

**И.А.Маначин, А.Ф.Шевченко**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВДУВАЕМОГО  
МАГНИЙСОДЕРЖАЩЕГО ПОТОКА НА МАГНИЙПОГЛОЩАЮЩИЙ  
ПОТЕНЦИАЛ ПРИФУРМЕННОЙ ЗОНЫ**

Целью исследования являлось увеличения интенсивности ввода магния в жидкий чугун при внедоменной десульфурации чугуна (до 24–28 кг/мин) при использовании одной фурмы и одной инжекционно–дозировочной системы. Приведено обоснование и показано, что диспергирование вдуваемой и образующейся магнийсодержащих сред является действенным фактором повышения их реакционного потенциала, увеличения фактической магнийпоглощающей способности расплава чугуна и возможности повышения интенсивности ввода магния. целесообразности диспергирования вводимой магнийсодержащей среды. Потенциальная магний–поглощающая способность прифурменной зоны может увеличиваться в 20 – 22 раза.

**десульфурация чугуна, фурма, инжекционно–дозировочная система, интенсивность ввода магния, диспергирование, реакционный потенциал**

**Современное состояние вопроса.** Магнийсодержащие реагенты получили широкое применение в процессах внепечного рафинирования железистых расплавов [1–5]. Учитывая особенности изменения физико–химических свойств магния при температурах обрабатываемого расплава выше 1200<sup>0</sup>С, практическое решение проблемы ввода магния в расплав удалось решить за счет регулирования процесса испарения магния различными методами [1, 3,6–10]. Это позволило создать ряд практических решений по десульфурации чугуна магнием, из которых наиболее рациональными и экономичными явились инжекционные технологии ввода порошковых и зернистых реагентов на основе магния [1, 2], получившие широкое промышленное применение для различных условий и различных условий и различных ковшей.

Несмотря на широкое распространение магния в металлургической практике и значительное количество технологических решений его ввода в жидкий чугун, применяемые процессы имеют ряд слабых сторон и недостатков. Так по состоянию на настоящее время процессы внепечного рафинирования магнийсодержащими реагентами имеют, например, такую слабую сторону, как ограниченная интенсивность ввода магния в расплав – практически не выше 12–15 кг/мин (для разных процессов), что в итоге сопровождается значительной продолжительностью этой операции. Попытки увеличения интенсивности вдувания магния (через традиционные прямоточные одноканальные фурмы) более 12–15 кг/мин (в зависимости от применяемой технологии) приводят к повышению бурности процесса и выплескам расплава из ковша.

**Изложение основных материалов исследования.** Для решения задачи увеличения интенсивности вдувания магния до 22–24 кг/мин, компания ESM (США) на 350-тонных заливочных ковшах ОАО «Северсталь» (Череповец, Россия) реализовала вдувание магния через 2 одновременно погружаемые фурмы с соответственно двойным комплектом оборудования, устройств и автоматизации для дозирования и вдувания магния через погружаемые фурмы. Таким вариантом установки задача была решена [4], но это повлекло за собой увеличение капитальных затрат почти вдвое и одновременно увеличение эксплуатационных расходов.

Институтом черной металлургии была поставлена задача увеличения интенсивности ввода магния в жидкий чугун до 24–28 кг/мин при использовании одной фурмы и одной инжекционно-дозировочной системы. С технологической точки зрения решение указанной задачи включало создание условий для наиболее эффективного и устойчивого разделения, распределения и рассредоточения вдуваемого двухфазного потока. Разработка включала 2 этапа: на первом этапе необходимо было разделить «холодный» двухфазный поток (до истечения из фурмы), на втором – обеспечить рассредоточение вдуваемого потока и образующейся активной рафинирующей среды в объеме чугуна. Как видим, технологическое решение предусматривало как механическое деление потока до истечения из фурмы, так и за счет гидроаэродинамического воздействия, обеспечивающее последующее диспергирование истекающих струй в жидком расплаве. Этим предусматривалось увеличение межфазной реакционной поверхности и соответственно большей магнийпоглощающей способности рафинируемого расплава.

Таким образом, новая разработка включает создание процесса вдувания диспергированного магнийсодержащего реагента через многосопловую фурму при специальных гидроаэродинамических условиях ввода потока в расплав чугуна. В итоге, в прифурменной зоне организуется более развитая и активная тепло-массообменная область, в которой обеспечиваются более благоприятные условия как для растворения магния в чугуне, так и для взаимодействия магния с серой, т.е. повышается магнийпоглощающая способность расплава, что в свою очередь способствует лучшему усвоению магния и возможности увеличения интенсивности ввода магния в жидкий чугун.

Предварительная оценка потенциальных возможностей более диспергированной парогазовой магнийсодержащей среды в расплаве чугуна может быть выполнена по величине изменения поверхности образующихся пузырей при изменении их диаметра. Результаты расчета представлены в таблице и на рисунке а, б, в. В расчетах сделано допущение, что пузыри имеют шарообразную форму, поэтому радиус пузырей назван приведенным. Пределы изменения радиуса пузырей приняты от 3 до 65 мм, из которых величина радиуса предельная 65 мм взята для наибольшего газового пузыря в жидком чугуне [11].

Таблица. Параметры пузыреобразования  $1 \text{ нм}^3$  вдуваемого газа в жидкую ванну при различном радиусе образующихся пузырей

Радиус (приведенный) пузырей ( $r_n$ )		Количество пузырей ( $n$ ), образующихся из $1 \text{ нм}^3$ вдуваемого газа	Площадь поверхности единичного пузыря, $\text{м}^2$	Суммарная площадь ( $F_n$ ) пузырей, образующихся из $1 \text{ нм}^3$ вдуваемого газа, $\text{м}^2$
м	мм			
0,620	620	1	4,835976	4,835976
0,065	65	870	0,053093	46,19084
0,050	50	1910	0,031416	60,00442
0,035	35	5570	0,015394	85,74349
0,020	20	29850	0,005027	150,0425
0,015	15	71126	0,002827	201,104
0,010	10	239050	0,001257	300,3991
0,008	8	469170	0,000804	377,3289
0,006	6	1107230	0,000452	500,8991
0,005	5	1914050	0,000314	601,3165
0,003	3	8844050	0,000113	1000,238

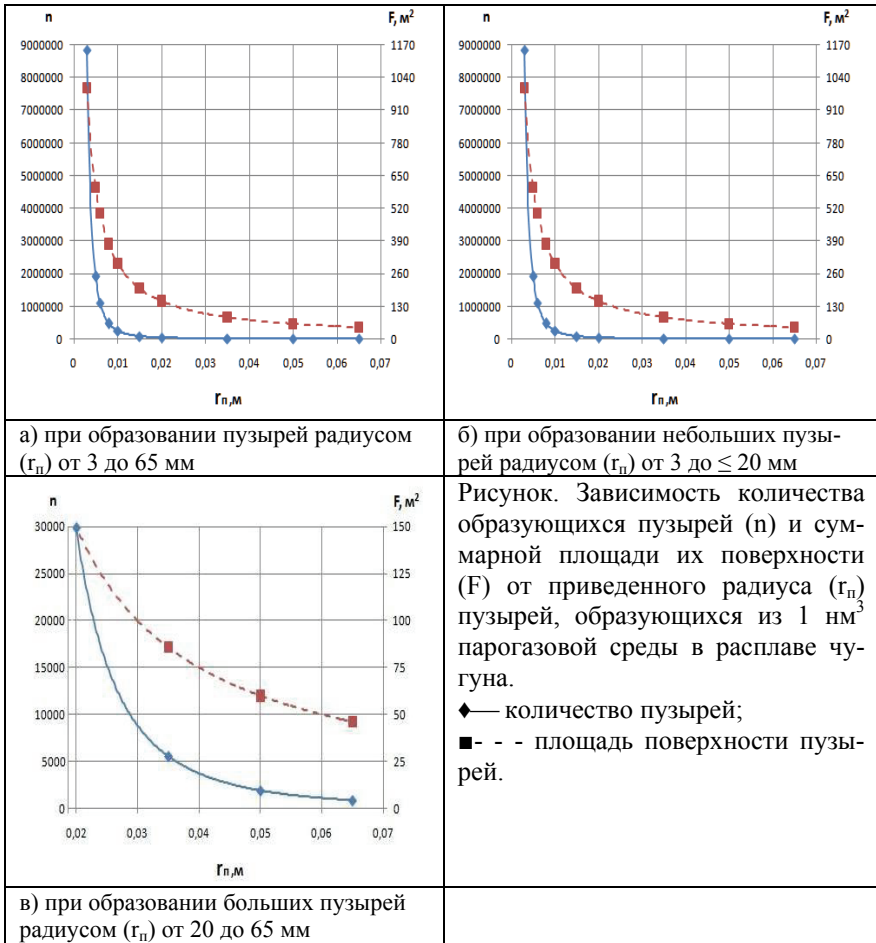
Из диаграммы (рисунок, а) следует, что уменьшение диаметра образующихся в расплаве магнийсодержащих пузырей оказывает существенное положительное влияние на количество пузырей, т.е. на количество центров потенциальных тепло–массообменных процессов и на суммарную площадь тепло–массообменных процессов.

Не очевидное влияние радиуса пузыря в пределах  $r_n$  20–65 мм на рисунке, а является кажущимся (ввиду масштабного изображения диаграммы рисунке), в действительности при уменьшении радиуса пузырей с 65 до 20 мм количество пузырей увеличивается с 870 до 29850 (т.е. увеличивается в 34 раза), а суммарная площадь поверхности пузырей увеличивается с 46,2 до  $150 \text{ м}^2$  (т.е. увеличивается в 3,2 раза). Как видим, даже в этих пределах диспергирования парогазовой среды ощутимо увеличивается потенциальная тепло–массообменная поверхность инжекционной системы рафинирования.

При большем диспергировании рафинирующей парогазовой магнийсодержащей среды (уменьшении  $r_n$  с 20 до 3 мм) количество пузырей увеличивается почти в 300 раз и суммарная их поверхность возрастает в 6,6 раза.

**Заключение.** Анализируя данные диаграмм (рисунок и таблица) необходимо подтвердить, что диспергирование вдуваемой и образующейся магнийсодержащих сред является действенным фактором повышения их реакционного потенциала, увеличения фактической магнийпоглощающей способности расплава чугуна и возможностей повышения интенсивности ввода магния. Решение задачи диспергирования вдуваемого магнийсодержащего потока рационально осуществлять как на этапе форми-

рования этого потока, так и на стадии истечения его в расплав чугуна и в последующей образующейся прифуурменной зоне.



1. Развитие рациональных технологических решений по внепечной десульфурации чугуна. / В.И.Большаков, А.Ф.Шевченко, Лю Дун Ие и др. // Сб. тр. 15-й всекитайской конференции по выплавке стали. КНР. Сямэнь. – 19–21 ноября 2008. – Изд. НТО металлургов Китая. – С. 811–819.
2. IX Международный симпозиум по десульфурации чугуна и стали. Сб. докладов. Галати – Румыния. 18–21 сентября 2006 г. – 91 с.
3. Большаков В.И., Шевченко А.Ф., Лю Дун Ие и др. Создание и развитие рациональных технологий десульфурации чугуна. Сталь. – 2009. – № 4. – С. 13–20.

4. *Степанов А.А., Ламухин А.М., Зинченко С.Д. и др.* Освоение технологии производства сталей с использованием установки десульфурации чугуна в условиях конвертерного производства ОАО «Северсталь». Сб. докладов VIII Международного симпозиума по десульфурации чугуна и стали. 20–24 сентября 2004. Нижний Тагил. – С. 83–87.
5. *Ехельмайер А., Хорнберг Х.* Установки для ввода в чугун десульфураторов и добавок. Сб. докладов VII Международного симпозиума по десульфурации чугуна и стали. 26/27 сентября 2002. Аниф/Австрия. – С. 3–12.
6. *Воронова Н.А.* Десульфурация чугуна магнием. М.: Металлургия. 1980. – 239 с.
7. *Гловацкий А.Б.* Внедоменная десульфурация чугуна. М.: Металлургия. 1986. – 95 с.
8. *Зборщик А.М., Курганов В.А., Бычков Ю.Б. и др.* Доменный чугун с шаровидным графитом для крупных отливок. М.: Машиностроение, 1995. – 128 с.
9. *Дюдкин Д.А., Кириленко В.В., Онищук В.П. и др.* Внепечная десульфурация чугуна порошковой магниесодержащей проволокой. Сталь. 1998. – № 5. – С. 16–18.
10. *Шевченко А.Ф., Двоскин Б.В., Вергун А.С. и др.* Изучение процесса десульфурации чугуна вдуванием различных магниевых реагентов в промышленных условиях. Бюл. Черметинформация. Черная металлургия. М. 1999. – № 3–4. – С. 46–48.
11. *Исследование* влияния условий инжектирования магниесодержащих реагентов в жидкий чугун на механизм взаимодействия магния с расплавом и получение особо чистого по сере чугуна (0,001–0,003%) при десульфурации в заливочных ковшах. Отчет ИЧМ по НИР ВО.001.03. № госрегистрации 0103U007231. Днепропетровск. 2005. – 253 с.

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

***І.О.Маначін, А.П.Шевченко***

**Оцінка впливу диспергування вдуваного магнійвмісного потоку на магнійпоглинний потенціал прифурменної зони**

Метою дослідження є збільшення інтенсивності введення магнію в рідкий чавун при позадоменній десульфуратії чавуну (до 24–28 кг/мін) при використанні однієї фурми і однієї інжекційно-дозуючої системи. Приведено обґрунтування і показано, що диспергування вдуваного та утвореного магнійвмісного середовища є дієвим чинником підвищення їх реакційного потенціалу, збільшення фактичної магнійпоглинної здатності розплаву чавуну та можливості підвищення інтенсивності введення магнію. доцільності диспергування утвореного магнійвмісного середовища. Потенційна магнійпоглинаюча здатність прифурменної зони може збільшуватися у 20 - 22 рази.