

Шульга В. О.

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОГНЕУПОРНОЙ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА

Рассмотрены вопросы технологии газокислородного рафинирования нержавеющей стали с применением конверторов с донной продувкой газа.

Отмечается, что технология аргонокислородного рафинирования имеет ряд недостатков, к которым относятся повышенный расход аргона на плавку, низкая стойкость футеровки реактора и низкая для конвертерного передела производительность. Предложен новый материал футеровки конверторов.

Ключевые слова: рафинирование, футеровка, обезуглероживание, конвертер, огнеупор, известь, аргон, природный газ.

1. Введение

Конструкционные материалы и разнообразные изделия из нержавеющей стали, легированной хромом, обладают повышенной надежностью в сравнении с другими сплавами на основе железа. Длительные испытания показали не только высокую их устойчивость к коррозии, но и проявили достаточно высокие жаропрочные свойства.

В металлургической практике производства коррозионностойких сталей получил наибольшее развитие конвертерный процесс с донной продувкой металла [1], подтверждая высокую эффективность продувки металлической ванны газовыми смесями с различным окислительным потенциалом.

2. Анализ литературы

Современные процессы производства коррозионностойких сталей предусматривают пространственное разделение энергетического и технологического периодов плавки. В электропечи производится расплавление шихтовых материалов, а процессы обезуглероживания, рафинирования и доводки выносятся в другие более приспособленные для этих целей агрегаты. При этом в 1,5...2,0 раза увеличивается производительность дуговых печей, сводится к минимуму расход низкоуглеродистого феррохрома, значительно улучшается качество металла.

Так как сложившийся в мире баланс высоколегированных отходов обуславливает их количество в шихте не более 50...70 % и недостающий хром целесообразно вводить в металл углеродистым феррохромом, то концентрация углерода в исходном расплаве составляет 1,2-1,4 %. Соответственно в печи необходимо окислить более 1 % углерода [2]. Дальнейшее обезуглероживание ведут в ковше, который помещают в вакуумную камеру, оборудованную высокопроизводительными парожеткаторными насосами. Начальное обезуглероживание металла проводят либо рудой [3], либо, что наиболее приемлемо, газообразным кислородом, подаваемым через водоохлаждаемую фурму, установленную в крышке вакуум-камеры [4].

Для более эффективного обезуглероживания металл

в ковше перемешивают либо электромагнитным статорм, либо, что более эффективно, аргоном, который не только перемешивает металл, но и значительно улучшает условия обезуглероживания металлической ванны за счет увеличения межфазной поверхности, на которой происходит окисление углерода. После окончания окислительного вакуумирования металл раскисляют, корректируют по химическому составу и температуре и разливают. Полученная коррозионностойкая сталь отличается низким содержанием углерода и кислорода, хорошими механическими и антикоррозионными свойствами.

Превалирующее развитие процесса аргонокислородного рафинирования обеспечивалось его значительными преимуществами по сравнению с традиционным процессом и перед технологией окислительного вакуумирования. Метод аргонокислородного рафинирования более гибок с технологической точки зрения. Низкое остаточное содержание в металле газов и цветных элементов, глубокая десульфурация расплава, сквозное усвоение хрома 97...99 %, возможность управления содержанием азота в металле путем легирования расплава газообразным азотом, стандартность и воспроизводимость технологии – вот перечень основных преимуществ этого метода.

3. Результаты исследований

Аргонокислородное рафинирование проводится в специальном агрегате (типа конвертер). Дутье подводится сбоку у днища конвертера через 2-3 фурмы, расположенные горизонтально на тыльной стороне агрегата. Количество сопел зависит от емкости реторты.

Интенсивность продувки, как правило, составляет 0,70 м³/мин·т. Режим обезуглероживания осуществляется в три этапа. На первой стадии от начальных углеродов, равных 2,0...0,6 %, до содержания его в металле около 0,30 % продувку ведут с соотношением между аргоном и кислородом равным 1:3. На второй стадии в концентрационном содержании углерода от 0,3 до 0,1 %, металл продувают газовой смесью с соотношением аргона к кислороду 1:2. Заключительный этап обезуглероживания характеризуется обратным соотношением

между подводимыми газами (аргон к кислороду), как 2:1. Длительность этой стадии зависит от конечного содержания углерода.

Температурный режим процесса характеризуется быстрым подъемом температуры металла от 1813...1833 К (температура заливаемого в конвертер полупродукта) до 1953...1973 К. В дальнейшем она поддерживается на уровне 1973...2023 К и регулируется составом дутья и присадкой охладителей.

За период продувки расплава кислородом угар хрома составляет 3...4 % (абс.), поэтому после достижения заданного конечного содержания углерода в металле переходят к восстановлению образовавшихся окислов хрома из шлака. В конвертер вводят смесь ферросилиция, силикохрома, извести и продувают металл в течение 3...5 минут чистым аргоном. Благодаря перемешиванию расплава аргоном восстановление хрома происходит быстро и достаточно полно. Общее использование хрома при аргонокислородном рафинировании достигает 97...99 %.

Результатом комплекса проведенных исследований явилось физико-химическое обоснование процесса, на основании которого был сделан ряд важнейших выводов [5 – 10].

Во-первых, была показана неэффективность использования газа-разбавителя (аргона) в начальной стадии обезуглероживания расплава до содержания углерода в металле 0,2...0,3 %. Этот вывод позволил снизить расход дорогостоящего аргона на плавку в среднем на 40 % и сократить длительность обезуглероживания расплава в 1,5 раза.

Во-вторых, для охлаждения околофурменной зоны был предложен природный газ - ряда углеводородов, с наименьшим значением парциального давления окиси углерода равной $0,33 \cdot 10^5$ Па, что позволило повышать стойкость футеровки околофурменной зоны в 1,7 раза.

В-третьих, был предложен агрегат газокислородного рафинирования, представляющий собой реторту с соотношением размеров, принятым аналогично кислородным конвертерам с верхней продувкой.

Оригинальным решением проекта стало съемное днище, позволяющее увеличить срок службы стен агрегата.

В-четвертых, был разработан тракт для подвода и смешения энергоносителей (кислорода, аргона, азота, природного газа, сжатого воздуха), благодаря которому были реализованы аналитические выражения для плавного управления аргонокислородным рафинированием высокохромистого расплава. Это позволило на 1,0...1,5 % (абс.) снизить угар хрома за окислительный период, соответственно существенно снизить расход раскислителей и дало возможность стабилизировать температурный режим плавки.

Газокислородное рафинирование проводится в реакторе оборудованном тремя донными фурмами типа «труба в трубе». Продувка расплава осуществляется в три этапа. На первом этапе продувка ведется чистым кислородом с расходом $0,8...1,0 \text{ м}^3/(\text{т} \cdot \text{мин})$. в оболочке природного газа, подаваемого в количестве 10 % от общего объема дутья.

В первый период продувки производится обезуглероживание расплава с 0,6...2,0 % в полупродукте до 0,2 %. Этот период характеризуется интенсивным подъемом температуры с 1753...1793 К до 1953...1973 К для предотвращения критического

(для футеровки конвертера) подъема температуры свыше 1993 К по ходу первого периода производится остуживание металла за счет присадки металлодобавок (феррохром высокоуглеродистый, никель, скрап, металлоотходы близкого химического состава) и извести. Количество присаживаемой извести определяется из выражения:

$$Q = \left(\frac{(T_{п/п} - 1360)(M_{п/п} + M_{г.д.})}{50} - \frac{M_{г.д.}}{4,5} \cdot 100 \right) \cdot 25,$$

где Q – количество необходимой для остуживания извести, кг;

$T_{п/п}$ – температура полупродукта залитого в реактор, °С;

$M_{п/п}$ – масса полупродукта, т;

$M_{г.д.}$ – масса металлодобавок, т;

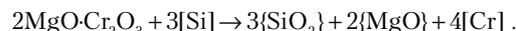
25 – коэффициент теплоемкости извести, кг/°С.

Длительность первого периода определяется количеством кислорода, необходимым для окисления углерода полупродукта, и подъема температуры расплава до 1953...1973 К.

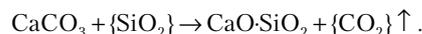
Второй период газокислородного рафинирования до конечных содержаний углерода в металле осуществляется аргонокислородной смесью, состав которой непрерывно изменяется по специальной программе, обеспечивающей минимальный угар хрома и удельный расход нейтрального газа.

За период продувки расплава кислородом угара хрома составляет 2...3 % (абс.), поэтому, как и в классическом процессе, переходят к восстановлению образовавшихся окислов хрома из шлака. В конвертер вводят ферросилиций, плавиковый шпат и продувают металл в течение 3...5 минут чистым аргоном. Сквозное усвоение хрома составляет 97...99 %. По результатам анализа проб металла, отобранных после окончания восстановления хрома, производят корректировку химического состава расплава и плавку выпускают в разливочный ковш. Полулученный металл характеризуется низкими концентрациями углерода,

Важным шагом на пути увеличения стойкости футеровки конвертера газокислородного рафинирования было изменение огнеупорного материала: переход от периклазохромитовых к доломитизированным огнеупорам. Отличительными преимуществами доломитизированных огнеупоров является высокая механическая износостойкость и нейтральное отношение к растворенному кремнию, в отличие от периклазохромитовых огнеупоров, разрушающихся по реакции:



Однако доломитизированные огнеупоры имеют два отличительных недостатка: во-первых, высокотемпературное сужение при температуре 1750 °С и, во-вторых, высокую реакционную способность к кремнезему:



Тем не менее, использование доломитизированных огнеупоров для футеровки конвертера газокислородного рафинирования позволило увеличить длительность кампании с 30 до 90 плавков.

4. Выводы

Таким образом, применение доломитизированных огнеупоров, вместо периклазохромитовых, позволяет повысить стойкость материала футеровки конвертера. Использование доломитизированных огнеупоров для футеровки конвертера газокислородного рафинирования позволило увеличить длительность эксплуатации огнеупорной кладки с 30 до 90 плавов

Литература

1. Нефедов, Ю.Н. Разработка и промышленное освоение технологии выплавки коррозионностойких сталей методом газокислородного рафинирования [Текст] / Ю. Н. Нефедов, А. В. Рабинович, Ю. В. Садовник // Современные проблемы металлургии. – Днепропетровск, 1999. – Вып. 1. – С. 112-132.
2. Бауэр, Г. Вакуумная обработка легированных сталей в ковше [Текст] / Г. Бауэр, Г. Фляйшер, О. Эттерих, И. Отто // Черные металлы. – 1970. – № 14. – С. 3-9.
3. Шмидт, М. Производство высоколегированных сталей в кислородном конвертере [Текст] / М. Шмидт, О. Эттерих, Г. Бауэр, Г. Фляйшер // Черные металлы. – 1968. – № 4. – С. 3-10.
4. Mamro, K. Badania nad przebiegiem odwegniania staliw proznej [Text] / K. Mamro, A. Lux, J. Sutkowski, C. Witek // Hutnik (PRL). – 1976. – № 43. – № 2. – С. 54-58.
5. Scrap Metal Prices For Steel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/URL: <http://scrapinasnapshop.com/scrap-metal-prices-for-steel/>. – 05.10.2013.
6. Process technology followed for sponge iron [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: http://www.ecaswb.org/editor_upload/files/Process%20Technology.pdf. – 05.10.2013.
7. Шульга, В. О. Физико-химический анализ процесса раскисления стали [Текст] / В. О. Шульга, И. Ф. Червоний, С. Г. Егоров, В. П. Грицай // Металлургия. – 2012. –

Вып. 3 (28). – С. 38-42.

8. Шульга, В. О. Об эффективности комплексного раскисления стали [Текст] / В. О. Шульга, И. Ф. Червоний, С. Г. Егоров, В. П. Грицай, О. И. Казачков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/1 (60). – С. 33-37.
9. Аксельрод, Л. М. Повышение стойкости футеровки конвертеров [Текст] / Л. М. Аксельрод, А. П. Лаптев, В. А. Устинов, Ю. Д. Геращук // Металл и литье Украины. – 2009. – № 1-2. – С. 9-15.
10. Огнеупоры для футеровки кислородных конвертеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: \www/ URL: <http://uas.su/books/refractory/91/razdel91.php>. – 05.11.2013.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОГNETРИВНОГО ФУТЕРУВАННЯ КОНВЕРТЕРА

Розглянуті питання технології газокисневого рафінування нержавіючих сталей із застосуванням конверторів з донним продуванням газу. Відзначається, що технологія аргонекисневого рафінування має ряд недоліків, до яких відносяться підвищена витрата аргону на плавку, низька стійкість футерування реактора і низька для конвертерного переділу продуктивність. Запропонований новий матеріал футерування конверторів.

Ключові слова: рафінування, футерування, знеуглецювання, конвертер, вогнетрив, ванно, аргон, природний газ.

Шульга Віктор Олегович, аспірант, кафедра металургії кольорових металів, Запорізька державна інженерна академія, Україна, e-mail: rot44@yandex.ru

Шульга Віктор Олегович, аспірант, кафедра металургії кольорових металів, Запорізька державна інженерна академія, Україна, e-mail: rot44@yandex.ru

Shulga Victor, Zaporozhye State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: rot44@yandex.ru

УДК 666.9:544.77.022

Черняк Л. П.

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ У ТЕХНОЛОГІЇ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Наведено результати аналітичних і експериментальних досліджень фізико-хімічних процесів послідовного формування коагуляційної, конденсаційної та кристалізаційної структур на основних технологічних стадіях виробництва портландцементу. Визначено групи дисперсних систем на стадіях технології. Вказано характеристики коагуляційної структури цементного шламу та особливості фазових перетворень в залежності від ступеня термічної обробки при випалі.

Ключові слова: цемент, сировина, технологія, структура, водна система, випал, фазовий склад.

1. Вступ

Технологія виготовлення цементу розвивається в напрямках розширення сировинної бази з залученням відходів інших галузей промисловості як техногенної сировини, механізації та підвищення продуктивності обладнання, зменшення питомих енерговитрат при випалі та помелі [1, 2]. Актуальність цих задач посилюється в сучасних ринкових умовах, коли забезпечення конкурентоспроможності цементної промисловості України потребує підвищення ефективності виробництва,

вирішення питань ресурсозбереження та екології на інноваційній основі – шляхом розвитку фізико-хімічних засад методології отримання в'язучих речовин, виходячи з концепції взаємозв'язку «склад – структура – властивості».

2. Структурування при сучасних способах виробництва цементу

Згідно положень фізико-хімічної механіки