

**А.Ф. Шевченко, Б.В.Двоскин, А.В.Остапенко, Л.П.Курилова,
С.А.Шевченко, Д.В.Костенко, А.М.Башмаков, Н.В.Морозов,
Лю Дун Ие, Лю Лай Лун**

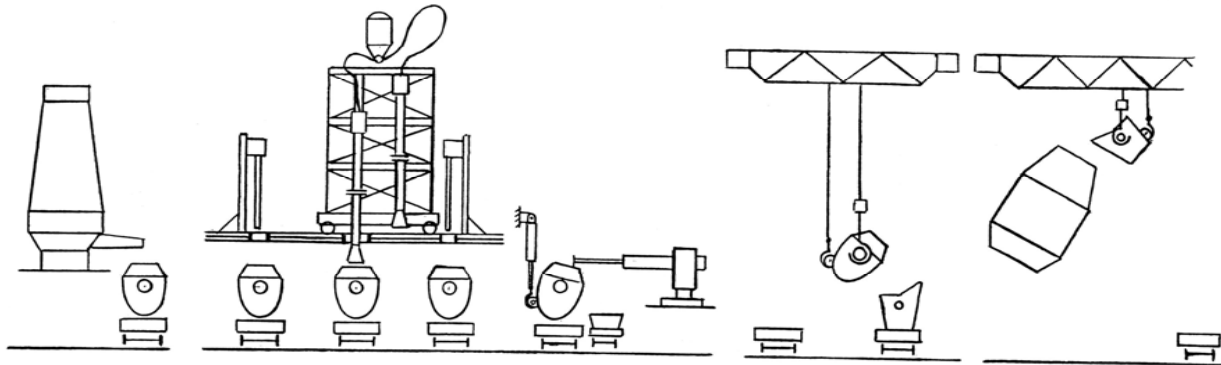
КОМПЛЕКС ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА В КОВШАХ МАЛОЙ ЕМКОСТИ

Приведены показатели процесса десульфурации, реализованного на Циндаоском меткомбинате (КНР), при вдувании гранулированного магния в струе азота через фурму с испарительной камерой в условиях массы чугуна до 33т, малой глубины погружения фурмы, до 6,7% ковшевого шлака, до 0,16% исходного содержания серы.

Циндаоский металлургический комбинат (ЦинМК) оснащен доменными печами небольшого объема, производящими чугун с содержанием серы в пределах 0,020–0,160%, при этом до 30% чугуна выплавляется с содержанием серы более 0,070%, что по стандарту предприятия является браковочным признаком. Температура чугуна в чугуновозных ковшах колеблется в широких пределах – 1210–1360⁰С (средняя 1314⁰С). Большим недостатком доменного передела ЦинМК является значительное количество шлака в чугуновозных ковшах – вплоть до 7% (3,8% в среднем).

Выплавка стали в конвертерах ЦинМК производится без добавки лома, поэтому качественная внепечная подготовка чугуна является решающим фактором получения высококачественной стали. Для обеспечения конвертерного передела чугуном без шлака с содержанием серы 0,005–0,015% на меткомбинате в 2003г. сооружен автоматизированный комплекс внепечной обработки чугуна на полный объем его производства. Десульфурацию чугуна производят в доменных 60–т ковшах вдуванием гранулированного магния в струе азота через погружаемую в расплав фурму с испарительной камерой.

Комплекс десульфурации (рис.1) включает в себя 2 поста десульфурации с помещениями управления и отдельно расположенными помещениями PLC и MCC, 3 машины скачивания шлака, 2 места перелива чугуна из доменных ковшей в заливочные, 2 станда для обслуживания фурм и расходный склад гранулированного магния. Каждый пост десульфурации включает устройство ввода фурм в расплав, модуль-дозатор, устройство фиксации фурм в нижнем положении, 2 устройства измерения температуры и отбора проб, машину для скачивания шлака, чугуновоз с приводом, шлаковоз со шлаковой чашей, стенд для обслуживания фурм, крышку ковша, 2 устройства для очистки испарительной камеры фурм и систему автоматизированного управления.



Доменный цех Установка десульфурации чугуна Участок перелива Конвертерный цех

Рис.1. Технологическая схема обеспечения конвертерного цеха низкосернистым чугуном.

- 1 – разливка чугуна;
- 2 – отбор пробы чугуна до десульфурации;
- 3 – обработка чугуна гранулированным магнезитом;
- 4 – отбор пробы чугуна после десульфурации;
- 5 – скачивание шлака после десульфурации;
- 6 – перелив чугуна из 60-т доменного в 30-т заливочный ковш;
- 7 – заливка чугуна в конвертер

Одна машина скачивания шлака, один чугуновоз и один шлаковоз со шлаковой чашей являются общими для обоих постов.

Работа участка десульфурации чугуна и скачивания шлака осуществляется следующим образом. Доменный 60-т ковш устанавливается на один из чугуновозов и перемещается под зонд измерения температуры и отбора пробы. После отбора пробы и замера температуры чугуновоз перемещает ковш в положение десульфурации. На ковш опускается водоохлаждаемая крышка. В АСУ ТП вводят исходные данные (содержание серы исходное и заданное конечное, масса чугуна, температура, характеристика реагента), и в автоматическом режиме осуществляется выполнение технологических операций обработки чугуна. Ввод в расплав фурм, смонтированных на самоходной тележке, осуществляется автономным приводом. Для стабилизации фурмы в чугуне в период вдувания используется фиксатор с гидравлическим приводом. Продолжительность вдувания магния в чугун в среднем составляет 7 минут. После завершения вдувания магния чугуновоз перемещается под зонд для измерения температуры и отбора пробы. Затем чугуновоз перемещает ковш в положение скачивания шлака, где ковш захватывается крюком гидрокантователя и кантуется до положения, обеспечивающего скачивание шлака скребковой машиной с гидроприводом. После завершения этой операции ковш возвращается в вертикальное положение, выкатывается в зону подъема 100-тонным мостовым краном и транспортируется под вытяжной зонд перелива чугуна в 30-тонные заливочные ковши, которые железнодорожным транспортом передаются в конвертерное отделение.

Управление операциями по вводу реагента в ковши и перемещение чугуновозов на УДЧ осуществляются из пультов управления, расположенных на постах десульфурации. Управление машинами скачивания шлака (МСШ) производится из отдельных постов, имеющих на каждой МСШ.

Все операции по перегрузке магния из загрузочного модуля в модули-дозаторы осуществляются в автоматическом режиме азотом, осушенным в автономном блоке УДЧ.

Образующиеся при вдувании магния пылегазовые выбросы улавливаются и очищаются в общезаводских газоочистных сооружениях. Запыленный при пневмотранспортировании магния сжатый азот очищается в фильтре установки десульфурации.

В период освоения технологии было проведено 104 обработки, результаты которых представлены в табл.1. Характеризуя условия проведения обработок чугуна, следует отметить, что большая часть ковшей, поступающих из доменного цеха, имела большое количество шлака (до 6,7%), крупные «коржи», в ряде случаев – покрывающие поверхность чугуна настыли. Поэтому для замера температуры и взятия проб чугуна производили частичное удаление шлака перед обработкой

чугуна. Часть ковшей имели настлы на дне, из-за чего уменьшалась фактическая глубина погружения фурмы вплоть до 1,2м, что приводило к снижению степени использования магния на десульфурацию.

Таблица 1. Показатели десульфурации чугуна гранулированным магнием, полученные при проведении контрольных обработок на УДЧ сталзавода № 1 ЦинМК

№ пп	Параметры, показатели	Исходное содержание серы в чугуне, %		
		менее 0,070	более 0,070 (исправление брака)	по всем обработкам
1	Количество обработок	77	27	104
2	Исходное содержание серы в чугуне, %	<u>0,049</u> 0,017–0,070	<u>0,102</u> 0,073–0,160	<u>0,063</u> 0,017–0,160
3	Конечное содержание серы в чугуне, %	<u>0,12</u> 0,003–0,028	<u>0,023</u> 0,003–0,043	<u>0,015</u> 0,003–0,043
4	Удельный расход магния, кг/т чугуна	<u>0,604</u> 0,276–0,950	<u>1,092</u> 0,603–2,229	<u>0,731</u> 0,276–2,229
5	Масса чугуна в ковше, т	<u>53,7</u> 32,9–62,9	<u>50,1</u> 45,4–57,2	<u>50,7</u> 32,9–62,9
6	Температура чугуна в ковшах перед десульфурацией, °С	<u>1323</u> 1267–1359	<u>1288</u> 1207–1330	<u>1311</u> 1207–1359
7	Количество шлака в ковше перед обработкой, % от массы чугуна	<u>3,2</u> 0,8–4,1	<u>3,9</u> 2,1–6,7	<u>3,8</u> 0,8–6,7
8	Расход магния на единицу удаленной серы β_1 , кг/кг	<u>1,63</u> 1,28–3,29	<u>1,38</u> 0,83–2,08	<u>1,55</u> 0,83–3,29
9	Степень использования магния на серу (K_{Mg}^S), %	<u>48,1</u> 23,1–59,4	<u>55,0</u> 36,5–77,1	<u>49,9</u> 23,1–77,1
10	Степень десульфурации чугуна, % – удельная (Д – от вдувания 0,1 кг магния на тонну чугуна);	<u>14,5</u> 4,3–22,3	<u>7,9</u> 4,4–11,1	<u>11,1</u> 4,3–22,3
	– итоговая (СтД)	<u>70,0</u> 34,4–98,0	<u>77,2</u> 42,7–96,9	<u>73,1</u> 34,4–98,0

Числитель – средние значения, знаменатель – предельные значения.

Технологически неблагоприятным фактором были и большие колебания массы чугуна в ковшах – от 33 до 63 т. При недостаточном наливе ковша глубина погружения фурмы уменьшалась вплоть до 1,2 м против $\geq 1,7$ м по условиям. При большом наливе из-за уменьшения свободного пространства в ковше и для исключения выплесков чугуна приходилось ограничивать интенсивность подачи магния. В обоих случаях степень использования магния на десульфурацию снижалась. Тем не менее, произведенная обработка параметров ввода гранулированного магния в расплав позволила обеспечить устойчивую работу инжекционной системы, технологичную (практически без выплесков) обработку чугуна даже при дефиците свободного пространства над расплавом.

Эксплуатация фурм осуществлялась в условиях повышенных нагрузок, когда длительность пребывания фурм в расплаве из-за высокого исходного содержания серы достигала 13,5–14,5 минут. Суммарная продолжительность пребывания футеровки фурм в расплаве составляла 350 минут (50 обработок), после чего фурма оставалась пригодной для дальнейшей эксплуатации, требуя текущего обслуживания и ремонта. За первые два месяца работы УДЧ ни одна фурма не была выведена из эксплуатации.

Чугун с исходным содержанием серы не более 0,070% подвергался обработке до содержания серы 0,003–0,030% (77 обработок).

При исходном содержании серы более 0,070% (27 обработок) целью обработок являлось исправление брака по сере с обеспечением её содержания в чугуне не более 0,040% (0,005–0,043%).

Для достижения конечного содержания серы в чугуне $\leq 0,005\%$ в зависимости от исходного расходовалось магния 0,439–0,838 кг/т (в среднем 0,622 кг/т), для достижения $S_{\text{кон}} \leq 0,010\%$ – 0,346–0,851 кг/т (в среднем 0,589 кг/т) и для $S_{\text{кон}} \leq 0,015\%$ – 0,276–0,962 кг/т (в среднем 0,528 кг/т). При расходе магния 2,229 кг/т содержание серы снижали с 0,160% до 0,005%. Несмотря на отмеченные выше недостатки и несоответствия фактических условий исходным данным, выданным комбинатом, процесс десульфурации отличался стабильностью, вдуваемое в расплав в соответствии с технологией количество магния обеспечивало требуемую глубину десульфурации.

В диапазонах исходных (0,017–0,160%S) и достигаемых конечных содержаний серы (0,003–0,043%) расход магния на единицу удаленной серы (показатель β) изменялся от 0,83 кг/кг до 3,29 кг/кг и в среднем по 104 обработкам составил 1,55 кг/кг. Коэффициент использования магния на серу в среднем составил 50%. По требованию степень десульфурации (Д) изменяли от 34% до 98%.

Сравнение полученных результатов с результатами десульфурации на других меткомбинатах, выполненное в сопоставимых пределах по

исходному и конечному содержанию серы, показало, что результаты на ЦинМК несколько ниже (рис.2). Это обусловлено целым рядом причин: небольшая (вплоть до 33 т) масса чугуна, малая глубина погружения фурмы (менее 1,6м), значительное количество ковшевого шлака до обработки (до 6,7%, 3,8% – среднее), высокое исходное содержание серы в чугуне (вплоть до 0,160%). Однако при всем этом следует отметить, что для таких неблагоприятных условий достигнутые показатели процесса (β , K_{Mg}^S Д) являются достаточно высокими, что подтвердило надежность применяемой технологии.

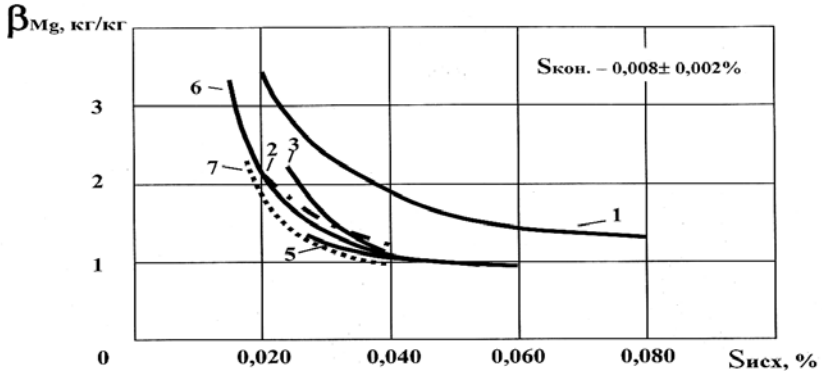


Рис.2. Расход магния на 1 кг удаленной серы (β_{Mg}) на меткомбинатах КНР: 1 – Циндаоский (масса чугуна 50 т, $T = 1310^{\circ}C$); 2 – Уханьский (масса чугуна 102 т, $T = 1295^{\circ}C$); 3 – Тайюаньский (масса чугуна 80 т, $T = 1350^{\circ}C$); 5 – Тангшаньский (масса чугуна 154 т, $T = 1320^{\circ}C$); 6 – Сянтаньский (масса чугуна 80 т, $T = 1300^{\circ}C$); 7 – Пекинский (масса чугуна 195 т, $T = 1350^{\circ}C$).

Таким образом, освоенный на Циндаоском меткомбинате технологический процесс десульфурации и оборудование обеспечили конвертерное производство очищенным от шлака чугуном с содержанием серы вплоть до 0,003%. Опыт Циндаоского МК показал, что украинская технология позволяет успешно производить десульфурацию чугуна не только в большегрузных ковшах (с массой обрабатываемого чугуна 195 т – на Пекинском меткомбинате, 154 т – на Тангшаньском МК, 80 – 106 т – на Тайюаньском, Сянтаньском, Уханьском меткомбинатах), но и в ковшах малой емкости с массой чугуна 33 – 63 тонны. Дальнейшим совершенствованием технологии десульфурации чугуна в малых ковшах является применение аргона или природного газа (вместо азота) для дувания магния в чугун.

Статья рекомендована к печати д.т.н. Д.Н.Тогобицкой