

*к.т.н. Кравченко В.М.,
к.т.н. Романчук А.Н.,
Романчук Я.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ВЛИЯНИЕ ГЛУБОКОГО ОБЕЗУГЛЕРОЖИВАНИЯ МЕТАЛЛА НА СОСТАВ КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННЫ И ЭКОНОМИКУ ПРОЦЕССА

Наведені результати експериментальних досліджень, отримані залежності, які характеризують заключний етап продування конвертерної плавки при виробництві низьковуглецевих марок сталей.

Ключові слова: конвертер, вуглець, метал, шлак, передув, окисленість, собівартість.

Приведены результаты экспериментальных исследований, получены зависимости, характеризующие заключительный этап продувки конвертерной плавки при производстве низкоуглеродистых марок сталей.

Ключевые слова: конвертер, углерод, металл, шлак, передув, окисленность, себестоимость.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Проблема глубокого обезуглероживания конвертерной ванны остро стоит перед всеми конвертерными цехами Украины. Главной объективной причиной этого является высокий (с тенденцией увеличения) процент выплавки низкоуглеродистых марок сталей. Содержание остаточного углерода в металле в пределах 0,03-0,05% делает невозможным завершение конвертерной плавки без существенного переокисления конвертерной ванны. Поэтому процессы дополнительного окисления Fe, Mn и растворения кислорода в металле, протекающие параллельно с глубоким обезуглероживанием, и их влияние на экономику конвертерного процесса, представляют научный и практический интерес.

Постановка задачи. Исследовать влияние глубокого обезуглероживания металла на динамику изменения химического состава металла и шлака, и показателей конвертерной плавки.

Изложение материала и его результаты.

Анализ отечественных и зарубежных исследований и разработок показывает, что большое внимание уделяется вопросам совершенствования технологии выплавки

низкоуглеродистых сталей на завершающем этапе продувки металла кислородом.

Сталеплавильный комплекс ПАО «АМК» включает два конвертера комбинированного дутья емкостью по 300 т, двухпозиционную установку «ковш-печь» (УКП) и две слябовых МНЛЗ общей производительностью 5,0 млн. т заготовок в год.

Основной сортament выплавляемой стали - это низкоуглеродистая листовая сталь группы SAE 1006-1020. Математическому анализу подвергнута опытно-промышленная партия плавок (315 плавок), которые были проведены без додувок и промежуточного скачивания шлака по ходу продувки.

Чугун поставляли в ковшах миксерного типа и заливали в конвертер после предварительной десульфурации, обеспечивая снижение содержания серы в чугуне до ее содержания готовой стали. Для подачи кислорода использовали пяти сопловую кислородную фурму. Интенсивность продувки составляла 1050-1200 м³/мин. Пробы металла и шлака отбирали зондом по ходу продувки либо при повалках конвертера. При отборе проб осуществляли измерение температуры и окисленности металла.

С целью анализа влияния глубокого обезуглероживания металла на состав кон-

вертерной ванны и экономику процесса опытно промышленная партия плавов была подразделена на четыре группы по остаточному содержанию углерода в металле перед выпуском плавки.

Расход шихтовых материалов и кислорода для всех групп плавов с различным остаточным углеродом приведен в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что с уменьшением содержания остаточного углерода в металле масса конвертерной плавки снижается. Так при $[C] \geq 0,08\%$ средняя масса плавов составила 301,613 т, а при $[C] = 0,02-0,03\%$ – 298,190 т, т.е. на 1,14 % меньше. Одновременно уменьшается расход передельного чугуна и извести, но существенно растет расход лома и кислорода.

Динамика изменения химического состава металла с уменьшением остаточного содержания углерода в металле показана на рисунке 1.

Известно, что в конце продувки конвертерной ванны с уменьшением содержания углерода в металле все большая часть вду-

ваемого кислорода поступает в шлак в виде оксидов железа. Это вызывает разбавление шлака по (MnO), уменьшение его активности и увеличение активности оксидов железа, что снижает фактическую концентрацию марганца в металле. Из рисунка 1 видно, что если при содержании $[C] \geq 0,08\%$ содержание марганца составляет 0,12%, то при $[C] = 0,02-0,03\%$ – 0,07%. Столь низкое содержание остаточного [Mn] ведет к увеличению расхода марганецсодержащих ферросплавов и повышение её себестоимости.

Измерение окисленности конвертерной ванны производили при выпуске плавки из конвертера, используя электрохимический метод определения активности растворенного в стали кислорода. Для этой цели использовали прибор Celox с измерительным устройством Multi-Lab. Последний представляет собой программируемый, основанный на микрокомпьютере, прибор с широкими измерительными возможностями.

Таблица 1 – Средний расход шихтовых материалов и кислорода для групп плавов с различным содержанием остаточного углерода

	Содержание углерода, %			
	$\geq 0,08$	0,06-0,07	0,04-0,05	0,02-0,03
Количество плавов	24	41	171	79
Выход годного %	91,098	90,929	90,587	90,437
Изменение себестоимости грн/т	–	+7,42	+31,27	+51,67
Масса плавки, т	301,613	300,388	299,004	298,190
Расход металлической шихты, т	331,090	330,346	330,115	329,739
в том числе: Чугун, т	267,083	262,863	260,171	256,896
Лом, т	64,006	67,483	69,944	72,843
Расход извести, т	22,840	22,102	21,345	20,571
Хим. состав чугуна, %				
[C] _{чуг}	4,432	4,409	4,355	4,330
[Si] _{чуг}	0,714	0,740	0,656	0,624
[Mn] _{чуг}	0,282	0,259	0,264	0,226
[S] _{чуг}	0,013	0,013	0,010	0,008
Средний расход кислорода, м ³ /пл	15388	15346	15426	15738
Температура металла, °С	1645	1648	1640	1652
Основность конечного шлака	2,91	2,93	2,84	2,62
Масса шлака, т	36	36,4	37,8	39,5

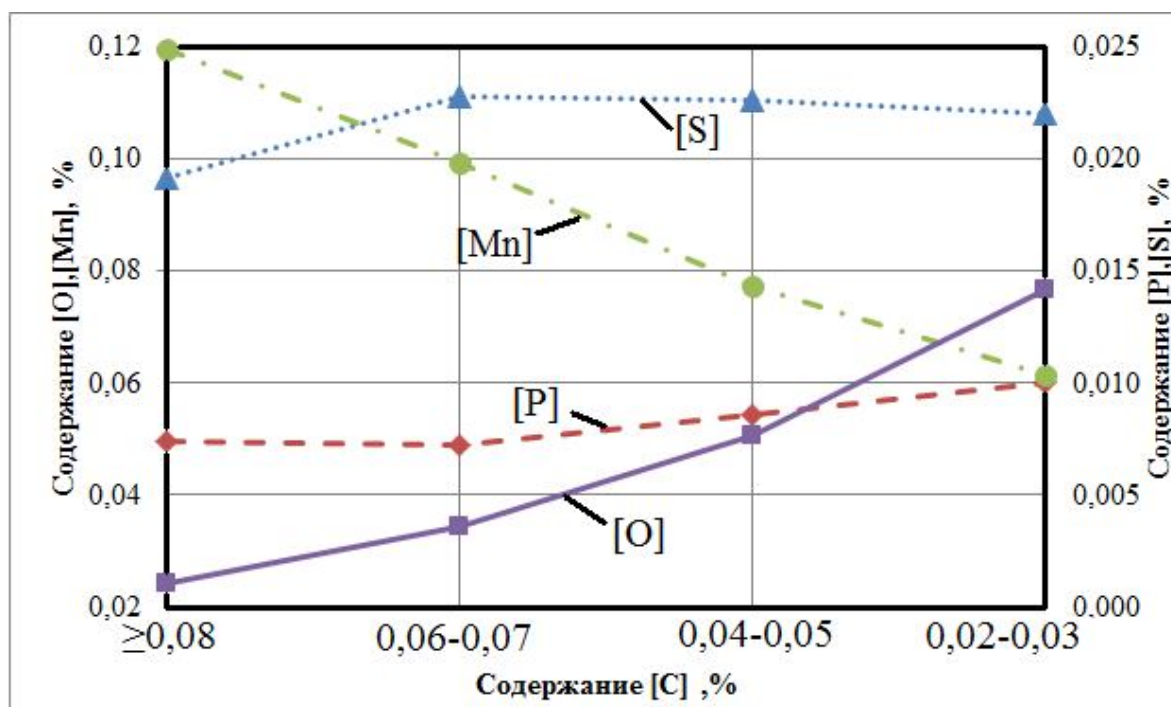


Рисунок 1 – Динамика изменения химического состава металла с уменьшением остаточного содержания углерода в металле

Таблица 2 – Расход алюминия в зависимости от окисленности металла

Окисленность, ppm	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Расход алюминия, кг/плавку	210	250	295	335	380	420	460	500

Как следует из рисунка 1, во всем диапазоне характерных для конца конвертерной плавки концентраций углерода 0,08–0,02%, содержание кислорода, растворенного в металле, существенно растет.

При концентрациях углерода менее критической величины, поступление углерода в зону взаимодействия с кислородом недостаточно для усвоения всего вдуваемого кислорода. В результате скорость окисления углерода уменьшается и, соответственно, содержание растворенного кислорода в конвертерной ванне растет.

Когда коэффициент усвоения кислорода конвертерной ванны превышает коэффициент усвоения кислорода углеродом, избыток кислорода в виде оксидов железа и марганца поступает в шлак, что также способствует насыщению металла кислородом.

Контроль окисленности металла позволяет регулировать процесс раскисления стали с учетом ее окисленности. В соответствии с технологической инструкцией конвертерного цеха при производстве марок стали с содержанием углерода 0,05% и менее, уменьшают переокисленность металла, вводя рекомендуемое количество алюминия, согласно таблице 2.

С уменьшением остаточного содержания [C] содержание вредных примесей несколько увеличивается, что связано со снижением основности конечного шлака из-за разбавления его оксидами железа и марганца.

Динамика изменения химического состава конечного конвертерного шлака для групп с различным содержанием углерода в металле показана на рисунке 2.

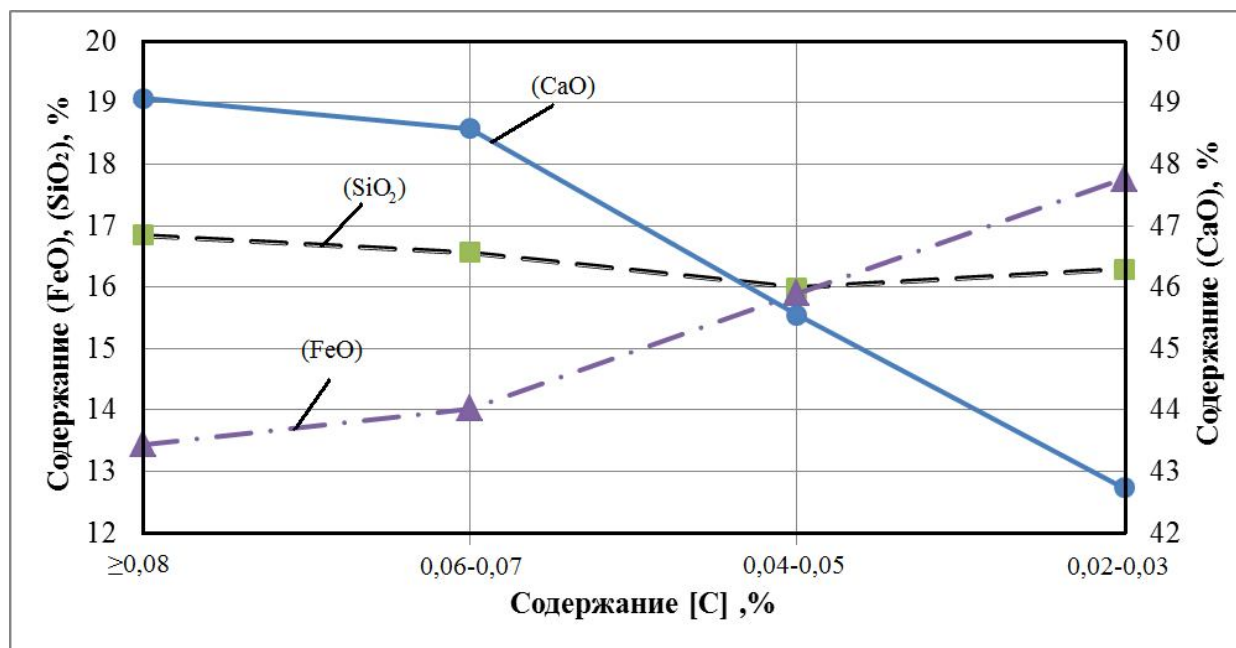


Рисунок 2 – Динамика изменения химического состава конечного конвертерного шлака для групп с различным содержанием углерода в металле

Таблица 3 – Расход кислорода и его доля на удаление 0,01% углерода в 300 т конвертере в интервале с 0,10-0,02% углерода.

[C]	CO/CO ₂		MnO		FeO/Fe ₂ O ₃		[O] _{ме}		ΣO
	м ³	%	м ³	%	м ³	%	м ³	%	
0,09	30,52	55,21	4,06	7,48	14,59	26,86	5,42	9,93	54,59
0,08	30,75	51,66	4,65	7,81	17,70	29,75	6,77	11,31	59,88
0,07	31,01	34,20	5,23	5,77	46,17	50,92	8,71	9,56	91,12
0,06	31,29	25,15	5,82	4,68	76,31	61,33	11,61	9,29	125,04
0,05	31,61	19,48	6,4	3,95	108,86	67,06	16,26	9,97	163,13
0,04	31,95	15,42	6,99	3,37	145,13	70,05	24,39	11,70	208,46
0,03	32,32	12,14	7,58	2,85	187,86	70,56	40,65	15,14	268,40
0,02	32,71	9,04	8,16	2,26	244,01	67,43	81,30	22,20	366,18

Как следует из рисунка 2, в конце конвертерной плавки содержание оксидов железа в конечном шлаке зависит от концентрации углерода в металле. Зависимость существенно возрастает при [C]=0,05% и менее. При докритических (ниже 0,10%) концентрациях углерода лимитирующим звеном процесса обезуглероживания является массоперенос углерода из объема металла к реакционной зоне, что в процессе протекания реакции глубокого обезуглероживания сопровождается интенсивным растворением

кислорода в металле и взаимодействием его с железом. Резкое возрастание (FeO) приводит к снижению концентрации остальных компонентов шлака, в особенности содержания (CaO), что ведет к снижению основности конечного шлака (таблица 1).

Полученные экспериментальные данные позволяют рассчитать долю кислорода, расходуемую на окисление углерода, железа, марганца и повышение окисленности металла. С учетом затрат кислорода на испарение железа, которое

по данным [1] составляет 5%, расход кислорода на удаление 0,01% углерода в 300 т конвертере в интервале с 0,10-0,02% углерода приведен в таблице 3.

Из таблицы 3 следует, что с уменьшением остаточного содержания углерода в металле с 0,10 до 0,02% доля кислорода, расходуемого на окисление углерода снижается с 55,21% до 9,04% при повышении доли кислорода, расходуемого на окисление железа с 26,86% до 67,73%.

Выводы

1. Динамика изменения химического состава металла при глубоком обезуглероживании конвертерной ванны характеризуется нарастающим переокислением металла, снижением содержания остаточного марганца в металле и ухудшением условий для десульфурации и дефосфорации расплава.

Библиографический список

Бойченко Б.М. Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология: учебник. / Охотский В.Б., Харлашин П.С. - Днепрпетровск, «Днепр-Вал», 2004. - 454с.

2. Динамика изменения химического состава шлака при глубоком обезуглероживании характеризуется значительным увеличением содержания оксидов железа, снижением содержания СаО и основности, повышением массы шлака.

3. При удалении углерода в интервале от 0,1-0,02 % доля кислорода, расходуемого на окисление углерода снижается с 55,21 до 9,04% , при этом доля кислорода, расходуемая на окисление железа увеличивается с 26,86 до 67,43% , и на растворение в металле с 9,93 до 22,20%.

4. С уменьшением остаточного содержания углерода в металле с 0,10 до 0,02% расчетная себестоимость стали повышается в связи с увеличением расхода металлошихты и раскислителей.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Новохатским А. М.