

Н.Т.Ткач, П.С.Лындя, А.Л.Руденко, А.Ф.Шевченко

ОЦЕНКА КОЛИЧЕСТВА СЕРЫ, ВНОСИМОЙ В КОНВЕРТЕР С ЧУГУНОМ И ШЛАКОМ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА

Приведена оценка количества серы, вносимой в конвертер чугуном и ковшевым шлаком при применении десульфурации чугуна гранулированным магнезитом. Расчетами показано, что только тщательное удаление ковшевого шлака может обеспечить стабильное получение высококачественной стали с требуемым низким содержанием серы.

Постановка задачи.

Современные высокие требования к качеству сталеплавильной продукции определяют и качество переплавленного чугуна, как основной составляющей сталеплавильного передела. Современные технологии позволяют получать переплавленный чугун практически чистым от серы, благодаря развитию внепечной десульфурации чугуна (до 0,001–0,002% S) магнезитовыми реагентами в чугуновозных или заливочных ковшах. И здесь особую роль играет шлак, имеющийся на поверхности расплава в ковшах. В силу особенностей формирования [1] «ковшевые» шлаки могут иметь низкую серопоглотительную способность, обусловленную высоким содержанием SiO_2 . [2]. В процессе десульфурации чугуна магнезитом основность шлака (CaO/SiO_2) практически не изменяется, но содержание серы в нем увеличивается в несколько раз и может достигать 8–10%, в результате чего коэффициент распределения серы между шлаком и чугуном резко увеличивается, увеличивая опасность возможности обратного перехода серы в чугун.

Анализ состояния проблемы.

Многолетняя практика показывает, что при транспортировке глубокообессеренного магнезитового чугуна ($\leq 0,005\%$ S) в сталеплавильные цехи повышения содержания серы в чугуне не происходило [3]. С одной стороны это связано с тем, что ковшевые шлаки, как правило, находятся в застывшем виде и не являются реакционно-способными, тем более, что после десульфурации чугуна магнезитом вязкость шлаков и температура начала их плавления увеличиваются за счет повышения содержания MgO в 2–3 раза и более и образования таких тугоплавких соединений, как форстерит ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$) и монтичеллита ($\text{CaO}, \text{MgO}, \text{SiO}_2$). Кроме того, с повышением содержания MgO серопоглотительная способность шлаков повышается.

С другой стороны, процесс десульфурации «блокируется» наличием в чугуне магнезита остаточного, содержание которого может достигать 0,05% и более. Экспериментальными исследованиями [4] было показано, что при содержании $\text{Mg}_{\text{ост.}}$ более 0,006% десульфурация чугуна не происходит.

ла даже при наливе его в миксер и сливе из него чугуна в заливочный ковш (рис.1).

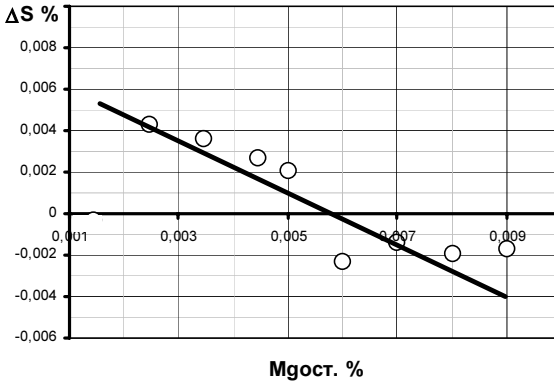


Рис.1. Зависимость изменения содержания серы (ΔS) от содержания остаточного магния ($Mg_{ост}$) в чугуне при его сливе из миксера или доменного ковша в заливочный

Отсутствие ресульфурации глубокообессеренного магнием чугуна подтверждена также при производстве чушкового товарного чугуна, когда его сливают на разливные машины из-под шлака. В этом случае наличие ковшевого шлака низкой основности играет менее значительную роль, чем при производстве передельного чугуна для выплавки сталей, когда попадание ковшевого шлака в конвертер недопустимо.

Перед сливом чугуна в конвертер он должен быть очищен от шлака, особенно это важно при использовании глубокообессеренного чугуна, когда в ковше образовался высокосернистый шлак, так как в конвертерном процессе создаются благоприятные термодинамические и кинетические условия для возврата серы из шлака в металл. Доля серы, вносимая шлаком в конвертер будет зависеть не только от содержания её в шлаке, но и от количества ковшевого шлака, сливаемого вместе с чугуном. Степень очистки чугуна от шлака зависит от требуемого содержания серы в выплавляемой стали и глубины обессеривания используемого чугуна.

Изложение основных материалов исследования.

Для расчета количества серы, которое может попасть в конвертер при сливе чугуна со шлаком, использовали данные, полученные при глубокой десульфурации чугуна в заливочных 350-тонных ковшах конвертерного цеха меткомбината «Азовсталь» (табл.1, 2).

В таблице 3 и на рис.2 приведены расчетные данные количества серы, вносимой со шлаком в конвертер в зависимости от степени очистки чугуна от шлака.

Расчеты показывают, что при скачивании 80% ковшевого шлака в конвертер вносится со шлаком серы 0,048–0,081 кг/т чугуна, что составляет 0,0048–0,0081% серы от массы чугуна. С учетом содержания серы в

чугуне 0,002–0,005% общее количество вносимой в конвертер серы с чугуном и шлаком составит 0,01–0,013% S. При скачивании 95% ковшевого шлака в конвертер вносится шлаком 0,0012–0,0020% серы, а чугуном 0,002–0,005%. При скачивании, например, 98% шлака в конвертер шлаком вносится всего 0,0005–0,0008% серы. Следовательно, скачивание шлака существенно снижает количество серы вносимой в конвертер (рис. 2).

Таблица 1. Содержание серы и магния остаточного до и после обработки чугуна гранулированным магнием, % (4 варианта)

№ варианта	$S_{\text{нач.}}$	$S_{\text{кон.}}$	ΔS	$Mg_{\text{нач.}}$	$Mg_{\text{кон.}}$
1	0,018	0,004	0,014	0,01	0,025
2	0,023	0,005	0,018	0,009	0,027
3	0,028	0,005	0,023	0,009	0,017
4	0,030	0,002	0,028	0,009	0,020

Таблица 2. Характеристика шлаков на поверхности обессеренного чугуна в заливочных ковшах (4 варианта).

№	Химический состав шлака, %						Основность шлаков		Кол-во шлака, кг/т чугуна
	SiO ₂	FeO	CaO	MgO	MnO	S	CaO/SiO ₂	CaO + Mg O/Si O ₂	
1	48,72	2,17	36,13	8,69	0,85	2,17	0,74	0,920	18,58
2	39,36	1,92	40,37	7,08	1,75	2,31	1,02	1,206	12,46
3	38,61	1,71	22,05	6,36	1,31	1,61	0,57	0,736	14,85
4	41,24	0,68	26,41	17,10	0,39	4,75	0,65	1,050	7,07

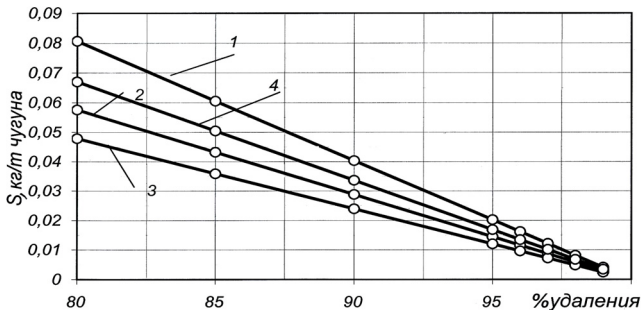


Рис.2. Количество серы, вносимое со шлаком в конвертер при различной степени удаления его из заливочных ковшей. Цифры у линий – номер варианта по табл 1, 2.

Таблица 3. Количество серы, вносимое со шлаком в конвертер при различной степени удаления его из заливаемых ковшей, кг/т чугуна (4 варианта)

№ вар-та	Шлак, кг/т*	Доля удаленного шлака, %									
		80	85	90	95	96	97	98	99		
1	S, кг/т	3,72	2,79	1,86	0,93	0,74	0,56	0,37	0,19		
		0,4032	0,0605	0,0403	0,0202	0,0161	0,0121	0,0081	0,0040		
2		12,46	1,87	1,25	0,62	0,50	0,37	0,25	0,12		
		0,2878	0,0432	0,0288	0,0144	0,0115	0,0086	0,0058	0,0029		
3		14,85	2,23	1,49	0,74	0,59	0,45	0,30	0,15		
		0,2391	0,0478	0,0239	0,0120	0,0096	0,0072	0,0048	0,0024		
4		7,07	1,06	0,71	0,35	0,28	0,21	0,14	0,07		
		0,336	0,0504	0,0336	0,0168	0,0134	0,0101	0,0067	0,0034		

*Исходные данные количества шлака (числитель) и содержания серы в нем (знаменатель).

Таблица 4. Доля серы, вносимая в конвертер чугуном и шлаком после десульфурации чугуна

№№	% удаления									
	80	85	90	95	96	97	98	99		
1	Чугун, %	33,17	39,83	49,82	66,51	71,28	76,79	83,23	90,85	
	Шлак, %	66,83	60,17	50,18	33,49	28,72	23,21	16,77	9,15	
2	Чугун, %	46,47	53,65	63,45	77,64	81,28	85,27	89,67	94,55	
	Шлак, %	53,53	46,35	36,55	22,36	18,72	14,73	10,33	5,45	
3	Чугун, %	51,09	58,21	67,63	80,69	83,93	87,44	91,26	95,43	
	Шлак, %	48,91	41,79	32,37	19,31	16,07	12,56	8,74	4,57	
4	Чугун, %	38,03	45,00	55,10	71,06	75,42	80,36	85,99	92,47	
	Шлак, %	61,97	55,00	44,90	28,94	24,58	19,64	14,01	7,53	

С увеличением количества удаляемого шлака из ковшей увеличивается доля внесенной чугуном серы в конвертер, но даже при 99% удалении шлака доля серы, вносимой шлаком, все таки составляет 5 – 9% (табл. 4).

Выводы.

Таким образом, при подаче в конвертер глубокообессеренного чугуна основную роль в изменении общего поступления серы в металл играет высокосернистый шлак. Только тщательное удаление ковшевого шлака может обеспечить стабильное получение высококачественной стали с требуемым низким содержанием серы.

1. *Особенности* шлакообразования в ковшах с жидким чугуном /Н.Т. Ткач, А.Ф. Шевченко, Д.В. Костенко, П.С. Лындя //«Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». – Вып.8, – 2004. – с. 168–175.
2. *Воронова Н.А.* Десульфурация чугуна магнием. – М.: Металлургия, – 1980. – 240 с.
3. *Опытно – промышленное* опробование производства чугуна с супернизким содержанием серы для выплавки в конверторах чистой по сере стали. / А.Ф.Шевченко, Н.Т.Ткач, Б.В.Двоскин, Д.В.Гулыга, М.А.Поживанов, П.М.Семенченко// Металлургическая и горнорудная промышленность, – 1991, – №3, – с. 7 – 9
4. *О резульфурации* чугуна, обработанного магнием / Н.Т. Ткач, А.Ф. Шевченко, И.М. Лафер, Л.П. Курилова //Библиографический указатель ВИНТИ. Депонированная рукопись, №11. – 1982. – с.107.

Статья рекомендована к печати д.т.н. А.С.Вергуном