

VI Всероссийская научно-практическая конференция для студентов и учащейся молодежи  
«Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ  
ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ**

*С.В. Ивахнюк, студент группы 10В10,*

*научный руководитель: Федосеев С.Н., асс. каф. МЧМ*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8-(38451)-6-22-48*

*E-mail: fedoseevsn@list.ru*

Актуальными проблемами металлургии в новом тысячелетии являются рациональное использование энергетических и материальных ресурсов при условии неуклонного повышения требований к качеству металлопродукции и защите окружающей среды.

Современная технология производства стали развивается в направлении использования основных металлургических агрегатов (дуговая печь, конвертер) только для расплавления твердой составляющей шихты и окисления углерода, кремния, марганца. Все остальные металлургические операции (раскисление, дегазация, легирование, десульфурация, а также доводка по химическому составу и температуре) осуществляется в ковшах, оснащенных соответствующим оборудованием. Такой процесс производства стали позволяет значительно увеличить производительность печей, снизить расходы энергии и материалов, а также обеспечивает получение стали высокого качества [1].

Одним из современных и перспективных способов внепечной обработки стали является введение в жидкую сталь порошковой проволоки. Этот способ может быть применен практически в любом сталеплавильном цехе для окончательной корректировки химического состава и улучшения качества стали по неметаллическим включениям, в том числе и для модифицирования этих включений.

Низкое усвоение и значительный разброс показателей по содержанию вводимых легирующих элементов имеет место при присаживании кусковых раскислителей и ферросплавов. Это способствовало разработке и внедрению в начале 70-х годов технологии вдувания порошкообразных реагентов на основе извести, плавикового шпата, щелочноземельных металлов и других, а в начале 80-х годов – технологии обработки жидкой стали порошковой проволокой. Порошкообразная начинка проволоки заключена в стальную оболочку круглой или прямоугольной формы, которая выполняет несколько важных функций:

- защищает порошкообразные реагенты от воздействия атмосферы и влаги во время хранения и транспортировки;
- предохраняет от окисления при прохождении через слой шлака на поверхности металла;
- обеспечивает соответствующую жесткость проволоки, необходимую для прохождения шлакового слоя;
- задерживает непосредственный контакт реагентов с жидкой сталью, что позволяет путем изменения скорости введения проволоки, и толщины оболочки регулировать глубину погружения легирующих добавок.

Для обеспечения равномерного распределения легирующих добавок в стали, металл в ковше продувают аргоном через пористую пробку. Причем место введения проволоки в ванну металла должно находиться над этой пробкой.

Использование порошковой проволоки имеет следующие основные преимущества по сравнению с технологией вдувания порошкообразных реагентов [2–4]:

- в результате меньшего движения стали в ковше, практически не увеличивается содержание азота, кислорода и водорода в стали;
- более высокая степень усвоения, особенно высокоактивных элементов, например, кальция или магния;
- значительно большая стабильность усвоения легирующих и модифицирующих элементов;
- меньшее снижение температуры металла, например, для 80-т ковша только 5–10 °С, вместо 30 °С при вдувании порошков (1 кг/т 30 %-ного силикокальция);
- значительно более низкие (почти в 5 раз) капитальные затраты по сравнению с затратами на оборудование для рафинирования стали по способам ТА, MW, САВ и др.;
- уменьшение эксплуатационных расходов;
- возможность очень точного контроля количества вводимых легирующих добавок, в том числе в малом количестве;
- не существует проблемы хранения и транспортировки гидрофильных, легко-окисляющихся, ядовитых или пожароопасных реагентов;

- возможность введения легирующих добавок в ковш любой емкости, в промежуточный ковш УНРС и в изложницу;
- универсальность применения. Порошковая проволока практически может содержать любые легирующие компоненты по желанию потребителя.

Поскольку применение порошковой проволоки наиболее эффективно при вводе небольшого количества легирующих элементов, то эту технологию используют для доводки и для микролегирования стали бором, ниобием, углеродом, титаном и др. Фирмы-производители порошковой проволоки выпускают проволоку с любым наполнителем по требованию потребителя.

Основные преимущества доводки стали по химическому составу порошковой проволокой следующие:

- возможность удовлетворения самых жестких требований по содержанию легирующих;
- уменьшение разброса данных по химическому составу, что способствует стабилизации механических свойств стали;
- при частичном совпадении марок стали по химическому составу одну марку стали можно получить из другой вводом легирующих; возможно разливать несколько марок стали за одну плавку, что особенно важно при непрерывной разливке стали;
- более легко устанавливаются и контролируются параметры термообработки.

Среди кальцийсодержащих наибольшее распространение получила проволока с наполнением порошком силикокальция. В мировой металлургической практике в настоящее время силикокальций марки СК30 является наиболее широко используемым сплавом для ввода кальция в сталь. Это обусловлено тем, что такое соотношение компонентов в сплаве (30 % Са и 60 % Si) обеспечивает оптимальное сочетание основных теплофизических параметров в ферросплавном производстве, влияющих на усвоение кальция. Следует отметить, что при производстве силикокальция с содержанием кальция более 30 % резко возрастают расходы и при этом возникают трудности с отделением ферросплава от шлака, поэтому все мировые производители, как правило, ограничиваются изготовлением силикокальция марки СК30. В то же время в последние годы в связи с меняющейся конъюнктурой на рынке ферросплавов и изменением качества сырья появилась тенденция использования в определенных условиях комплексного наполнителя, называемого иногда силикокальций СК40 [5].

Алюмокальциевая порошковая проволока вводилась в жидкий металл на агрегате ковш-печь в начальной стадии обработки с целью изучения возможности управления внутренней структурой металла для обеспечения необходимых условий формирования более высоких качественных показателей конечного металлопродукта. Вторичный алюминий для раскисления полупродукта при выпуске из сталеплавильного агрегата не использовался, а обработка силикокальциевой проволокой проводилась в обычном режиме – на финальной стадии обработки. Анализ технологических результатов показал, что использование АlСа проволоки позволило снизить окисленность металла и шлака, что, в свою очередь, предопределило снижение расхода алюмофлюса для раскисления шлака, увеличение скорости и степени десульфурации металла, повышение усвоения алюминия и кальция (из SiCa проволоки).

Внепечная обработка жидкой стали порошковой проволокой является эффективным средством повышения качества металла и его прецизионной доводке по химическому составу.

Технология применения порошковой проволоки имеет следующие основные преимущества по сравнению с технологией вдувания порошкообразных реагентов: меньшее движение стали в ковше, что обуславливает практически полное подавление увеличения содержания в стали азота, кислорода и водорода; более высокая степень усвоения, особенно высокоактивных элементов, например, кальция или магния; значительно более высокая стабильность усвоения легирующих и модифицирующих элементов; меньшее снижение температуры металла; значительно более низкие (почти в 5 раз) капитальные затраты; более низкие эксплуатационные расходы; возможность очень точного контроля количества вводимых легирующих добавок; не существует проблемы хранения и транспортировки гидрофильных, легкоокисляющихся, ядовитых или пожароопасных реагентов; возможность введения легирующих добавок в ковш любой емкости, в промежуточный ковш УНРС и в изложницу; универсальность применения (порошковая проволока практически может содержать любые легирующие элементы по желанию потребителя).

Однако, применение порошковой проволоки имеет и недостатки: трудность введения большого количества добавок, особенно в ковши большой емкости; порошковая проволока в сущности непригодна для глубокой десульфурации стали; затраты на обработку 1 т стали порошковой проволо-

кой меньше, чем вдуванием порошков, только тогда, когда требуется вводить небольшое количество легирующего элемента.

Применение порошковой проволоки наиболее экономически эффективно при использовании совместно с вдуванием порошкообразных материалов, а также при вводе небольших, точно дозированных, количеств реагентов и в ковшах малой емкости, где возможен риск переохлаждения металла.

Литература.

1. Шкирмонтов А.П., Курагин О.В., Тимофеев А.А., Долбилов С.Б. Развитие процессов внепечной обработки стали: Обзор по системе "Информсталь" Ин-т "Черметинформация". М., 1989. Вып.18 (351), 41 с.
2. Техтинен К., Вайнола Р., Сэндаольм Р. Вдувание порошков в раскисленную алюминием сталь для МНЛЗ // Инжекционная металлургия: Сб. М., 1981 С. 239-248.
3. Робинсон Дж.В. Обработка в ковше введением проволоки из металлического кальция, плакированного сталью // Инжекционная металлургия: Сб. М., 1986. С. 365-378.
4. Прецизионная обработка металлургических расплавов / Д. А. Дюдкин, В. В. Кисиленко, И. А. Павлюченков, В. Ю. Болотов – М.: Теплотехник, 2007. – 424 с.
5. Дюдкин Д. А., Кисиленко В. В. Особенности усвоения кальция из порошковой проволоки с комплексным наполнителем СК40 // Металл и литье Украины. – 2009. – № 1-2. – С. 20-23.

#### **МИНИ-МЕТАЛЛУРГИЯ – МАКСИ-РЕЗУЛЬТАТ**

*А.А. Некрасова, студент группы 10В10,*

*научный руководитель: Федосеев С.Н., асс. каф. МЧМ*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. 8-(38451)-6-22-48*

*E-mail: fedoseevsn@list.ru*

В современной металлургической промышленности активно развивается одно из направлений – сооружение металлургических мини-заводов. Такие мини-заводы соответствуют основным тенденциям развития металлургической промышленности, а именно снижают удельные показатели по энергозатратам, капиталоемкости и расходованию материалов на единицу готовой продукции. А компактные размеры позволяют организовать обработку металла на небольших производственных площадках.

К выгодам данного производства можно отнести:

- Модульный принцип построения технологического процесса – существенно снижаются затраты технологической подготовки производства
- Предприятия располагаются вблизи от потребителей, что позволяет снизить транспортные расходы
- Производство компактно расположено, что дает возможность установки на ограниченных площадях
- Простота в использовании оборудования
- Возможность развернуть производство в кратчайшие сроки

Также, особенность таких мини-заводов заключается в том, что производственное сырье получают в результате переработки металла, что позволяет существенно сократить расходы.

Мини-заводы это компактные электросталеплавильные предприятия неполного цикла мощностью до 1–2 млн. т продукции в год, ориентированные на локальные рынки и использующие в качестве сырья металлолом. Сегодня основным потребителем продукции мини-заводов в России и мире является строительный сектор, которому удобно закупать арматуру по невысокой цене с практически отсутствующей необходимостью в затратах на складское хранение: мини-заводы позволяют производить ровно столько продукции, сколько нужно на данный момент, и при этом они ничего не теряют за счёт малых масштабов производственных мощностей и использования электросталеплавильных технологий. Однако одно из главных преимуществ бизнес-модели мини-заводов это широкие возможности кастомизации – настройки под потребителя, адаптации под потребности конкретного заказчика. Главная проблема наших металлургических гигантов в том, что они в массовом порядке делают либо полуфабрикаты, уходящие преимущественно на экспорт, либо рядовые марки сталей. Ни то, ни другое не подходит для сегментов, где нужны небольшие партии металла определённого качества и свойств. Это касается, прежде всего, оборонно-промышленного комплекса, машиностроения и автомобильной промышленности, а также практически всего малого и среднего бизнеса.