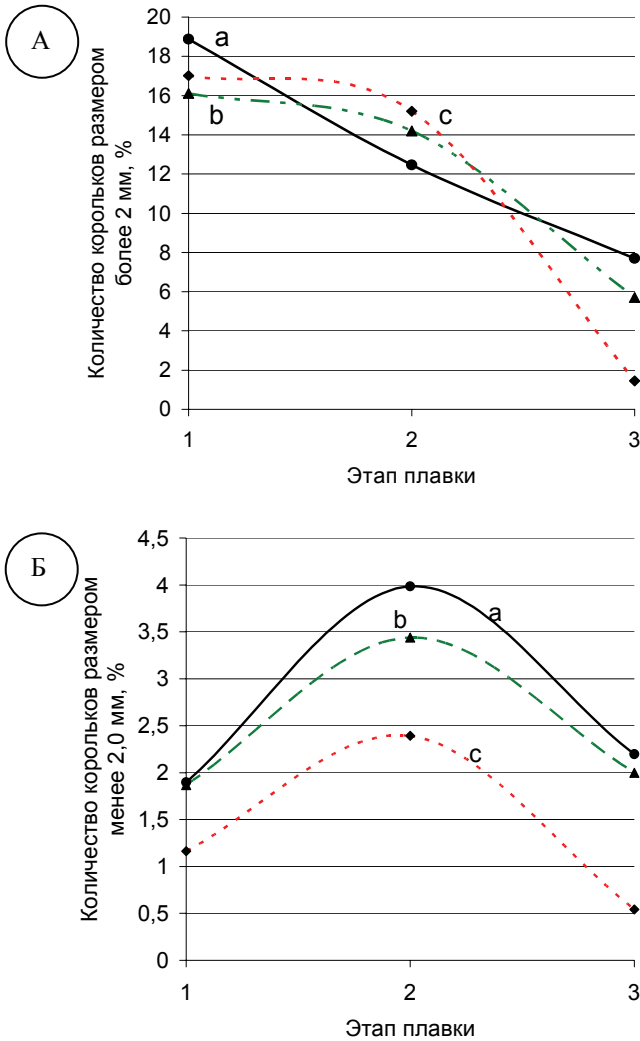


Рис. 2. Изменение количества крупных (А) и мелких (Б) корольков металла на различных этапах плавки: 1 – скачивание шлака, 2 – повалка конвертера для отбора проб металла, 3 – после додувки на углерод или температуру при ведении плавки: а – без воздействий, б – с подводом к фурме тока отрицательной, с – положительной полярности.

Таблица 2. Усредненные по вариантам исследования показатели шлака по периодам плавок

Этапы продувки	Варианты ведения плавки	FeO _{общ.} %	Расчетные параметры						Расчетные параметры			
			M _{шл.} , Т	M _{FeOшл} Т	η _{шл.} при 1500°С Па×с	σ _{шл.} , мН/м	ρ _{шл.} Т/М ³	N _{кор.} < 2,0М М %	N _{кор.} > 2,0мм, %	M _{кор.} < 2,0мм, Т	M _{кор.} >2,0мм, Т	ΣM _{ж.шл.} Т
Плавки с дутьем	1	a	7,4	1,12	0,232	348,4	3,74	2,0	9,5	0,148	0,703	1,966
		b	7,3	0,99	0,096	359,5	3,86	2,5	6,0	0,183	0,438	1,613
		c	7,4	0,70	0,215	351,9	3,74	3,5	7,0	0,259	0,518	1,473
Плавки с дутьем	2	a	9,8	1,12	0,059	371,7	3,88	6,0	8,5	0,588	0,833	2,544
		b	9,4	0,79	0,064	357,0	3,82	5,0	6,0	0,470	0,564	1,824
		c	10,6	1,90	0,052	359,7	3,88	3,0	8,5	0,318	0,901	3,116
Плавки без дутья	3	a	12,5	2,64	0,043	360,4	4,02	4,5	5,5	0,563	0,688	3,888
		b	14,4	1,10	0,050	372,0	3,93	3,5	3,5	0,385	0,385	2,354
		c	14,9	2,80	0,040	365,5	4,03	2,0	4,0	0,298	0,596	3,695
Плавки без дутья	1	a	9,4	1,09	0,211	337,2	3,84	2,0	8,5	0,188	0,800	2,078
		b	7,3	0,73	0,162	344,9	3,79	2,3	6,1	0,168	0,442	1,341
		c	6,6	0,52	0,120	344,4	3,89	3,0	7,6	0,198	0,501	1,219
Плавки без дутья	2	a	9,7	0,98	0,056	370,2	3,82	5,5	7,5	0,532	0,735	2,247
		b	9,5	1,10	0,059	363,9	3,79	4,0	6,0	0,385	0,570	2,106
		C	8,7	1,39	0,060	367,3	3,81	3,0	8,0	0,261	0,700	2,352

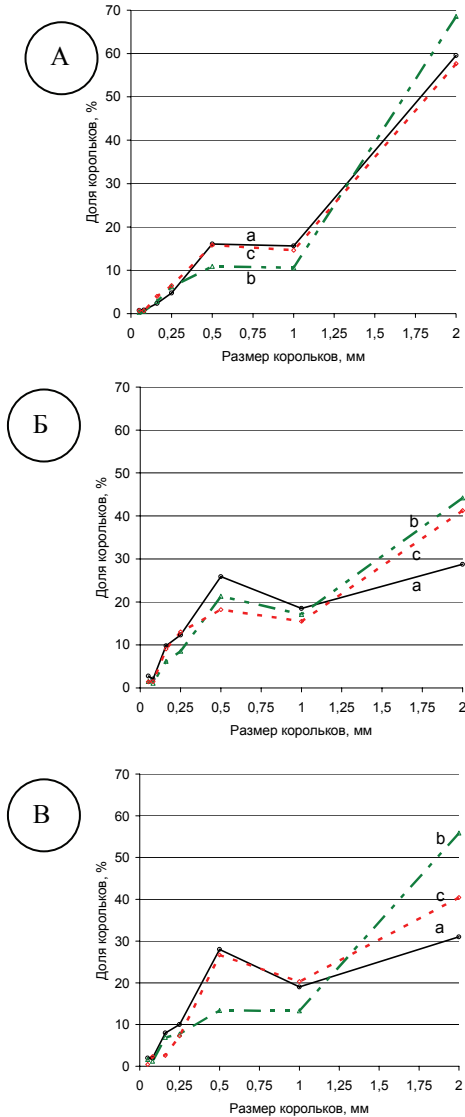


Рис.3 Изменение долей весового количества корольков по фракциям: А – этап 1, Б – этап 2, В – этап 3, обозначения аналогично рис.2.

Расчет потерь железа с корольками за плавку в целом, выполненный с учетом скачивания на этапе 1 около 50% первичного шлака, показал, что

на плавках без электрических воздействий они составляют около 2т (1,3% от веса металлозавалки) и снижаются до 1,39 т (0,93%) – при положительной и до 1,35т (0,90%)– при отрицательной полярности. Снижение потерь металла с корольками шлака и окислами железа при электрических воздействиях происходит, вероятно, как в силу указанных выше причин, так и за счет воздействия тока на процесс восстановления железа из окислов.

Выводы

1. Наложения низковольтного потенциала при конвертировании металла позволяет снизить потери железа со шлаком в виде корольков и окислов. На сравнительных плавках потери составили порядка 4,0% от веса металлозавалки, а при наложении потенциала с подводом тока положительной полярности – 2,9%, и отрицательной полярности – 3,0%.

2. Расчетное увеличение выхода жидкой стали при использовании в 160-т конвертере положительной полярности составляет 0,4 - 0,5 т, а при отрицательной полярности потенциала - 1,5 -1,6 т, что составляет порядка 50 – 60% от общей величины установленного на практике повышения выхода жидкой стали на опытных плавках.

3. Выявлено влияние электрического потенциала на изменение размера корольков, что согласуется с расчетными данными по изменению физических свойств шлака.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук Э.В.Приходько*

С.І.Семикін, В.Ф.Поляков, Е.В.Семькина, Т.С.Кияшко, С.О.Дудченко, В.В.Вакульчук.

Збільшення виходу рідкої сталі за рахунок зниження втрат металу з шлаком при електричних діях

Проведено якісну і кількісну оцінку втрат металу з металевими корольками і оксидами заліза в шлаці по ходу продування в кисневих конвертерах при використанні способу накладення на рідку ванну електричних потенціалів. Виявлено істотне зниження масової кількості металевих корольків в шлаку при електричних діях в порівнянні із звичайними продуваннями.