

**И.А.Маначин, А.Ф.Шевченко**

## **К ВОПРОСУ УВЕЛИЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ВВОДА МАГНИЯ В КОВШИ С ЖИДКИМ ЧУГУНОМ**

Проведен анализ основных наиболее эффективных схем и процессов десульфурации чугуна, показаны их преимущества и недостатки. Определена перспектива применения технологии вдувания зернистого магния через фурму без испарителя для создания нового процесса десульфурации с высокой скоростью и эффективностью десульфурации. Сформулированы основные составляющие технологической схемы десульфурации чугуна с высокой скоростью обессеривания и высокой интенсивностью вдувания десульфуратора.

### **десульфурация чугуна, магний, интенсивность вдувания**

**Состояние проблемы.** Внепечная обработка чугуна и в первую очередь десульфурация в ковшах перед сталеплави́льным переделом в настоящее время является неотъемлемым процессом технологической цепи выплавки жидкого металла [1,2]. Из всех применявшихся и применяемых методов десульфурации чугуна наиболее приоритетной является ковшевая инжекционная десульфурация чугуна магнийсодержащими реагентами, что обусловлено её высокой эффективностью, наименьшими затратами времени на её осуществление и наименьшими расходами [1,3–5].

Анализ показателей и параметров различных процессов рафинирования чугуна реагентами на основе магния свидетельствует о том, что они не реализовали в полной мере свои возможности и имеются условия для увеличения интенсивности ввода магния в расплав и сокращения длительности процесса рафинирования. Наибольшие потенциальные возможности для увеличения интенсивности ввода магния в жидкий чугун имеет процесс вдувания зернистого магния в расплав без разубоживающих добавок, при котором обеспечивается исключительная управляемость процесса ввода магния в расплав [1,4,5], создаются благоприятные условия для растворения магния в чугуне [1] и возможности диспергирования и разделения двухфазного потока как в магниепроводе так и в прифурменной зоне [1,5,6]. Поэтому этот процесс был принят за основу для развития в направлении дальнейшего увеличения интенсивности ввода магния в чугун, успокоения процесса обработки и сокращения длительности операции вдувания.

**Анализ основных показателей процессов.** В ранее выполненных работах Института черной металлургии [1,3,6] сформулированы основные положения и параметры осуществления процесса вдувания зернистого или гранулированного магния в заливочные ковши без применения испарительной камеры на окончании фурмы и при исключении разубоживающих (пассивирующих) добавок к вдуваемому магнию. Оценка этих параметров свидетельствует о том, что вдувание магния через фурму с одним каналом и одним

соплом на выходе достаточно надежно реализуется при следующих режимах инжектирования:

1. Масса чугуна в ковшах –  $140 \div 350$  т (в зависимости от типоразмера ковша).
2. Глубина погружения фурмы в расплав чугуна –  $2,7 \div 3,8$  м.
3. Интенсивность подачи магния –  $6 \div 13$  кг/мин.
4. Расход инжектирующего газа –  $120 \div 150$   $\text{нм}^3/\text{ч}$  ( $2 \div 2,5$   $\text{м}^3/\text{мин}$ ).
5. Концентрация магния в несущем газе –  $3 \div 6$   $\text{кг}/\text{нм}^3$  ( $9 \div 20$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ).
6. Объемное содержание магния в несущем газе –  $0,51-1,1\%$ .
7. Скорость потока, истекающего из сопла фурмы:
  - при погружении фурмы в расплав — близко к критической;
  - в период вдувания магния –  $90-120$  м/с.
8. Скорость частиц магния при истечении из сопла фурмы –  $70 \div 84$  м/с.

Принципиальная технологическая схема реализации процесса вдувания магния (без разубоживающих добавок) характеризуется рис. 1 а.

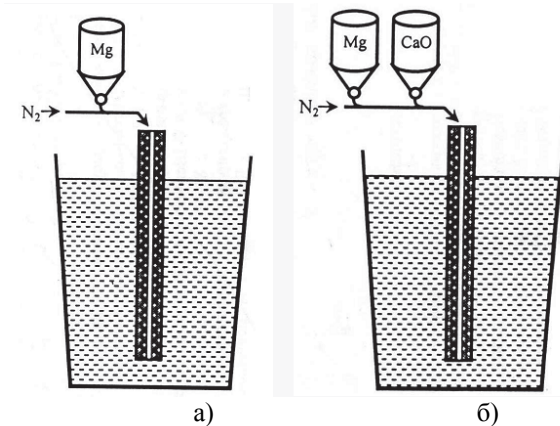


Рис.1. Принципиальные схемы процессов десульфурации чугуна вдуванием гранулированного магния (а) и вдуванием смеси магния с разубоживающими добавками (б)

Достоинством процесса десульфурации чугуна вдуванием гранулированного магния без разубоживающих добавок являются следующие основные положения:

- наиболее высокое усвоение реагента;
- наименьший расход реагентов;
- простота схемы и технологии;
- высокая надежность процесса и установок десульфурации;
- наименьшие капитальные затраты;
- наименьшие затраты при эксплуатации.

Недостатками этого процесса являются следующие:

- ограниченная интенсивность вдувания магния (около  $15$  кг/мин);
- ощутимая длительность вдувания (вплоть до  $18-20$  мин.);
- значительные расходы газа (до  $150$   $\text{нм}^3/\text{ч}$ );

– ошутимая активность барботажа расплава и ограничение налива ковшей.

При вдувании магния в смеси с добавками (например, извести) схема усложняется и становится более ёмкой (рис. 1,б). Процесс реализуется при следующих основных параметрах:

- |                                      |                             |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| – содержание магния в смеси          | – 10–25%;                   |
| – интенсивность вдувания магния      | – 8–14 кг/мин;              |
| – длительность вдувания              | – до 26 мин;                |
| – скорость потока на выходе из фурмы | – меньше 50 м/с;            |
| – расход инжектирующего азота        | – 60–80 нм <sup>3</sup> /ч; |
| – степень усвоения магния            | – 30–40%.                   |

Недостатком процесса десульфурации чугуна смесями являются:

- невысокая интенсивность ввода магния (до 14 кг/мин);
- большая длительность вдувания (до 26 мин.);
- большие расходы реагентов;
- малая степень усвоения реагентов (< 40%);
- недостаточная стабильность процесса;
- значительные капитальные и текущие затраты;
- невысокая пропускная способность комплекса десульфурации.

Промышленная практика применения указанных 2–х технологий показала, что обработка чугуна магнием в ковшах протекает технологично при интенсивности ввода магния, например, в 200–тонных ковшах не более 14 кг/мин.

Увеличение интенсивности ввода магния выше 13–15 кг/мин, как правило, сопровождается существенным повышением бурности процесса обработки, что по ряду причин неприемлемо в производственной практике. При анализе изложенной ситуации авторы пришли к выводу, что основной причиной ограничения интенсивности ввода магния в расплав чугуна является недостаточное распределение вводимого магния в тепло–массообменной зоне расплава, что приводит к достаточно локализованному парообразованию с последующим повышением бурности процесса обработки. Ограничение интенсивности ввода магния в расплав чугуна, в свою очередь, сопровождается такими недостатками как увеличение продолжительности процесса ввода магния, ограничение глубины десульфурации чугуна, снижение пропускной способности комплекса рафинирования и рядом других недочетов.

Для устранения ряда из указанных трудностей американская фирма ESM для сокращения цикла десульфурации чугуна порошковыми смесями практикует [7] (при обработке большегрузных ковшей) оснащение каждого поста десульфурации двойной системой подготовки и вдувания реагентов в один ковш через две отдельные фурмы (рис. 2). Это позволяет увеличить интенсивность вдувания порошковой магниесодержащей смеси и сократить продолжительность продувки чугуна в 350–тонном ковше до 5–16 мин. Следует обратить внимание на то, что такое конструктивно–техническое решение характеризуется невысокой степенью усвоения реагентов (<45%), ограничен-

ностью в применении, недостаточной стабильностью процесса, существенными капитальными и текущими эксплуатационными затратами.

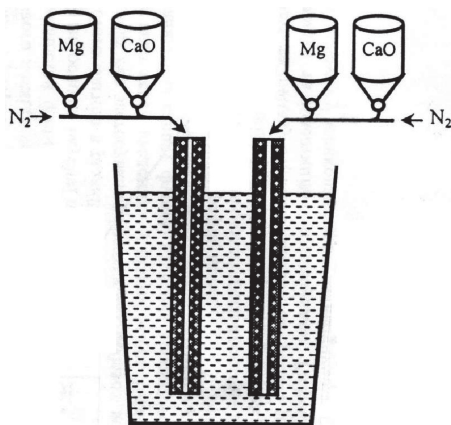


Рис.2. Принципиальная схема рас­средоточенного вдувания смеси магния с известью при помощи од­новременной подачи реагентов через две индивидуальные инъекционные установки (процесс ESM).

Основные параметры технологического решения ESM являются следующие:

- |  |                                    |
|--|------------------------------------|
| – содержание магния в смеси                | – 10–25%;                          |
| – интенсивность вдувания магния            | – 14–24 кг/мин;                    |
| – длительность операции вдувания реагентов | – 6–13 мин;                        |
| – скорость потока на выходе из фурмы       | – меньше 50 м/с;                   |
| – расход азота, вдуваемого в ковш          | – 120–160 $\text{нм}^3/\text{ч}$ ; |
| – степень усвоения магния                  | – 30–40%.                          |

Основные недостатки процесса ESM:

- очень высокие капитальные затраты;
- высокие эксплуатационные затраты;
- низкая степень усвоения реагентов (менее 40%);
- ограничения в возможности применения;
- недостаточная стабильность процесса.

С учётом приведенных выше положений и показателей известных процессов десульфурации чугуна выявлена необходимость разработки нового технологического процесса, который может включать достоинства имеющихся технологических решений и новые подходы при осуществлении процесса рафинирования жидкого чугуна.

**Программа дальнейших разработок.** К основным технологическим задачам нового процесса внепечного рафинирования чугуна (в части десульфурации) необходимо отнести прежде всего максимальное увеличение интенсивности (до 20–26 кг/мин) ввода десульфуратора в чугун при обеспечении его высокого усвоения и сокращения продолжительности операции рафинирования (вплоть до 3–4 мин для большегрузных ковшей).

1. Десульфурация осуществляется в ковшах с чугуном и включает исключительно надежное, регулируемое вдувания небольшого количества реагента.

2. В качестве десульфуратора применяется зернистого типа магнийсодержащий реагент с высоким содержанием магния (более 90%) и без различных разубоживающих добавок. Диаметр частиц находится в пределах 0,2 – 1,6 мм (с расширением объёмов освоения процесса возможно уменьшение диаметра частиц до 0,2 – 1,0 мм).

3. Для обеспечения развитой тепло–массообменной зоны в расплаве осуществляется рассредоточение вдуваемого магния принудительным его делением на несколько потоков перед истечением из фурмы и в прифурменной зоне (при истечении потоков в расплав и при всплывании).

4. Вдувание магния в жидкий чугун осуществляется из единого модуля–дозатора магния и единой погружаемой фурмы (рис.3) со специальным оголовком, который обеспечивает деление одного потока на несколько в холодном состоянии и последующее рассредоточение этих потоков в расплаве.

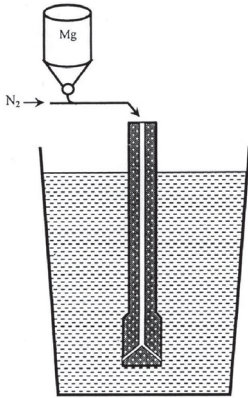


Рис.3. Принципиальное решение обеспечения диспергированного вдувания зернистого или гранулированного магния в ковши с жидким чугуном при повышенной интенсивности подачи магния

5. Оголовок погружаемой фурмы содержит несколько каналов (сопел) для вдувания равноценных магнийсодержащих потоков в расплав чугуна с организацией истечения из каждого сопла под углом к вертикальной оси фурмы.

6. Параметры подводящего магниепровода, канала фурмы, истекающих сопел и их количество устанавливаются индивидуально для конкретных условий исходя из типоразмера ковша, требуемого эффекта десульфурации и других условий производства.

Перечисленные выше положения являются основой принципиальных технологических и конструктивных разработок по десульфурации чугуна с высокой интенсивностью ввода магния, эффективной и особо глубокой десульфурации чугуна.

**Закключение.** Выполненным анализом определены пути и основные составляющие новой технологии внепечной десульфурации чугуна с обеспечением наиболее эффективной десульфурации, высокой интенсивности ввода десульфуратора и малой продолжительности процесса рафинирования. Основой решения приведенных целевых задач является создание наиболее развитой тепло–массообменной зоны в расплаве за счет диспергирования и рассредоточения вдуваемого магнийсодержащего потока. Определены базовые

составляющие технологической схемы рафинирования чугуна в новых условиях.

1. *Шевченко А.Ф., Большаков В.И., Баймаков А.М.* / Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах. // Киев. Наукова думка. 2011. – 207 с.
2. *К вопросу* о выборе рациональной схемы производства качественной стали / А.С. Вергун, А.Ф. Шевченко, П.С. Лындя и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2006. – № 3. – С. 21–23.
3. *Создание и развитие* рациональных технологий выпечной десульфурации чугуна / В.И. Большаков, А.Ф. Шевченко, Лю Дун Ие и др. // *Сталь*. 2009. – № 4. – С. 13–20.
4. *Шевченко А.Ф.* Комплексная оценка различных технологий выпечной десульфурации чугуна // Бюл. «Чёрная металлургия». Черметинформация. Москва. 2011 – № 7 – С. 33–40.
5. *Выпечная десульфурация* чугуна в заливочных ковшах в условиях современного конвертерного производства / А.Ф. Шевченко, А.С. Вергун, Б.В. Двоскин и др. // Бюл. НТЭИ «Чёрная металлургия». Черметинформация. Москва. 2011. – № 6 – С. 23–27.
6. *Изучение закономерностей* взаимодействия холодного двухфазного магнийсодержащего потока с расплавом чугуна при истечении на больших глубинах рафинирования ванны. // Отчёт о НИР. Днепропетровск. Институт чёрной металлургии НАН Украины. – № госрегистрации 0106U00377. – 2008. – 143с.
7. *Освоение технологии* производства сталей с использованием установки десульфурации чугуна в условиях конвертерного производства ОАО «Северсталь» / А.А. Степанов, А.М. Ламухин, С.Д. Зинченко и др.// Сб. докладов VII Международного симпозиума по десульфурации чугуна и стали. 20–24 сент. 2004. – Нижний Тагил. – С. 83–87.

*Статья рекомендована к печати  
докт.техн.наук А.С.Вергуном*

***І.О.Маначин, А.П.Шевченко***

### **ДО ПИТАННЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ВВЕДЕННЯ МАГНІЮ У КОВШІ З РІДКИМ ЧАВУНОМ**

Проведено аналіз основних найбільш ефективних схем і процесів десульфуратії чавуну, показано їх переваги та недоліки. Визначено перспективу застосування технології вдування зернистого магнію через фурму без випарника для створення нового процесу десульфуратії з високою швидкістю і ефективністю десульфуратії. Сформульовано основні складові технологічної схеми десульфуратії чавуну з високою швидкістю знесірчення і високою інтенсивністю вдування десульфуратора.