

Масса Чугуна, т	Длительность обра- ботки, мин	Расход сплава, кг/т	Содержание серы, % мас.	
			Начальное	конечное
1	2	3	4	5
42,5	21	1,647	0,022	0,005
67,0	20	0,298	0,021	0,010
55,2	15	1,177	0,032	0,009
68,7	12	0,364	0,020	0,007
51,3	25	1,364	0,017	0,004
56,7	15	0,441	0,020	0,009
86,9	10	0,224	0,041	0,030
62,0	25	1,129	0,016	0,005
75,0	25	0,933	0,026	0,006
65,0	10	0,231	0,023	0,015
68,0	15	0,294	0,035	0,020
58,0	10	0,431	0,028	0,010
70,2	8	0,897	0,015	0,004
80,6	14	1,11	0,026	0,004
56,5	11	1,24	0,017	0,002

### Список литературы

1. Ефименко С.П., Мачикин В.И., Лифенко Н.Т. Внепечное рафинирование металла в газлифтах. — М.: Metallurgy, 1986. — 264 с.
2. Зборщик А.М., Лифенко Н.Т. О десульфурации чугуна инжестрированием магния в струе природного газа //Известия АН СССР. Металлы. — 1990. — № 1. — С. 21–25.
3. Зборщик А.М. Анализ механизма реакции при десульфурации чугуна магнием //Сталь. — 1996. — № 12. — С.14–18.
4. Применение погрузного газлифтного реактора для корректировки химического состава и модифицирования передельного чугуна/Н.Т. Лифенко, В.Л. Пилюшенко, И.В. Черкашин и др.//Черная металлургия. Бюллетень научно-технической информации. — 1990. — № 3(1091). — С.50–52.
5. Лифенко Н.Т. Гидродинамика металлургических газлифтных реакторов (статья в сборнике трудов физико-металлургического факультета ДонГТУ).

© Лифенко Н.Т., 1999.

## ВНЕПЕЧНАЯ ОБРАБОТКА ЧУГУНА ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ

ДЮДКИН Д.А., ОНИЩУК В.П. (ЗАВОД «УНИВЕРСАЛЬНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ»), КОВАЛЁВ А.Г. (ДОНГТУ)

*Технология внепечной обработки передельного чугуна порошковой проволокой с наполнителем на основе магния и инертной добавки применена в промышленных условиях. Достигнута степень десульфурации 71,1% при удельном расходе магния 0,577 кг/т.*

Большинство доменных цехов в развитых странах мира успешно используют технологию плавки с пониженной основностью шлаков ( $CaO/SiO_2=0,96-1,18$ ). При этом обеспечивается снижение расхода кокса, повышение производительности, уменьшение выхода шлака. Из-за низкого выхода шлака при этом, не обеспечивается получение низкосернистого чугуна. Удаление серы в соответствии с требованиями осуществляется при внепечной обработке.

Экономическая целесообразность такого направления доказана фактом использования этих технологий в доменных печах металлургических фирм Франции, Австрии, Германии, Бельгии и др. В то же время мировой рынок всё более требует металл более высокого качества. Ужесточаются требования к содержанию вредных примесей. В частности содержание серы в стали ограничивается тысячными долями процента. Это обуславливает необходимость глубокой десульфурации чугуна.

Как известно [1], в настоящее время лучшим десульфуратором является магний. Для десульфурации чугуна его используют обычно в гранулированном виде и вводят в расплав способом вдувания или в виде порошковой проволоки. В технической литературе приводятся результаты оценки способов десульфурации чугуна различными реагентами [2]. Сравнение результатов обработки показывает, что использование порошковой проволоки с магнием содержащим наполнителем характеризуется наиболее высокими техническими показателями, и что эта технология экономически конкурентно способна с технологией продувки чугуна порошкообразными реагентами в струе инертного газа. Общие затраты в первом случае на 2,5–3,0 долл/т ниже. К этому следует добавить ещё ряд преимуществ:

- возможность целевого стабильного осуществления глубокой десульфурации;
- повышение производительности за счёт более полного налива ковшей (на 28% для 100 т ковшей);
- уменьшение потерь чугуна в виде скрапа;
- снижение тепловых потерь на обработку и соответственно металлической части шихты на производство обессеренного чугуна, сокращение расхода самого обессеренного чугуна на производство высококачественных сталей;
- уменьшение вредных выбросов в атмосферу.

Способ десульфурации чугуна порошковой проволокой по сравнению с вдуванием не требует значительных капитальных затрат и дорогостоящего оборудования (пневмокамерные насосы, устройства для подачи инертного газа, фурмы и т.п.). При вдувании необходим участок подготовки фурм, склад гранулированного магния, оборудованный в соответствии с правилами техники безопасности, участок растаривания и бункера для хранения в среде инертного газа и т.п.

Порошковая проволока поступает в готовом виде и не требует подготовки перед использованием. Оборудование для ввода порошковой проволоки компактное, простое в работе. Ввод порошковой проволоки осуществляется трайбаппаратами различных модификаций. Для обработки чугуна заводом «Универсальное оборудование» (Донецк) производятся трайбаппараты ТАО2 с габаритными размерами 1680×910×1630 мм, массой 1175 кг, мощность двигателя 11 кВт, скорость подачи проволоки до 8 м/с. Для установки бухты проволоки размером 1000×600 используется статический разматыватель с габаритными размерами 1160×1097×1200 мм, массой 190 кг. Учитывая отсутствие на предприятиях средств для капиталовложений, в условиях стагнации экономики, а так же свободных площадей для строительства громоздких установок, использование порошковой проволоки для десульфурации чугуна предпочтительнее.

Технология обработки чугуна порошковой проволокой имеет свои особенности. При введении магния в чугун способом вдувания, учитывая, что давление насыщенного пара магния при температурах жидкого чугуна составляет 0,3–1,1 МПа, для увеличения усвоения магния зону реакции магния с расплавом заглубляют более чем на 1,5 м от уровня металла [1]. При этом коэффициент использования магния на удаление серы может составлять 15–30%. Зона реакции магния с расплавом, таким



образом, определяется только расположением сопла фурмы и не зависит от теплофизических свойств чугуна.

При вводе магний содержащей порошковой проволоки глубина расположения зоны реакции определяется толщиной оболочки и скоростью её ввода в расплав с учётом теплофизических свойств чугуна (температура, вязкость, химический состав и т.п.).

Скорость ввода порошковой проволоки при определённой толщине оболочки, диаметре проволоки и теплофизических свойствах чугуна должна обеспечивать, как было отмечено выше, максимальное приближение зоны реакции к днищу ковша. При этом наполнение порошковой проволоки по магнию должно соответствовать оптимальному вводу магния в расплав в единицу времени, обеспечивающему высокое использование магния и отсутствие большого барботажа, пирроэффектов, выбросов металла. Важное значение приобретает жёсткость проволоки, обеспечивающая её продвижение вглубь расплава.

Исходя из этих положений и с учётом накопленного опыта на предприятиях Украины и России заводом «Универсальное оборудование» (ранее фирма «Металл») производится порошковая проволока диаметром 10 мм с дополнительными элементами жёсткости, с наполнителем 35 г/п.м. магния и остальное — инертная добавка или материал, обеспечивающий повышение эффективности десульфурации и снижение интенсивности парообразования при реакции магния с расплавом. Выработанные технологические и конструктивные решения позволяют в зависимости от условий внепечной обработки чугуна увеличить скорость ввода порошковой проволоки до 3 м/с, что важно для ковшей большой вместимости, при относительно спокойном протекании процесса, минимальных потерях температуры (5–15<sup>0</sup>С) и обеспечить стабильные результаты десульфурации на уровне 60–75% в условиях массового производства. При этом остаются обязательными известные и необходимые элементы технологии — тщательное скачивание шлака на различных этапах, отбор проб погружными пробницами и т.п. Продувка металла инертным газом после обработки в течение 7–10 минут ускоряет процесс завершения взаимодействия реагента и всплывание продуктов реакции. Однако при возможности выдержки чугуна в ковше в течение 15–20 минут перед скачиванием шлака допускается исключение этой операции.

На Мариупольском комбинате им. Ильича на протяжении ряда лет (1976—1989 гг.) в отделении десульфурации чугуна (ОДЧ) доменного цеха производили обработку чугуна вдуванием гранулированного магния. Степень десульфурации за эти годы составляла 62% при расходе магния 1,39 кг/т. Конечное содержание серы колебалось в пределах 0,007–0,015% в среднем за год. Затем оборудование для вдувания было демонтировано и обустроено четыре установки для обработки чугуна порошковой проволокой в чугуновозных ковшах.

С октября 1996 г. в связи с потребностью производства трубных сталей для магистральных газопроводов большого диаметра (13Г1СУ, 17Г1СУ, 09Г2СУ и др.) была задействована комплексная технология производства штрипса, включая глубокую десульфурацию чугуна и обработку стали порошковой проволокой с магнием- и кальций содержащим наполнителем соответственно. Конечное содержание серы в чугуне регламентировалось в зависимости от объёма заказов на особо низко сернистую сталь (09Г2ФБ) с содержанием серы ≤0,006%. Обработка чугуна производилась порошковой проволокой повышенной жёсткости, диаметром 10 мм, наполнение — гранулированный магний (35 г/п.м.) и обожжённый доломит (60 г/п.м.). Скорость

ввода по технологии изменялась в пределах 1,5–2,2 м/с. Продувка расплава после обработки не осуществлялась.

За период октябрь 1996 — июнь 1997 г. обработано 250000 т чугуна. В массовом производстве обеспечивается стабильность десульфурации на уровне 60–68% при удельном расходе магния 0,608–0,762 кг/т.

В 86,7%-ых случаях было обеспечено содержание конечной серы не более 0,010%. При этом в соответствии с намеченной программой в 20% обработанных ковшей содержание серы было до 0,003%. Характерно, что в январе и феврале месяце при обработке 381 из 403 ковшей в 86% случаев обеспечена степень десульфурации 71,1% при удельном расходе магния 0,577 кг/т, с конечным содержанием серы до 0,010% в том числе 30% с содержанием серы до 0,003%. Стабильная, запланированная эффективность используемой технологии обеспечивала возможность накопления в одном из миксеров чугуна с содержанием серы до 0,006% для обеспечения серийной разливки стали на МНЛЗ.

Затраты на десульфурацию чугуна зависят от конкретных условий и поставленной задачи. В основном они определяются, в рассматриваемом случае, расходом и стоимостью порошковой проволоки с соответствующим наполнителем. Исходя из опыта десульфурации чугуна порошковой проволокой со смесью гранулированного магния (35 г/п.м.) и обожжённого доломита (60 г/п.м.), производства завода «Универсальное оборудование», затраты на удаление 0,020% серы в зависимости от её содержания в чугуне могут составлять 4,5–7,5 долл./т.

Доход от использования этой технологии определяется как часть дохода от реализации соответствующей продукции с высоким качеством по требованию заказчика. Например, при осуществлении комплексной технологии производства штрипса для труб большого диаметра, доход от использования технологии десульфурации чугуна порошковой проволокой с магнием прогнозируется в 9–10 долл/т.

В результате внедрения внепечной обработки чугуна порошковой проволокой с дополнительными элементами жесткости и комплексным наполнителем, снижающим интенсивность парообразования, обеспечивается возможность наполнения в миксере чугуна с содержанием серы до 0,006% и последующее производство штрипса для труб большого диаметра.

### Список литературы

1. Воронова Н.В. Десульфурация чугуна магнием/М. Металлургия. 1980. — 238 с.
2. Внепечная обработка чугуна магнием содержащими реагентами/ А.Ю. Никулин, Б.А. Никифоров, В.Ф. Сарычев и др.//Сталь. 1993. № 9 — С.18–21.

© Дюдкин Д.А., Онищук В.П., Ковалев А.Г., 1999.

## РАФИНИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ ОТ МЕДИ

ТРОЯНСКИЙ А.А., КОСТЕЦКИЙ Ю.В., САМБОРСКИЙ М.В. (ДОНГТУ)

*Описаны результаты экспериментов по рафинированию железуглеродистых расплавов сульфидными флюсами. Показана возможность рафинирования железуглеродистых расплавов от меди с использованием шлакообразующих смесей на основе соды и серы.*

От других примесей цветных металлов в стали медь отличается сравнительно высокой концентрацией. Как правило, стандарты ограничивают ее на уровне 0,2–0,3%. Превышение его вызывает заметное снижение качества металла.