

7. Пат. 253051 Україна МПК 7B22C9/08. Спосіб термітного зварювання чавунів / Ю.Ю.Жигуц, Ю.Ю.Скиба.; заявник і патентовласник Ужгородський національний університет. – Опубл. 15.01.2003, Бюл. №1.
8. Пат. на корисну модель № u 2005 03319 України МПК 7B22C9/08. Металотермічний реактор / Ю.Ю.Жигуц, Ю.Ю.Скиба, В.І.Похмурський, І.І.Крайній.; заявник і патентовласник Ужгородський національний університет. – Опубл. 17.10.2005, Бюл. №10.
9. Котик Ф.И. Контроль металлов и сплавов в машиностроении / Котик Ф.И., Ибрагимов С.Г. – М.: Машиностроение, 1983. – 248с.
10. Гречина В.П. Износостойкие чугуны и сплавы / Гречина В.П. – М.: Машгиз. 1961. – 210с.
11. Жигуц Ю.Ю. Технология производства термитного высокопрочного чугуна / Прогресивні технології і системи машинобудування: міжн. збірн. наук. праць. – Донецьк: ДНТУ. – 2012. – № 1, 2 (43). – С.142-147.

Надійшла до редколегії 14.01.2013.

УДК 669.162:669.046.516

ШЕВЧЕНКО А.Ф., д.т.н., с.н.с.
МАНАЧИН І.А., аспірант

Інститут чорної металургії ім. З.І.Некрасова НАН України,
г. Дніпропетровськ

АКТИВИЗАЦИЯ ПРИФУРМЕННОЙ ЗОНЫ ПРИ ИНЖЕКЦИОННОЙ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА ЗЕРНИСТЫМ МАГНИЕМ

Введение. *Актуальность.* Практически все процессы инжекционного ковшевого рафинирования железоуглеродистых расплавов связаны с созданием в жидкой ванне развитой и активной тепло- и массообменной зоны, в объеме которой образуются и всплывают пузыри и различного типоразмера газовые полости, содержащие инжeksiрующийся газ и частицы рафинирующего реагента. На поверхности этих газовых полостей и в приграничной зоне расплава протекает комплекс физико-химических процессов, обеспечивающих его рафинирование. Поэтому создание наиболее развитой реакционной поверхности способствует увеличению степени усвоения вдуваемых реагентов и скорости их взаимодействия с расплавом, что в свою очередь приводит к возможности увеличения интенсивности вдувания реагентов и сокращения продолжительности цикла операции рафинирования чугуна при обеспечении высокой степени усвоения вводимых реагентов.

Одним из весьма перспективных путей увеличения тепло- и массообменной поверхности в расплаве является максимальное рассредоточение и диспергирование вдуваемых двухфазных потоков. Особенно это актуально при внепечной десульфурации чугуна с использованием магнийсодержащих реагентов, так как увеличение интенсивности ввода магния при обеспечении высокой степени его усвоения позволяет реализовать рациональный процесс рафинирования нового научно-технического уровня с широкими технологическими возможностями.

Состояние решение проблемы. Наиболее распространенными в настоящее время процессами внепечной обработки чугуна являются технологические процессы вдувания зернистого (гранулированного) магния без разубоживающих добавок и продувка чугуна

на смесями на основе порошкового (или зернистого) магния и высококачественной молотой известью [1-3]. При вдувании порошковых магниесодержащих смесей диспергирование двухфазного потока пытаются осуществить вдуванием через двухсопловые (Т-образные фурмы) или другого типа многосопловые фурмы [2]. Однако, этот опыт нельзя признать удовлетворительным, так как фурмы на выходе закупориваются и «забиваются»; фурмы неуправляемо превращаются в односопловые, а недостаточное диспергирование двухфазного потока ограничивает практическую интенсивность вдувания магния пределами 9-12 кг/мин. Приведенные ограничения при вдувании магния можно обосновать недостаточной рациональностью параметров вдуваемых двухфазных порошкосодержащих потоков, их пульсацией и нестабильностью течений.

При анализе изложенной ситуации авторами было сделано заключение о том, что одной из основных причин ограниченной интенсивности ввода магния в расплав является неудовлетворительное распределение вдуваемых магниесодержащих порошков в тепло- и массообменной зоне, что сопровождается весьма локализованным парообразованием магния с последующим повышением бурности процесса обработки чугуна. Для устранения указанных недостатков и повышения интенсивности ввода магния американская фирма ESM реализовала [2, 4] вдувание магнией-известковых порошковых смесей двумя независимыми инжекционными системами через две фурмы (рис.1).

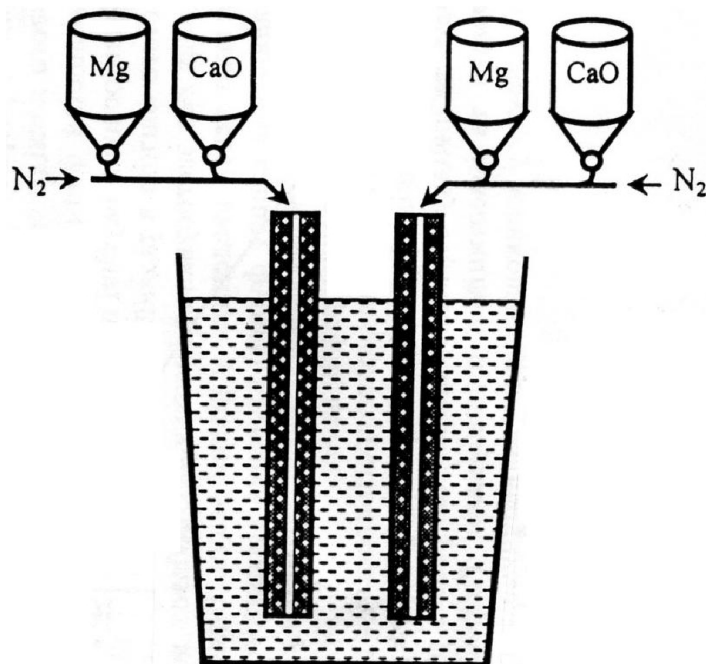


Рисунок 1 – Принципиальная схема рассредоточенного вдувания смеси магния с известью при помощи одновременной подачи реагентов через две индивидуальные инжекционные установки [4, 5]

Основные параметры этой инжекционной обработки следующие:

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| – система вдувания | – 2 установки (на 1 ковш); |
| – содержание магния в смеси | – до 25%; |
| – интенсивность вдувания магния | – 14-24 кг/мин; |
| – продолжительность операции вдувания | – 6-13 мин; |
| – расход вдуваемого азота | – 120-160 $нм^3/ч$; |
| – степень усвоения магния | – 30-40%. |

Анализ промышленного применения приведенного технического решения показал следующие его недостатки: высокие капитальные и эксплуатационные затраты; ог-

раничение в возможности применения; высокая степень усвоения реагентов и значительная себестоимость обработки чугуна.

Постановка задачи. С учетом изложенного Институтом черной металлургии НАН Украины (г. Днепропетровск) предложен другой подход при решении задач интенсификации процесса ввода магния в ковш с жидким чугуном. Основные составляющие этого предложения включают следующие положения:

- обеспечение распределения частиц магния равномерно по сечению канала в период подготовки двухфазного потока к вдуванию;
- исключение пульсаций в магниепроводе;
- подготовка и деление единого потока перед истечением из фурмы на несколько равных;
- применение зернистого магния без пылевидных фракций и добавок;
- максимальное рассредоточение и диспергирование вдуваемого двухфазного потока в зоне истечения его в расплав и в прифурменной зоне.

Реализация процесса в основе включала специальные режимы дозирования магния, применение зернистого (0,4-1,6 мм) магния, специальные режимы разгона потока и подготовки к вдуванию, специальные условия деления потока и вдувание потока в расплав через погружаемую фурму с многосопловым оголовком (рис.2).

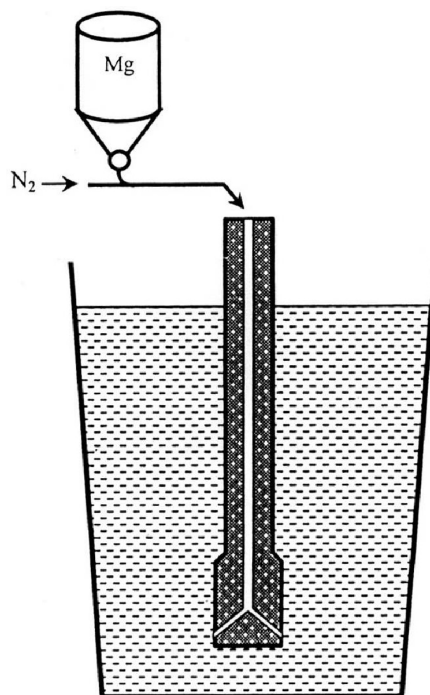
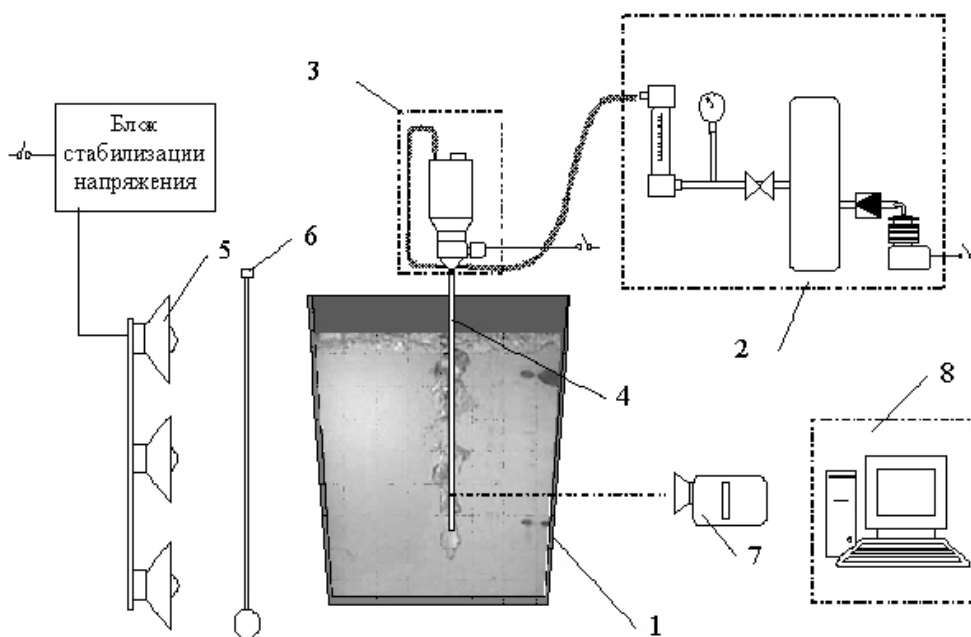


Рисунок 2 – Намеченное общее принципиальное решение обеспечения диспергированного вдувания зернистого или гранулированного магния в ковши с жидким чугуном при повышенной интенсивности подачи магния

Результаты работы. Отработку режимов и условий вдувания магния осуществляли на холодных физических и опытных моделях, в т.ч. на лабораторной установке с киносъемкой и замером процессов и параметров вдувания и барботирования жидкой ванны (рис.3), а также последующей компьютерной обработкой материалов исследований [5]. Это позволило определять величину межфазной поверхности, образующейся в прозрачной ванне, с получением числовых значений условной поверхности (Π_r) газо-

вых полостей по разработанной ранее и применяемой методике Днепропетровского национального университета [5].



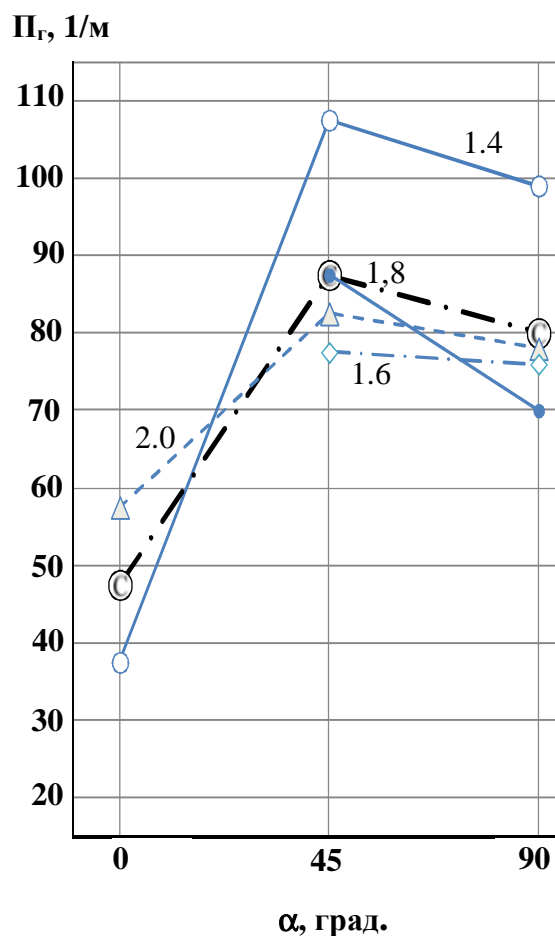
1 – прозрачная модель заливочного ковша; 2 – блок управляемой подачи сжатого газа; 3 – дозирующее устройство для твердой фазы; 4 – фурменное устройство; 5 – система подсветки; 6 – светорассеивающий экран; 7 – цифровая видеокамера; 8 – персональный компьютер для обработки видеоматериала

Рисунок 3 – Схема лабораторной установки для холодного моделирования процесса вдувания газовых и двухфазных потоков в жидкую ванну

Исследованиями на лабораторной и опытно-промышленной установке инъекционной подачи магния было установлено, что при скорости потока более 40-50 м/с частицы магния достаточно равномерно распределяются по сечению канала, что создает благоприятные предпосылки для деления потока на несколько равноценных. При концентрации магния около 8 кг/нм^3 (или около 30 кг/м^3) и скорости потока более 90 м/с практически не наблюдается пульсаций потока, а по своим свойствам двухфазный поток азота с зернистым магнием приближается к газовому потоку, способному делиться на несколько.

При вдувании потока в жидкую ванну в зоне истечения и в прифурменной зоне ванны образуется тепло- и массообменная барботирующая зона. Выполненные замеры (при варьировании расхода газа, диаметра сопла и угла истечения струи в ванну) показали, что при прочих равных условиях величина суммарной поверхности газовых полостей в ванне зависит от угла отклонения вдуваемого потока (α) от вертикальной оси (рис.4). Наиболее высокие значения условной поверхности создаются при вдувании потока под углом 45° . Эта закономерность установлена при продувках одноканальной фурмой.

При вдувании потока через двухсопловую фурму условная межфазная поверхность Π_r так же, как при продувках через одноканальную фурму увеличивается с повышением расхода инжектирующего газа (рис.5), но в большей степени, чем при одноканальной фурме, что обусловлено большими абсолютными значениями поверхности образующейся парогазовой среды при использовании двухсопловой фурмы. Последний

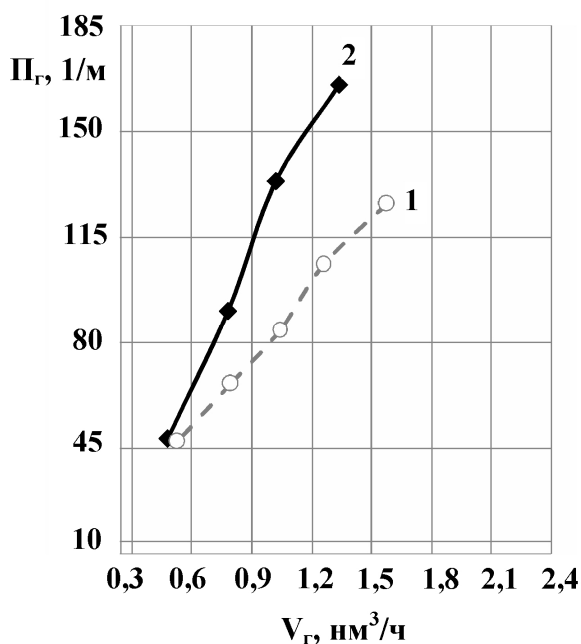


расход вдуваемого газа $1,3 \text{ м}^3/\text{ч}$;
 цифры у линий – диаметр канала (мм);
 ○-◇-△-● – Фактические значения (P_g) при различных параметрах;
 ◎ – средние значения (P_g) по серии экспериментов

Рисунок 4 – Изменение условной поверхности (P_g) газовых полостей в жидкой ванне при различных углах отклонения (α) канала односопловой фурмы (в оголовке) от вертикальной оси

факт свідельствує про те, що в разі використання многосоплової (в частині двухсопловой) фурми при всіх інших рівних умовах і рівних расходах (об'ємі) вдування газу відбувається більше диспергування парогазової фази, що супроводжується збільшенням умовної поверхності в ванні на 30-45% (рис.5). Следователно, вдування парогазових серед в жидкую ванну через многосопловые фурмы сприяє більшому диспергуванню і дробленню газової фази з утворенням більш розвинутої межфазної поверхності, що сприяє прискоренню тепло- і масообмінних процесів між жидким чугуном і парогазовою середою. Изложенное является благоприятной предпосылкой для повышения эффективности усвоения магния и увеличения интенсивности его вдувания.

Сопоставление величин суммарной условной поверхности газовых полостей в жидкой ванне (рис.6) подтверждает, что абсолютные значения P_g при двухсопловой фурме в среднем на 40 1/м или на 35-50% (относительных) больше, чем при односопловой фурме. На двухсопловой фурме так же, как и на одноканальной большее диспергирование достигается при угле отгиба сопел на $25-45^\circ$ от вертикальной оси.



- 1 – вдувание через односопловую фурму;
- 2 – вдувание через двухсопловую фурму

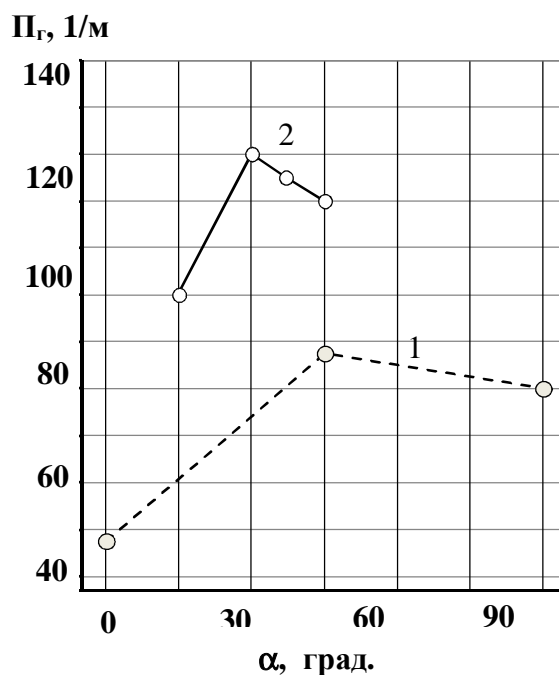
Рисунок 5 – Зависимость условной межфазной поверхности (P_r) пузырей газа в ванне от расхода газа (V_r) при вдувании через двухсопловую фурму с диаметром сопел 1,0 мм и эквивалентную ей односопловую фурму с диаметром канала 1,4 мм. Угол отклонения сопел на выходе от вертикальной оси (α) составляет 45°

Таким образом, експериментально показано, що при прочих равных условиях вдувание двухфазных потоков через многосопловую (в частности, через двухсопловую) фурму сопровождается большим диспергированием парогазовой среды с образованием более развитой тепло- и массообменной поверхности в рафинируемой ванне. Последнее является основой для организации процесса вдувания диспергированного магния (без разубоживающих добавок) через многосопловые фурмы, которые должны обеспечивать более высокое усвоение магния и увеличение интенсивности вдувания магния в ковши с жидким чугуном.

На основании проведенных исследований сформулированы исходные данные для промышленной технологии и конструкции погружаемых двухсопловых фурм вдувания зернистого магния в ковши с жидким чугуном.

Выводы. Исследованиями на холодных физических моделях показано, что в случае вдувания зернистого магния имеются условия и предпосылки для диспергирования и деления двухфазных магнийсодержащих потоков на несколько равных с последующим диспергированием их в жидкой ванне после истечения из канала фурмы. Этот процесс сопровождается увеличением межфазной поверхности, образующейся в ванне, на 30-50% и определяет благоприятные предпосылки для увеличения степени усвоения магния и возможности увеличения интенсивности ввода магния в жидкий чугун.

Реализация рекомендуемого процесса включает вдувание зернистого магния через двухсопловые и многосопловые погружаемые фурмы с отклонением сопел на выходе на 25-45° от вертикальной оси.



удельний расход газа 1,3 нм³/ч; диаметр каналов фурм – 1,4-2,0 мм

1 – вдувание одноканальной погружаемой фурмой;

2 – вдувание двухсопловой погружаемой фурмой

Рисунок 6 – Изменение условной межфазной поверхности (Π_r) газовых полостей в жидкой ванне (вода) при варьировании угла отклонения (α) канала сопел фурмы от вертикальной оси

По результатам исследований на моделях сформированы исходные условия для технологии и устройств вдувания магния в чугун через многосопловые фурмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко А.Ф. Технология и оборудование десульфурации чугуна магнием в большегрузных ковшах / Шевченко А.Ф., Большаков В.И., Башмаков А.М. // Киев: Наукова думка, 2011. – 207с.
2. Оптимизация десульфурации чугуна на Voestalpine Stahl GmbH, опыт и применяемые меры / Р.Шварценбруннер и др. // IX Международный симпозиум по десульфурации чугуна и стали, 18-21 сент. 2006 г.: сб. докладов. – Галати – Румыния, 2006. – С.69-73.
3. Создание и развитие рациональных технологий внепечной десульфурации чугуна / [Большаков В.И., Шевченко А.Ф., Лю Дун Ие и др.] // Сталь. – 2009. – № 4. – С.13-20.
4. Освоение технологии производства сталей с использованием установки десульфурации чугуна в условиях конвертерного производства ОАО "Северсталь" / [Степанов А.А., Ламухин А.М., Зинченко С.Д. и др.] // VII Международного симпозиума по десульфурации чугуна и стали, 20-24 сент. 2004 г.: сб. докладов. – Нижний Тагил, 2004. – С.83-87.
5. Компьютерная обработка кинограмм процесса взаимодействия газовых струй с жидкостью / [Рузова Т.А., Толстопят А.П., Шевченко А.Ф. и др.] // Энергетика та автоматизация виробничих процесів: Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – 2007. – № 12. – С.91-99.

Поступила в редколлегию 25.12.2012.