

УДК 669.162.267.642:669.721(510)

**Б.В. Двоскин, А.М. Башмаков, А.С. Булахтин, С.А. Шевченко,
Н.Т. Ткач, А.Ф. Шевченко**

КОМПЛЕКС ВНЕПЕЧНОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА ГРАНУЛИРОВАННЫМ МАГНИЕМ В 50–ТОННЫХ КОВШАХ НА СТАЛЬЗАВОДЕ № 2 ТАНГШАНЬСКОГО МЕТКОМБИНАТА КНР

Приведен опыт освоения и показатели процесса десульфурации чугуна гранулированным магнием в ковшах малой емкости (до 50 т чугуна).

Постановка проблемы

На протяжении последних лет Тангшаньским меткомбинатом КНР последовательно решается проблема обеспечения конвертерной выплавки стали низкосернистым, очищенным от шлака чугуном. В 2004 году на стальзаводе №1 сооружено и введено в эксплуатацию отделение (два поста) десульфурации чугуна гранулированным магнием в 150–тонных заливочных ковшах. В 2005 году на стальзаводе № 2 построен комплекс десульфурации чугуна и скачивания шлака в 40–тонных ковшах. Для десульфурации чугуна на стальзаводах № 1 и 2 специалистами ТангМК был выбран разработанный в Украине технологический процесс десульфурации чугуна гранулированным магнием без добавок, характеризующийся высоким современным научно–техническим уровнем и автоматизацией основных технологических операций, отличающийся стабильностью достигаемых результатов и наименьшей затратностью [1]. Отличительной особенностью комплекса десульфурации стальзавода № 2 являлось то, что обработку чугуна необходимо было реализовать в ковшах достаточно малого объема с небольшим внутренним диаметром (2,2 м в верхней части и менее 1,9 м в нижней части), глубиной жидкой ванны 2,0–2,3 м и высотой свободного пространства над расплавом 0,35–0,50 м.

Изложение основных материалов исследования.

В основу технологических и проектно–конструкторских разработок были положены исходные условия, заданные Тангшаньским меткомбинатом и включавшие следующие основные требования и положения:

- проектная мощность –1,0 млн. т/год обессеренного чугуна;
- требуемое содержание серы в чугуне после десульфурации $\leq 0,010\%$ –0,45 млн.т/год; остальное $\leq 0,025\%$;
- исходное содержание серы в чугуне –0,04–0,10%, среднее – 0,06%;
- температура жидкого чугуна (исходная) –1270–1350⁰С;
- цикл обработки –28 мин (включая скачивание шлака).

Проектирование комплекса, сооружение и ввод его в эксплуатацию было осуществлено в сжатые сроки (около 7 месяцев) и выполнялось со-

вместно Институтом титана, Институтом черной металлургии, ООО «Инфоком», СК «Десмаг» и стальзаводом № 2 Танганьского меткомбината.

Разработанная принципиальная технологическая схема отделения десульфурации чугуна и скачивания шлака стальзавода № 2 ТанГМК приведена на рис.1. Отделение (ОДЧ) представляет собой самостоятельный технологический автоматизированный комплекс, расположенный в здании, пристроенном к участку подачи чугуна открытыми доменными ковшами к конвертерам. ОДЧ включает два поста десульфурации чугуна, обслуживаемых одной перемещаемой по рельсам машиной скачивания шлака, участок хранения и перегрузки магния, загрузочный модуль, стенд для обслуживания и ремонта фурм и однобалочную подвесную кран-балку ($Q=3т$), обеспечивающую выполнение всех грузоподъемных операций в ОДЧ, в том числе разгрузку контейнеров с магнием из автотранспорта в помещении склада, загрузку магния в приемную воронку модуля загрузочного, операции по установке фурм на стенд и устройства ввода фурм в расплав.

Модуль загрузочный, вмещающий около 2,5т магния, является полностью автоматизированным блоком, управляемым из пультов постов № 1, № 2 и местного пульта. Операции перегрузки магния в модули–дозаторы производятся осушенным азотом.

Каждый пост десульфурации оснащен индивидуальным модулем–дозатором, устройством ввода фурм в расплав, устройством фиксации фурм в нижнем положении, ковшевозом с присоединенной полуплатформой для шлаковой чаши, водоохлаждаемой крышкой ковша, двумя устройствами для очистки испарительной камеры фурм, системой аспирации отходящих газов и постом автоматизированного управления.

Модули–дозаторы полностью автоматизированы, обеспечивают выполнение технологических операций по инжектированию реагента в автоматическом, полуавтоматическом и пооперационном режимах управления из пультов управления соответствующих постов, а, кроме того, имеют местный пульт для выполнения наладочных и контрольно–проверочных операций. Модули–дозаторы имеют следующие технические характеристики:

- емкость бункера –0,5 м³;
- рабочее давление –от 0 до 0,6 МПа;
- интенсивность подачи магния –2–18 кг/мин;
- расход инжектирующего азота –30–160 нм³/ч;
- погрешность весовых устройств –не более 0,5%;
- погрешность роторного дозирования –не более 2%.

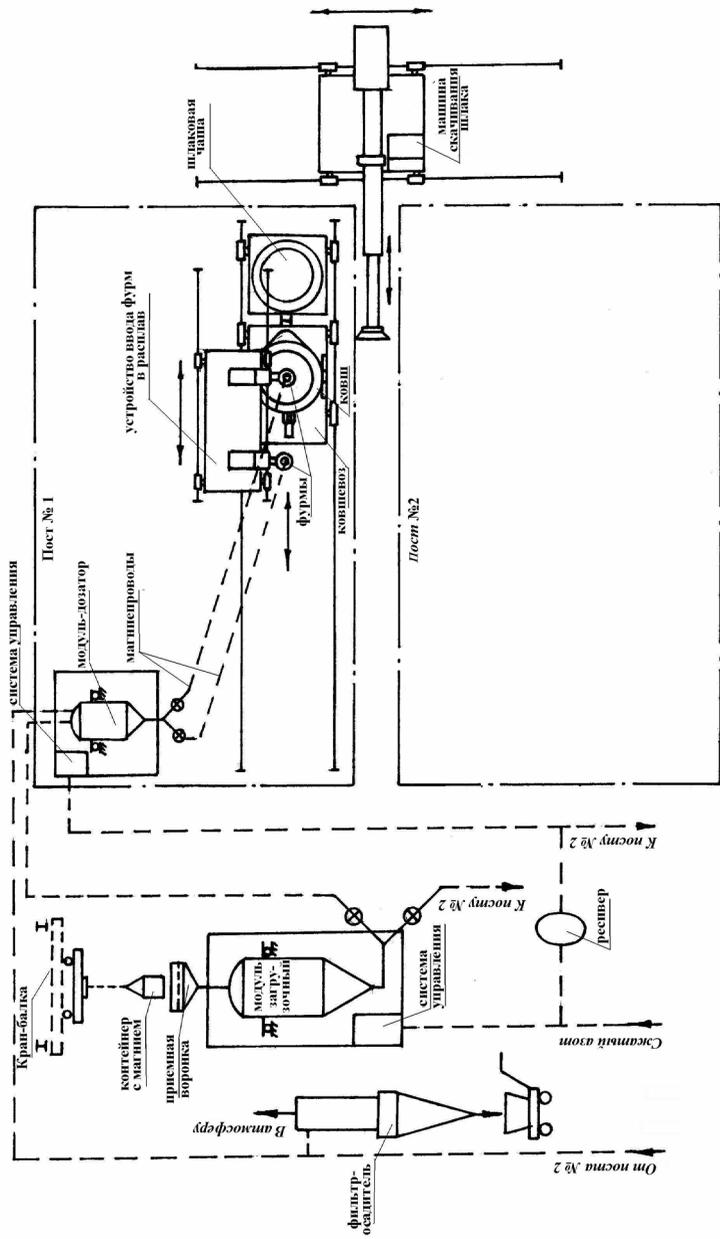


Рис.1. Принципиальная технологическая схема отделения десульфурации чугуна и сканирования шлака сталеразливательного меткомбината

Каждый из модулей–дозаторов обеспечивает подачу магния через магниепроводы в одну из двух фурм, для чего используются делители потоков с электроуправляемой запорной арматурой. Магниепроводы от модулей–дозаторов до штанг фурм выполнены напорным резино–металлическим рукавом.

Для ввода фурм в расплав используется принудительное перемещение фурменных устройств электроприводом с цепной передачей. Привод включает датчик отслеживания положения фурмы в процессе её перемещения и обеспечивает остановку среза фурмы на заданном уровне в чугуне.

Фурменные устройства установлены на подвижной двухпозиционной платформе, обеспечивающей установку в рабочем положении (над проемом) фурмы, которой планируется производить текущую обработку расплава.

В позиции вдувания магния в ковш с жидким чугуном фурменное устройство в нижнем положении удерживается фиксатором, имеющим гидравлический привод.

Для обработки ковш с чугуном устанавливается на ковшевоз и подается в камеру десульфурации, закрываемую воротами.

Для скачивания шлака применена достаточно мобильная машина скачивания шлака с гидроприводом перемещения стрелы конструкции Танганьшаньского меткомбината. Наклон ковша при скачивании шлака осуществляется системой гидрокантования ковшевоза. Угол наклона регулируется оператором машины скачивания из кабины управления МСШ.

В период между продувками чугуна осуществляется обслуживание и текущий ремонт огнеупорных фурм. Для обслуживания испарительных камер фурм используется подвижное пневмо–гидроочистное устройство и распылители для нанесения разделительного слоя на внутреннюю поверхность испарителя.

В период освоения технологии было проведено более 40 тщательно контролируемых обработок чугуна. Следует отметить, что контрольные обработки выявили ряд технологически неблагоприятных факторов для десульфурации чугуна, в том числе:

- свободное пространство над расплавом в ряде обработок было 0,4 м и менее;
- конструкция и состояние срезов ковшей не обеспечивали плотного прилегания крышки к верхней кромке ковша;
- наличие значительного количества шлака в ковшах (не менее 2% от массы чугуна);
- ковшевые шлаки имели низкую основность (0,23–0,49) и недостаточную сульфидную ёмкость ($(\text{FeO}) = 8,2\text{--}17,0\%$; $(\text{S}) = 0,1\text{--}0,3\%$);
- степень осушки азота была недостаточной;

- масса чугуна и глубина погружения фурм в расплав в основном были меньше, оговоренных исходными условиями на проектирование.

Параметры инжестирования магния в расплав были отработаны с учетом отмеченных неблагоприятных факторов. Интенсивность вдувания магния была ограничена и в основном находилась в пределах 4–5 кг/мин, расход азота на вдувание магния был установлен 35 нм³/ч.

Для стабилизации ковшевого шлакового режима в ряде случаев осуществлялось скачивание части шлака (~50%) перед десульфурацией чугуна.

Отработанные параметры ввода гранулированного магния в расплав обеспечили устойчивую работу инжекционной системы и технологичную (практически без выплесков) обработку чугуна даже при малом ($\leq 0,5$ м) (относительно предусмотренных исходными условиями) свободном пространстве над расплавом.

Результаты десульфурации чугуна гранулированным магнием и данные, характеризующие контрольные обработки, проведенные в ОДЧ стальной заводе № 2 ТангМК, приведены в таблице 1.

Анализ полученных результатов показывает, что при начальном содержании серы в чугуне 0,013–0,079% (в среднем 0,032%) и расходе магния 0,21–0,93 кг/т чугуна (в среднем 0,44 кг/т) содержание серы снижалось до 0,002–0,015% (в среднем 0,008%). При этом расход магния на единицу удаленной серы (β) в среднем по 40 обработкам составил 2,11 кг/кг. Коэффициент использования магния на серу (K_{Mg}^S) в среднем составил 38,9%. Степень десульфурации (Ст. Д) соответствовала заданным требованиям.

Среднее снижение температуры чугуна за период вдувания магния и отбора проб составило 23⁰С или 1,2⁰С/мин.

Для достижения конечного содержания серы в чугуне 0,005±0,001% при исходном 0,013–0,079% (среднее 0,031%) расходуетея магния 0,27–0,93 кг/т (в среднем 0,48 кг/т).

Конечное содержание серы 0,010±0,002% при исходном 0,016–0,061% (среднее 0,029%) достигается при расходе магния 0,21–0,86 кг/т (в среднем 0,40 кг/т), а конечное содержание серы 0,015±0,002% достигается при расходе магния 0,20–0,77 кг/т (в среднем 0,44 кг/т) и исходном содержании серы 0,026–0,070% (среднее 0,44%).

Зависимости средних удельных расходов магния (q_{Mg}) от исходных содержаний серы ($[S]_{исх}$) при различных конечных содержаниях серы в чугуне приведены на рис.2.

Таблица 1. Показатели (усредненные) десульфурации чугуна гранулированным магнием и данные, характеризующие контрольные обработки, проведенные в ОДЧ сталзавода № 2 Тангшаньского меткомбината

№	Параметры, показатели	Конечное содержание серы в чугуне, %			
		0,005±0,001	0,010±0,002	0,015±0,002	0,008 (среднее по всем обработкам)
1	Количество обработок, шт.	20	13	7	40
2	Исходное содержание серы в чугуне, %	<u>0,031</u> 0,013–0,079	<u>0,029</u> 0,016–0,061	<u>0,044</u> 0,026–0,070	<u>0,032</u> 0,013–0,079
3	Удельный расход магния, кг/т чугуна	<u>0,48</u> 0,27–0,93	<u>0,40</u> 0,21–0,86	<u>0,44</u> 0,20–0,77	<u>0,44</u> 0,20–0,93
4	Масса чугуна в ковше, т	<u>38,7</u> 32,5–44,0	<u>40,5</u> 30,0–50,0	<u>38,7</u> 35,0–47,0	<u>39,2</u> 30,0–50,0
5	Температура чугуна в ковшах перед десульфурацией, °С	<u>1308</u> 1240–1364	<u>1308</u> 1225–1368	<u>1310</u> 1217–1356	<u>1308,5</u> 1217–1368
6	Количество шлака в ковшах перед обработкой, % от массы чугуна	<u>2,78</u> 1,1–5,8	<u>2,10</u> 0,9–2,8	<u>1,9</u> 1,4–2,6	<u>2,4</u> 0,9–5,8
7	Расход магния на единицу удаленной серы, β, кг/кг	<u>2,15</u> 1,12–3,22	<u>2,13</u> 1,38–2,85	<u>1,80</u> 1,35–2,30	<u>2,11</u> 1,12–3,22
8	Степень использования магния на серу, (K_{Mg}^S) , %	<u>38,6</u> 23,6–67,7	<u>35,5</u> 18,5–55,0	<u>44,4</u> 33,0–56,1	<u>38,9</u> 18,5–67,7
9	Степень десульфурации чугуна:				
	<ul style="list-style-type: none"> • удельная (Д – от вдувания 0,1 кг магния на тонну чугуна), %/кг/т • итоговая (Ст.Д), % 	<u>18,1</u> 13,8–25,1	<u>17,3</u> 13,1–23,3	<u>14,0</u> 10,5–16,7	<u>17,6</u> 10,5–25,1
		<u>79,9</u> 61,5–91,3	<u>63,1</u> 47,6–85,4	<u>63,8</u> 48,2–81,4	<u>72,3</u> 47,6–91,3

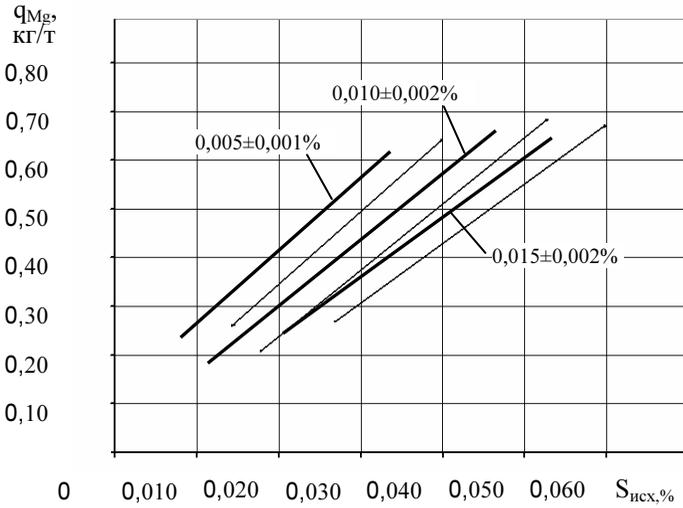


Рис.2. Зависимость удельного расхода магния (q_{Mg}) от исходного содержания серы ($[S]_{исх}$) при различной глубине десульфурации чугуна. Цифры у кривых – конечное содержание серы в чугуне.

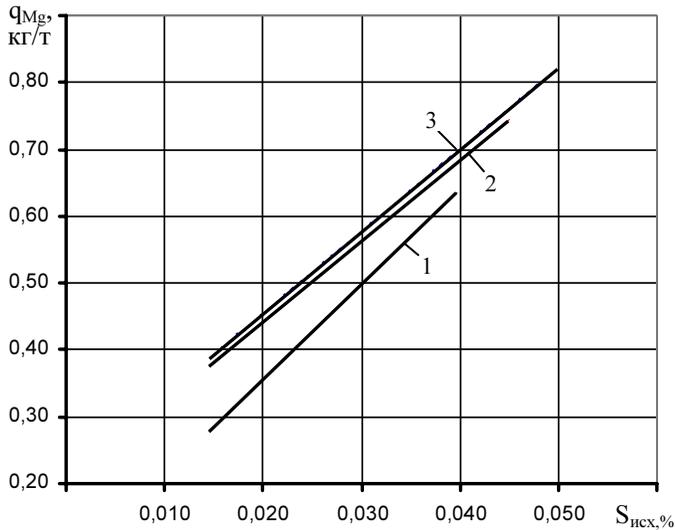


Рис.3. Сопоставление удельных расходов магния в отделениях десульфурации чугуна сталзавода № 2 ТангМК (1), Циндаоского (2) и Линьюаньского (3) меткомбинатов

Сопоставление удельных расходов магния в ОДЧ сталъзавода № 2 Тангшаньского меткомбината с близкими аналогами по массе обрабатываемого чугуна в ОДЧ Циндаоского (50 тонн) и Линъюаньского (55 тонн) меткомбинатов (рис.3) свидетельствует о том, что достигнутые величины удельных расходов магния на сталъзаводе № 2 ТангМК ниже, чем в аналогичных условиях этих предприятий. Полученный положительный эффект может быть объяснен бóльшей глубиной расплава в ковше, более компактной формой жидкой ванны и меньшим количеством ковшевого исходного шлака, что обеспечивалось частичным скачиванием шлака перед десульфурацией.

Выводы

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что несмотря на имевшие место ряд неблагоприятных условий для десульфурации в ОДЧ сталъзавода № 2 ТангМК, была разработана и освоена в ковшах малой емкости эффективная и рациональная технология десульфурации чугуна вдуванием магния без добавок со снижением содержания серы вплоть до 0,002–0,005%. Полученный опыт еще раз подтвердил, что украинская технология десульфурации чугуна «чистым» гранулированным магнием обеспечивает высокую эффективность процесса при его реализации в широком диапазоне ёмкости ковшей –от 30 до 300 т.

1. *Аппаратурно–технологический комплекс нового поколения десульфурации чугуна в заливочных ковшах вдуванием гранулированного магния./ А.Ф.Шевченко, Б.В.Двоскин, В.А.Александров и др. // Сталь. – 2003.– № 8. – С.21–25.*

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