

**С.И.Семькин, В.Ф.Поляков, С.А.Дудченко, Т.С.Голуб,
В.В.Вакульчук, Е.В.Семькина**

Институт черной металлургии НАН Украины им.З.И.Некрасова

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАСПЛАВ ЧУГУНА ПРИ ЕГО ВНЕПЕЧНОМ РАФИНИРОВАНИИ ГРАНУЛИРОВАННЫМ МАГНИЕМ

Целью работы является изучение возможности углубления рафинировочных процессов при внепечной обработке чугуна для снижения вредных примесей и уменьшения тепловых потерь в расплаве путем наложения низковольтного потенциала на жидкий расплав. В лабораторных условиях проведена серия опытов по обработке расплава чугуна в ковше гранулированным магнием с наложением низковольтных потенциалов. Установлена возможность получения более высоких показателей по десульфурации чугуна за счет применения низковольтного потенциала. Показано, что показатель степени десульфурации увеличился на 10%, интенсивность удаления серы увеличилась на 22,4%, коэффициент усвоения магния металлом увеличился на 24%. Установлены зависимости интенсивности удаления серы от интенсивности ввода магния в условиях наложения низковольтного потенциала на жидкий расплав.

Ключевые слова: внепечная обработка стали, десульфурация, наложение низковольтного потенциала на жидкий расплав, показатели процесса

Состояние вопроса и постановка задачи. Институтом черной металлургии в течение ряда лет выполнялись исследования теоретического и прикладного характера по созданию научно-технических основ использования электрической энергии малой удельной мощности при конвертерном производстве стали для вариантов процесса, предусматривающего продувку кислородом через верхнюю фурму [1]. В качестве распространения полученного при окислительном рафинировании в конвертере опыта перспективным является проведение подобных исследований в условиях внепечной обработки чугуна с продувкой порошкообразными материалами. Одним из наиболее перспективных способов является обработка чугуна гранулированным магнием в потоке нейтрального газа [2-4].

Изучение перспективы использования влияния маломощной электрической энергии при обработке чугуна базируется на возможном углублении рафинировочных процессов со снижением в расплаве нежелательных примесей и уменьшении тепловых потерь металлургическим расплавом за цикл обработки, а также обеспечении ресурсосбережения.

Целью работы является изучение возможности углубления рафинировочных процессов при внепечной обработке чугуна для снижения вредных примесей и уменьшения тепловых потерь в расплаве путем наложения низковольтного потенциала на жидкий расплав.

Методика исследования. В 2013 г. в лабораторных условиях ОМС ИЧМ была проведена серия опытов по обработке расплава чугуна гранулированным магнием марки МГП-99 с фракцией 0,35-1,45мм, подаваемым в потоке азота или аргона, в ковше емкостью 80 кг с кислой футеровкой. Для этого была подготовлена установка подачи гранулированного магния в газовом потоке, дооборудованная электрической схемой наложения низковольтных потенциалов. Для контроля электрических и дутьевых параметров ведения процесса были использованы приборы непрерывной регистрации типа UNIT 60 -71 с записью на персональный компьютер.

Методика проводимых экспериментов. В индукционную печь емкостью 100 кг загружали 70 - 80 кг обрезки металла (химический состав: 1,91 – 3,5 % С, 1,25 - 1,35 % Si, 0,30 - 0,48 % Mn, 0,06 – 0,10 % S) и 10 - 30 кг чугунного боя, содержащего порядка 4,0 % С; 0,04 % S.

Перед проведением опытов осуществляли подогрев футеровки ковша путем 3-х кратного наполнения расплавленным металлом с выдержкой в ковше порядка 1,5 мин.

Опыты проводили парами. Общий объем расплавленного в печи металла при сливе в ковш делили на две порции. Ковш с расплавленным металлом краном перемещали к продувочному стенду, после чего на ковш устанавливали металлическую крышку с закрепленной в ней продувочной фурмой (прямоточная с диаметром сопла 5 мм) и электродом. Глубина погружения фурмы преимущественно составляла 60 – 75 % от толщины металлического расплава. Подача азота или аргона на фурму начиналась до ее погружения в расплав при давлении на редукторе баллона 0,5 – 1,5 ати. Давление в бачке смесителя подачи реагента контролировали с помощью образцового цифрового манометра и поддерживали во время эксперимента неизменным для каждого опыта на уровне от 0,18 до 0,3 ати в зависимости от выбранной скорости подачи магния. Опыты проводили при скорости вращения ротора дозатора 9 об/мин. Длительность подачи магния определялась температурными возможностями расплава, не допускающими переохладения металла в ковше, и работой системы без забивания тракта подачи сыпучих.

В каждый экспериментальный день при проведении опытов поддерживались близкие технологические и дутьевые параметры: начальная температура расплава в печи на момент выпуска, единый химический состав расплава перед выпуском в ковш, давление газа в расходном бункере. В каждой паре проводимых экспериментов один из опытов был сравнительный (без электрических воздействий), а второй – с подводом низковольтного потенциала к фурме и погружному контактному электроду. Во время проведения опытов регистрировали: подводимое напряжение, силу электрического тока, потребляемую мощность, температуру металла в ковше до начала и в конце обработки с помощью погружной термопары ППР 6/30. При проведении опытов осуществлялся отбор проб металла из ковша до начала, и после обработки магнием и шлака по его наличию.

Кроме того, по ходу продувки без ее остановки производился отбор проб металла с интервалом 1 – 2 мин. После эксперимента расплав переливали в подготовленные изложницы для дальнейшего остывания и взвешивания. Слитки имели вес 40 - 50 кг.

Ход и характер протекания экспериментов фиксировался с помощью видеокамеры JVC-40. В целом по визуальной оценке ход обработки магнием сопровождался некоторым разбрызгиванием металла без существенных выбросов и выносов расплавленных частиц. При этом отмечалось выделение белого дыма, характерного для обработки магнием.

Осмотр оборудования после проведения опытов показал, что фурменные блоки за время продувки несколько изнашивались, приобретая коническую форму, и имели характерные особенности поверхности для каждого из проведенных вариантов обработки. В варианте без электрических воздействий отмечено большее количество металлических вкраплений по поверхности фурменного блока по сравнению с вариантом с воздействием низковольтного потенциала.

Результаты исследования. Средние значения основных параметров проведенных опытов, а также расчетные показатели эффективности десульфурации чугуна согласно работе [2] представлены в табл.1. Следует отметить, что результаты опытов, проведенных без электрических воздействий, коррелируют с данными работы [3]. Зависимости интенсивности удаления серы (А) и степени усвоения магния чугуном (Б) от интенсивности подачи гранулированного магния приведены на рис. 1 и 2.

Таблица 1. Средние значения основных показателей лабораторных опытов в ОМС по обработке чугуна гранулированным магнием

Параметры	Опытные варианты		Отклонение от варианта без воздействий, % отн.
	Без воздействий	С низковольтным потенциалом	
Количество плавок, шт	8	10	
Вес металла, кг	41,4	44,57	
Расход магния, кг/т	0,97	0,89	
Время обработки, мин	4,42	4,53	2,5
[S] начальная, %	0,0866	0,0813	-6,1
[S] конечная, %	0,0474	0,0390	-17,7
[Mg] остаточный, %	0,0058	0,0090	55,2
Остывание чуг., °С/мин	44,2	37,5	15,1
Ст. десульфурации, %	44,72	55,68	24,5
Интенсивность удаления серы, г/мин	3,52	4,31	22,4
β , кг/кг	2,44	2,10	-13,9
K_{Mg}^S , %	31,13	36,37	16,8
η , %	39,73	49,31	24,1

β – расход магния на удаленную серу, K_{Mg}^S – степень усвоения магния на серу, η – степень усвоения магния чугуном.

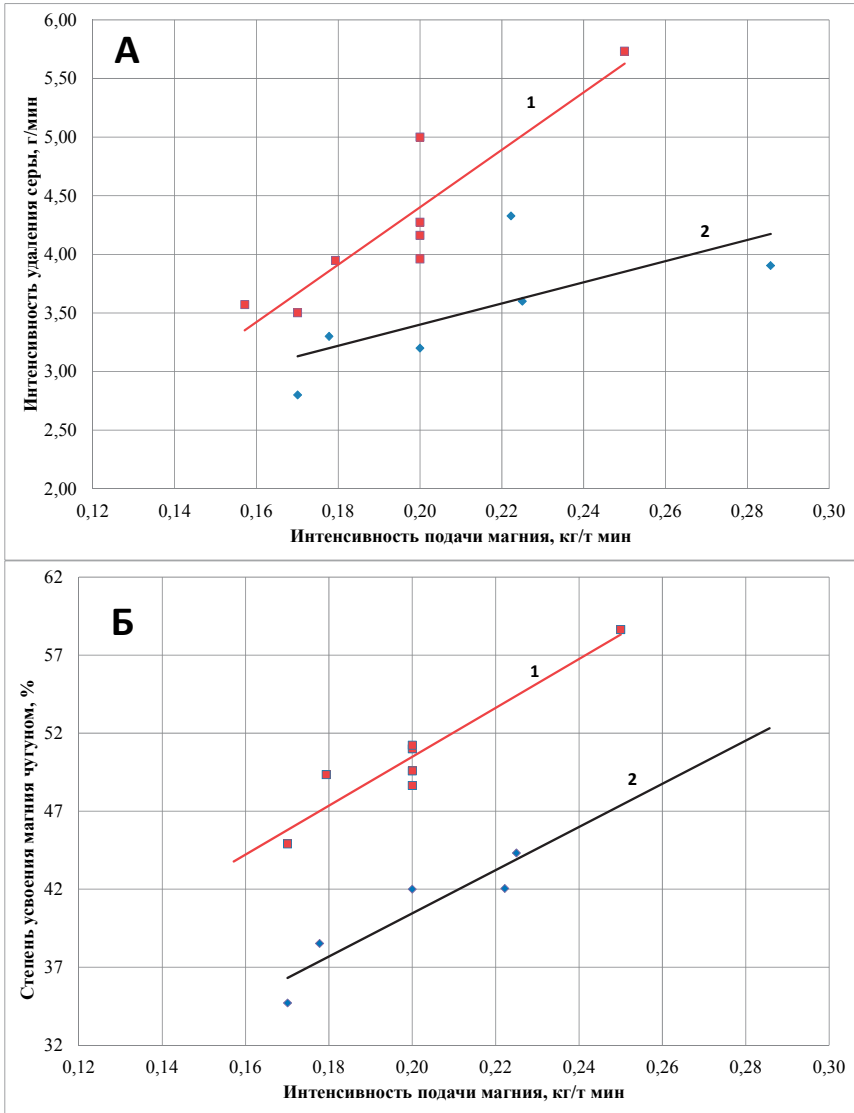


Рисунок. Зависимость интенсивности удаления серы (А) и степени усвоения магния чугуном (Б) от интенсивности подачи гранулированного магния: 1 – вариант с применением низковольтного потенциала, 2 – вариант без воздействий.

Было отмечено, что на плавках, проведенных с воздействием низковольтного потенциала, показатель степени десульфурации увеличился на 10,96 % абс. (24,5 % отн.), интенсивность удаления серы увеличилась на

0,79 г/мин (на 22,4 % отн.) при меньшем уровне удельного расхода магния (0,89 кг/т против 0,97 кг/т в варианте без воздействий). Остаточное содержание магния в металле в варианте с электрическим потенциалом было выше (0,009 % масс., против 0,0058 % масс. в варианте без воздействий). В варианте с применением низковольтного потенциала повысились коэффициент усвоения магния металлом (η) на 24,1 % отн. и степень его усвоения на удаленную серу (K_{Mg}^S) - на 16,8 % отн. Улучшение процесса десульфурации металла в варианте с электрическими воздействиями также подтверждается установленными зависимостями интенсивности удаления серы в единицу времени продувки и степени усвоения магния чугуном от интенсивности ввода магния, приведенными на рис. 1.

В опытах с электрическими воздействиями увеличение степени десульфурации металла сопровождается дополнительным насыщением металла магнием, вероятно, за счет электрической активации магния, присутствующего в различных его формах, что косвенно свидетельствует о снижении его потерь с дымовыми газами.

Контроль температурного состояния показал, что в условиях проведенных экспериментов в варианте с применением низковольтного потенциала отмечен меньший, чем на сравнительных опытах уровень снижения температуры металла в единицу времени обработки магнием (на 6,7 °С/мин).

Закключение. Таким образом, проведенные в ОМС ИЧМ лабораторные исследования по оценке применения метода наложения низковольтного потенциала на систему продувочная фурма – жидкий металлический расплав при обработке чугуна гранулированным магнием в потоке нейтрального газа показали принципиальную возможность реализации и эффективность применения данного способа как с целью повышения показателей десульфурации чугуна и степени усвоения магния, так и снижения уровня тепловых потерь.

1. *Ресурсо- и энергосберегающая технология конвертерной плавки с электрическими воздействиями.* / С. И. Семькин, В. Ф. Поляков, Е. В. Семькина, В. А. Шеремет, А. В. Кекух, В. И. Макаренко, В. И. Пишида, С. Н. Кравец, А. В. Шибко, С. С. Бродский, В. В. Ивко, В. В. Несвет. // *Металл и литье Украины.* - 2004. - № 11. – С.46-48.

2. *Воронова Н. А.* Десульфурация чугуна магнием. – М.:Металлургия. – 1980. – 239 с.

3. *Чернятевич А. Г.* Особенности десульфурации чугуна при вдувании диспергированного магния / А. Г. Чернетевич, А. С. Вергун, К. И. Чубин // *Изв. ВУЗов ЧМ.* – 2000. - №12. – С. 3 – 8.

4. *Создание современных процессов внепечной десульфурации чугуна магнием* / А. Ф. Шевченко, В. И. Большаков, Б. В. Двоскин [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2001. - № 1. – С.20-23

С.І.Семикін, В.Ф.Поляков, С.О.Дудченко, Т.С.Голуб, В.В.Вакульчук, Е.В.Семикіна

Експериментальні дослідження ефективності впливу електричних впливів на розплав чавуну при його позапічної рафінуванні гранульованим магнієм.

Метою роботи є вивчення можливості поглиблення рафінувальних процесів при позапічної обробці стали для зниження шкідливих домішок і зменшення теплових втрат у розплаві . У лабораторних умовах проведена серія дослідів з обробки розплаву чавуну в ковші гранульованим магнієм з накладенням низьковольтних потенціалів. Встановлено можливість отримання більш високих показників по десульфурації чавуну за рахунок застосування низьковольтного потенціалу. Показано, що показник ступеня десульфурації збільшився на 10%, інтенсивність видалення сірки збільшилася на 22,4%, коефіцієнт засвоєння магнію металом збільшився на 24%. Встановлено залежності інтенсивності видалення сірки від інтенсивності введення магнію в умовах накладення низьковольтного потенціалу на рідкий розплав .