

А. М. Зборщик, Н. Ф. Анищенко*, В. П. Стец*, Д. А. Галинков*, А. П. Витязь,
М. Я. Васильевич**, И. В. Автюхович****

Донецкий национальный технический университет, Донецк

*ОАО «Научно-производственное предприятие „Техмет“», Донецк

**ОАО «Металлургический комбинат „Азовсталь“», Мариуполь

Влияние основности ковшового шлака на изменение содержания серы в чугуна в ковшах

Низкая основность шлака в чугуновозных ковшах металлургических заводов Украины может быть причиной ресульфурации металла во время наполнения и транспортирования ковшей. Для устранения ресульфурации чугуна в ковшах основность ковшового шлака должна составлять не менее 1,0. Повышение основности шлака до 1,1-1,2 и более создает условия для десульфурации чугуна при наполнении и транспортировании ковшей и снижения интенсивности ресульфурации металла после глубокой десульфурации чугуна магнием.

Ключевые слова: чугуновозный ковш, основность шлака, ресульфурация, десульфурация чугуна

В научно-технической литературе имеются единичные публикации, в которых описано изменение химического состава чугуна в ковшах [1, 2]. При этом влияние основности ковшового шлака на изменение содержания серы в металле при наполнении и транспортировании чугуновозных ковшей до настоящего времени не изучено.

Исследования в доменных цехах ряда металлургических предприятий Украины показали, что рассчитанная как соотношение концентраций оксидов кальция и кремния основность шлака в чугуновозных ковшах может изменяться от 0,08 до 1,12, составляя обычно 0,3-0,8. Низкая основность ковшовых шлаков часто является причиной того, что их сульфидная емкость не позволяет абсорбировать все количество поступающей в шлак серы. При этом выпуск плавки и транспортирование ковшей из доменного цеха в отделения десульфурации чугуна (ОДЧ) или миксерные отделения (МО) сталеплавильных цехов сопровождаются ресульфурацией металла.

Примером могут служить приведенные на рис. 1 сведения об изменении содержания серы в чугуна за время наполнения и транспортирования ковшей, полученные в доменном цехе ОАО «Металлургический комбинат „Азовсталь“» (МК «Азовсталь»). В ходе исследования во время наполнения ковша из чугуновыпускного желоба доменной печи брали 2-3 пробы металла, по результатам анализа которых рассчитывали содержание серы в чугуна на выпуске. Пробы металла и шлака из чугуновозных ковшей отбирали после доставки их в ОДЧ через 60-135 мин после наполнения, после обработки чугуна магнием, а также перед сливом металла в миксер в МО кислородно-конвертерного цеха (ККЦ).

В этих экспериментах содержание серы в чугуна на выпуске из доменной печи изменялось в пределах 0,012-0,069 %. Состав ковшового шлака согласно результатам химического анализа был следующим, %: 15,4-32,8 CaO; 37,30-49,66 SiO₂; 6,40-7,38 Al₂O₃; 2,8-6,0 FeO; 1,4-2,3 MnO; 4,1-7,3 MgO; 0,58-1,30 S. При

этом основность шлака изменялась от 0,31 до 0,83, в среднем составляя 0,66.

Во время наполнения и доставки в ОДЧ всех проконтролированных ковшей наблюдалась ресульфурация металла (рис. 1, а). Обработка данных (рис. 1, а) с использованием пакета прикладных программ «Statgraphics Plus 3.0» показала, что зависимость между содержанием серы в чугуна после доставки ковшей в ОДЧ ($S_{\text{одч}}$) и концентрацией серы

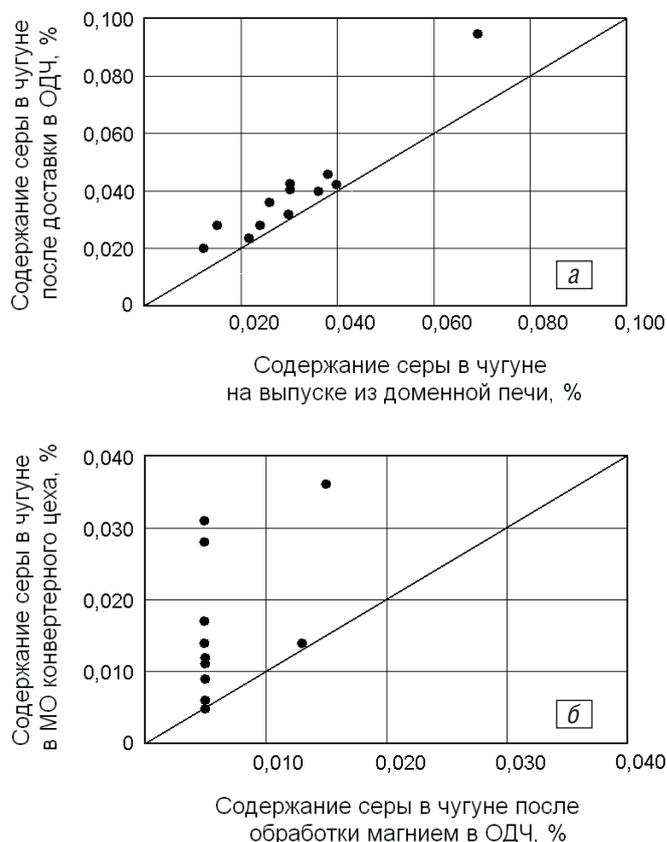


Рис. 1. Сведения об изменении содержания серы в чугуна под шлаком основностью 0,31-0,83: за время наполнения и доставки ковшей в ОДЧ (а); за время транспортирования ковшей из ОДЧ в МО ККЦ (б)

в металле на выпуске из доменной печи ($S_{дп}$) описывается уравнением

$$S_{одч} = 0,000451208 + 1,256950S_{дп} \quad (1)$$

При найденных значениях коэффициентов в уравнении (1) величина коэффициента линейной корреляции $R = 0,9538$.

Транспортирование чугуна из ОДЧ в МО ККЦ также сопровождалось существенной ресульфурацией металла в большинстве проконтролированных ковшей (рис. 1, б), для устранения которой при наполнении и транспортировании чугуновозных ковшей необходимо увеличить основность ковшового шлака.

Ранее в ОДЧ МК «Азовсталь» сотрудниками Института черной металлургии МЧМ СССР изучена возможность повышения основности ковшового шлака при помощи присадок извести фракцией 0-10 мм и доломита фракцией 3-20 мм*. Была установлена низкая скорость растворения в шлаках извести и доломита, что можно объяснить низкой температурой ковшовых шлаков и малым содержанием в них оксидов железа и марганца. Следовательно, для повышения основности шлака в чугуновозных ковшах необходимо использование легкоплавких материалов, температура плавления которых не превышает 1400-1450 °С.

Исходя из этого требования, для повышения основности ковшовых шлаков в настоящей работе использовали рафинирующую смесь ИРС-2, производство которой освоено ОАО «НПП „Техмет“» (Донецк). Смесь представляет собой предварительно переплавленный материал следующего химического состава, %: $\leq 3 C$; $53-60 CaO_{общ}$; $\leq 6 MgO$; $\leq 16 SiO_2$; $4-8 F$; $4-6 (Na_2O + K_2O)$; $10-18 Al_2O_3$; $\leq 0,5 S$; $\leq 1,5 P_2O_5$; $\leq 2 MnO$; $\leq 3 FeO$. Температура плавления ИРС-2 не превышала 1300-1350 °С. Основность смеси, рассчитанная как отношение концентраций CaO и SiO_2 , обычно составляет не менее 3,5.

В ходе исследования в доменном цехе МК «Азовсталь» смесь фракцией до 20 мм присаживали в ковш на литейных дворах печей под струю чугуна. Подачу смеси начинали при наличии в ковше 5-15 т металла и заканчивали к моменту слива 50-60 т чугуна. Методика отбора проб металла и шлака для химического анализа соответствовала описанной ранее.

Полученные в ходе исследования данные о влиянии основности ковшового шлака на изменение содержания серы в чугуне за время наполнения ковшей и транспортирования их в ОДЧ показаны на рис. 2. Обработка данных (рис. 2, а) показывает, что зависимость степени десульфурации чугуна $D = (S_{дп} - S_{одч})/S_{дп}$ от основности ковшового шлака $B = CaO/SiO_2$ может быть описана уравнением

$$D = -0,414785 + 0,518949B, \quad (R = 0,7854). \quad (2)$$

Из рис. 2, а видно, что для предотвращения ресульфурации чугуна основность ковшового шлака должна составлять не менее 0,9-1,0. При повыше-

нии основности шлака до 1,1-1,2 и более возникают условия для десульфурации металла. При основности ковшового шлака 1,4-1,6 степень десульфурации чугуна при выпуске из доменной печи и транспортировании в ОДЧ может составлять 30-40 %.

К аналогичным выводам приводит анализ приведенных на рис. 2, б результатов исследования десульфурации чугуна смесью ИРС-2 на литейных дворах доменных печей ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (ММК им. Ильича) [3]. Обработка данных (рис. 3, б) показывает, что зависимость степени десульфурации чугуна от основности ковшового шлака может быть описана уравнением

$$D = -0,406581 + 0,455033B, \quad (R = 0,78). \quad (3)$$

Из рис. 2, б видно, что и в этом исследовании повышение основности ковшового шлака до 1,0 позволяло избежать ресульфурации чугуна при наполнении и транспортировании ковшей в ОДЧ.

В условиях МК «Азовсталь» также отмечено, что повышение основности ковшового шлака до 1,2 и более позволяет значительно уменьшить интенсивность ресульфурации чугуна при транспортировании ковшей из ОДЧ в МО ККЦ после десульфурации магнемом до содержания серы 0,005 %. Так в 28 из 37 ковшей, обработанных на литейных дворах доменных печей смесью ИРС-2 в количестве 4-5 кг/т, содержание серы в чугуне за время доставки из ОДЧ в

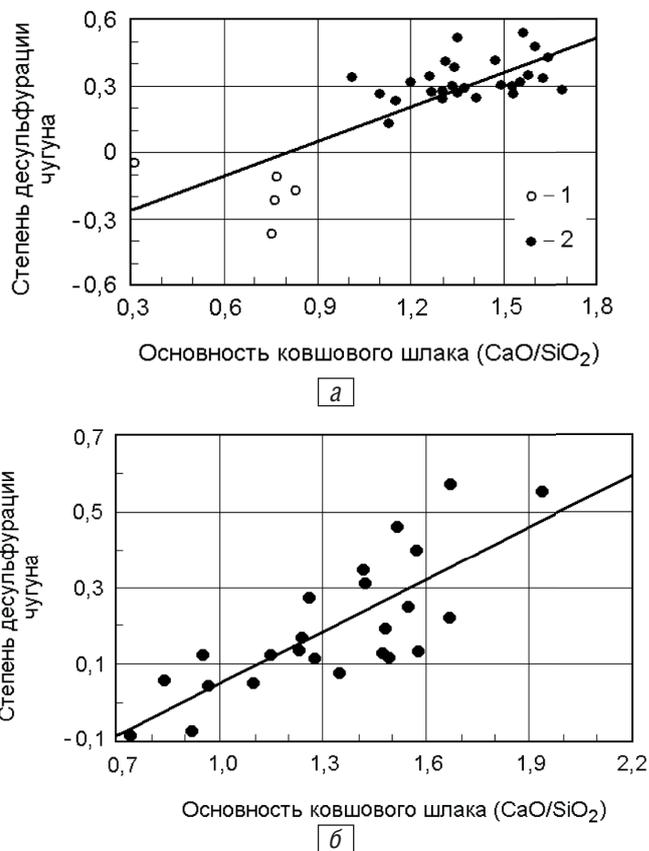


Рис. 2. Зависимость степени десульфурации чугуна за время выпуска и транспортирования ковшей в ОДЧ от основности ковшового шлака: 1 – ковши без обработки ИРС-2; 2 – ковши, обработанные ИРС-2; МК «Азовсталь» (а), ММК им. Ильича (б)

* ВО-40-85, № ГР 01850028731. Исследование и совершенствование внепечной десульфурации чугуна магнемом с корректировкой состава шлакового покрытия и газовой атмосферы / Отчет о НИР (заключительный) / Днепропетровск: Институт черной металлургии МЧМ СССР, 1986. – 75 с.

МО ККЦ уменьшилось или оставалось неизменным. Содержание серы увеличилось на 0,001 % еще в 3-х ковшах, что сравнимо с погрешностями, которые могут иметь место в процессе отбора проб и химического анализа. И лишь в 6-ти ковшах содержание серы в чугуне за время доставки в МО ККЦ увеличилось от 0,004-0,006 до 0,007-0,011 %.

При использовании ИРС-2 для повышения основности ковшового шлака значительное уменьшение интенсивности ресульфурации чугуна за время доставки ковшей из ОДЧ в МО ККЦ отмечено также в условиях ММК им. Ильича [4, 5]. В ОДЧ этого предприятия для десульфурации чугуна используют порошок проволочку, наполнителем которой является механическая смесь гранулированного магнезия в количестве 0,028-0,035 кг/м и применяемого в качестве пассивирующей добавки ставролитового концентрата в количестве 0,078-0,085 кг/м. При производстве штрипсовой заготовки из стали марок Х60 и Х70 содержание серы в чугуне, поступающем в ККЦ, не должно превышать 0,005 %. Однако при использовании порошковой проволочки указанного выше состава соблюдение этого требования вызывало значительные трудности из-за большого количества ковшей, в которых при транспортировании в МО ККЦ наблюдалась ресульфурация металла.

Замена ставролитового концентрата порошкообразной ИРС-2 позволила значительно уменьшить интенсивность ресульфурации чугуна. При использовании порошковой проволочки со смесью гранулированного магнезия и ИРС-2 в количестве

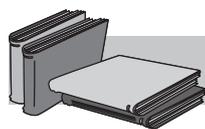
0,042-0,073 кг/м лишь в 2-х из 40 ковшей была отмечена ресульфурация металла от 0,005 до 0,007 %. Для остальных 38 ковшей содержание серы в чугуне после слива его в миксер находилось в пределах 0,003-0,005 %. При использовании порошковой проволочки со смесью гранулированного магнезия и ставролитового концентрата при сливе чугуна в миксер содержание серы выше 0,005 % было получено в 27 из 67 проконтролированных ковшей.

Результаты описанных выше исследований позволяют сделать следующие выводы относительно влияния основности ковшового шлака на изменение содержания серы в металле при наполнении и транспортировании чугуновозных ковшей.

Основность шлака в чугуновозных ковшах металлургических предприятий Украины может изменяться от 0,08 до 1,12, составляя чаще всего 0,3-0,8. Низкая основность ковшовых шлаков является причиной возможной ресульфурации чугуна во время наполнения ковшей и транспортирования их в ОДЧ или МО сталеплавильных цехов.

Для устранения ресульфурации металла при наполнении и транспортировании ковшей основность ковшового шлака должна составлять не менее 1,0. Повышение основности шлака до 1,1-1,2 и более создает предпосылки для десульфурации чугуна при доставке в ОДЧ из доменного цеха.

При повышении основности ковшового шлака до 1,2 и более значительно уменьшается интенсивность ресульфурации обработанного магнезиом чугуна во время транспортирования ковшей из ОДЧ в МО сталеплавильных цехов.



ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение содержания серы в чугуне при его транспортировке / Г. А. Бицадзе, В. В. Парасташвили, Н. Н. Чернов и др. // *Металлург.* – 1988. – № 1. – С. 26-28.
2. Изменение содержания серы в чугуне после выпуска из доменной печи / Б. В. Двоскин, Д. В. Гулыга, В. П. Лозовой и др. – Днепропетровск: Ин-т чер. металлургии, 1983. – 7 с.
3. Использование смеси ИРС-2 для десульфурации чугуна в доменном цехе ОАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» / А. М. Зборщик, Н. В. Косолап, Э. Н. Шебанич и др. // *Металл и литье Украины.* – 2006. – № 6. – С. 20-22.
4. Порошковая проволочка для глубокой десульфурации чугуна / А. М. Зборщик, В. В. Климанчук, Н. Ф. Анищенко и др. // Там же. – 2008. – № 3-4. – С. 3-5.
5. Опытнo-промышленнoе опробованиe порошковой проволочки для глубокой десульфурации чугуна / А. М. Зборщик, В. В. Климанчук, Н. Ф. Анищенко и др. // *Сталь.* – 2008. – № 12. – С. 47-49.

Анотація

Зборщик О. М., Аніщенко Н. Ф., Стец В. П., Галінков Д. О., Вітязь О. П., Васькевич М. Я., Автюхович І. В.

Вплив основності ковшового шлаку на змінювання вмісту сірки в чавуні у ковшах

Низька основність шлаку у чавуновозних ковшах металургійних заводів України може бути причиною ресульфуратії металу при наповненні і транспортуванні ковшів. Щоб запобігти ресульфуратії чавуну у ковшах основність ковшового шлаку має бути не меншою за 1,0. Підвищення основності шлаку більше ніж до 1,1-1,2 створює умови для десульфуратії чавуну при наповненні та транспортуванні ковшів і зниження інтенсивності ресульфуратії металу після глибокої десульфуратії чавуну магнезіом.

Ключові слова

чавуновозний ківш, основність шлаку, ресульфуратія, десульфуратія чавуну

Summary

Zborshchik A., Anishchenko N., Stets V., Galinkov D., Vityaz A., Vaskevich M., Avtyuhovich I.

The influence of ladle slag basicity on changing of sulphur content in hot metal in the ladles

The low slag basicity in iron ladles of Ukrainian metallurgical plants can be the reason of metal resulphurization during filling and transportation of ladles. The basicity of ladle slag should be at least 1,0 to prevent hot metal resulphurization in ladles. The rise of slag basicity up to 1,1-1,2 and more creates conditions for hot metal desulphurization during filling and transportation of ladles and for reducing of metal resulphurization intensity after deep hot metal desulphurization with magnesium.

Keywords

iron ladle, slag basicity, resulphurization, desulphurization of cast iron

Поступила 23.09.10

УДК 621.744

В. С. Дорошенко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Многовариантность использования ледяных моделей при литье в песчаные формы

Создание технологии литья по ледяным моделям преследует цель получения экологически чистого производства. Разработанные способы состоят в том, что после таяния модели в песчаной форме получают полость и заливаемый расплавленный металл контактирует с увлажненным песком или связанной оболочкой. Анализ вариантов изготовления песчаных форм по таким моделям показывает значительные возможности сочетания криотехнологии с традиционными видами формовки.

Ключевые слова: песчаная форма, лед, криотехнология, ледяные модели, формовка, оболочковая форма

Тенденция увеличения количества литейных цехов и участков литья по выплавляемым (ЛВМ, investment casting / lost wax process) и газифицируемым моделям (ЛГМ, lost foam casting) подтверждает спрос промышленности прежде всего в точных видах литья (near-net-shape castings). Мировая практика свидетельствует о постоянном росте производства отливок процессом ЛГМ, которое превысило 1 млн т/год. По темпам роста ЛВМ опережает другие способы; в одной КНР число участков точного литья превышает 1,5 тыс. Ужесточение нормативов в соответствии с европейским законом о химкомпонентах и их выбросах влияет на выбор литейной технологии. За выброс 1 т литейных отходов в Европе придется платить ~ € 200, а за отходы с отклонением от нормы по содержанию вредных компонентов – еще дороже.

Вместе с тем, в ФТИМС НАН Украины (отдел формообразования под руководством профессора О. И. Шинского) в результате исследований, конструкторских и технологических разработок в течение ряда десятилетий созданы и совершенствуются

разновидности и технические режимы ЛГМ, новизна которых и лидирующие позиции института подтверждены почти сотней патентов. Для новых и реконструируемых цехов ЛГМ поставляется отечественное оборудование производительностью 100-5000 т/год отливок из черных и цветных сплавов. ЛГМ, заимствуя достижения вакуумной формовки и технологии самотвердеющих смесей, имеет практику получения отливок массой от 0,1 кг до нескольких тонн, успешно конкурируя и покрывая область использования всех видов песчаной формовки (хотя указанные технологии по традиции относят к спецвидам литья).

В институте в настоящее время проводится ряд исследований по созданию концептуально связанного с ЛГМ (использующего те же пресс-формы для получения моделей и формовочную оснастку) нового экологически чистого способа производства металлоотливок по одноразовым моделям из льда как конструктивного или матричного материала с добавками или примесями (freeze cast process).