

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСПУЧЕННОГО ГРАФИТА В ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ СТАЛИ

А.П.Ярошенко, М.В.Савоськин, О.Б.Савсуненко, А.С.Волков
Институт физико-органической химии и углехимии
им. Л.М.Литвиненко НАН Украины; МЧП «Ферросервис», г. Донецк,
Украина; ЗАО «НовоКраматорский Машиностроительный Завод»

У промислових умовах показано, що використання спученого графіту у якості захисного покриття на поверхні шлакової ванни у процесі електрошлакового переплавлення сталі дозволяє повністю виключити викиди аерозолів з печі, на 25-35 % знизити витрати електроенергії за рахунок повного усунення втрат тепла випромінюванням, знизити угар легуючих елементів й підвищити якість металу.

Одним из недостатков электрошлакового переплава (ЭШП) является отрицательное влияние атмосферы воздуха на качество переплавляемого металла [1]. Эффективным способом защиты шлаковой ванны и зоны плавления металла от доступа кислорода воздуха является подача на поверхность шлака углеродных материалов, например, сажи, молотого графита, кокса или древесины [1, 2]. Основными недостатками использования таких материалов является науглераживание металла, а при использовании молотого графита и кокса – возникновение микродуг, вызывающих повреждение стенок кристаллизатора.

Представляло интерес изучить возможность использования для защиты шлаковой ванны в качестве углеродного материала вспученного графита (ВГ), получаемого при термическом разложении соединений интеркалирования графита (СИГ).

Соединения интеркалирования графита получают путем внедрения частиц–гостей в межслоевое пространство кристаллической решетки графита [3]. Одним из наиболее интересных и широко применяющихся в практике свойств таких соединений является их способность в десятки и сотни раз увеличивать свой объем при нагревании (вспучиваться) с образованием вспученного графита [4]. На способности СИГ к вспучиванию при термическом воздействии основано их использование в противопожарной обороне и в металлургии при изготовлении теплоизолирующих составов для утепления слитков стали [5].

Нами показано, что при подаче соединения интеркалирования графита на поверхность шлаковой ванны происходит его эффективное вспучивание с образованием сплошного устойчивого защитного покрытия из вспученного графита. В качестве СИГ использовали вспучивающиеся остаточные соединения, полученные при гидролизе модифицированных нитратов и бисульфатов графита [6, 7].

Промышленное опробование осуществлено в условиях заводов «Днепрспецсталь» (установка ОКБ-905), «Электросталь» (установка ОКБ-105) и ЗАО «НКМЗ» (установки ЭШП-5 и ЭШП-10) при переплаве расходуемых электродов из различных марок сталей под флюсом АНФ-6 в слитки массой 0,5-10 т. Расход СИГ составил 0,7-1,5 кг/т стали.

Результаты химического анализа полученных слитков стали показывают, что при электрошлаковом переплаве с использованием защитного покрытия из ВГ содержание кислорода в металле снижается в 1,2-2 раза по сравнению с обычным переплавом, при этом существенно уменьшается угар титана, хрома, алюминия и других легирующих элементов. Содержание фосфора и серы практически не изменяется. Следует отметить, что при использовании защитного покрытия из ВГ в процессе электрошлакового переплава содержание углерода в металле возрастает всего лишь на 0,01-0,02 %мас., что не выходит за пределы допустимых отклонений при переплаве сталей со средним и высоким содержанием углерода. Отметим также, что использование защитного покрытия из ВГ в процессе ЭШП стали не ухудшает распределения компонентов по высоте слитка.

Одновременно наблюдается снижение количества и существенное уменьшение размеров неметаллических включений оксидного и оксосульфидного типа.

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. При подаче СИГ на поверхность расплавленного шлака (температура около 1600 °С) происходит его мгновенное термическое расщепление (вспучивание) с образованием защитного слоя из ВГ - низкоплотного углеродного материала ($\rho_n = 1-5 \text{ кг/м}^3$) с высокой удельной поверхностью ($S_{уд} = 30-100 \text{ м}^2/\text{г}$). Червеобразные частицы ВГ переплетены между собой и образуют сплошное покрытие, которое не разрушается в ходе переплава. Унос частиц ВГ в систему газоотсоса также отсутствует. Покрытие обладает высокими теплоизолирующими свойствами и предотвращает конвекцию воздуха над поверхностью шлаковой ванны. Защитное покрытие из ВГ не затрудняет перемещения расходуемого электрода и вследствие низкой электропроводности не вызывает коротких замыканий между

расходуемым электродом и стенками кристаллизатора, то есть не влияет на энергопреобразующую функцию шлаковой ванны.

Схема процесса электрошлакового переплава стали с использованием защитного покрытия из ВГ приведена на рис. 1. Вследствие низкой теплопроводности нижняя часть слоя ВГ имеет температуру, близкую к температуре шлака, в то время как верхняя часть слоя ВГ имеет температуру, близкую к температуре окружающей среды. В результате газификации ВГ между расплавленным слоем шлака и слоем вспученного графита образуется газовая полость. Поскольку скорость диффузии кислорода через слой ВГ невелика, а условия для газификации ВГ имеются только в нижней (примыкающей к поверхности шлаковой ванны) части этого слоя, указанная газовая полость заполнена преимущественно монооксидом углерода. В результате этого над поверхностью расплава образуется зона с высокой стационарной концентрацией CO, что способствует протеканию процессов раскисления флюса и металла и препятствует угару легирующих компонентов переплавляемого металла.

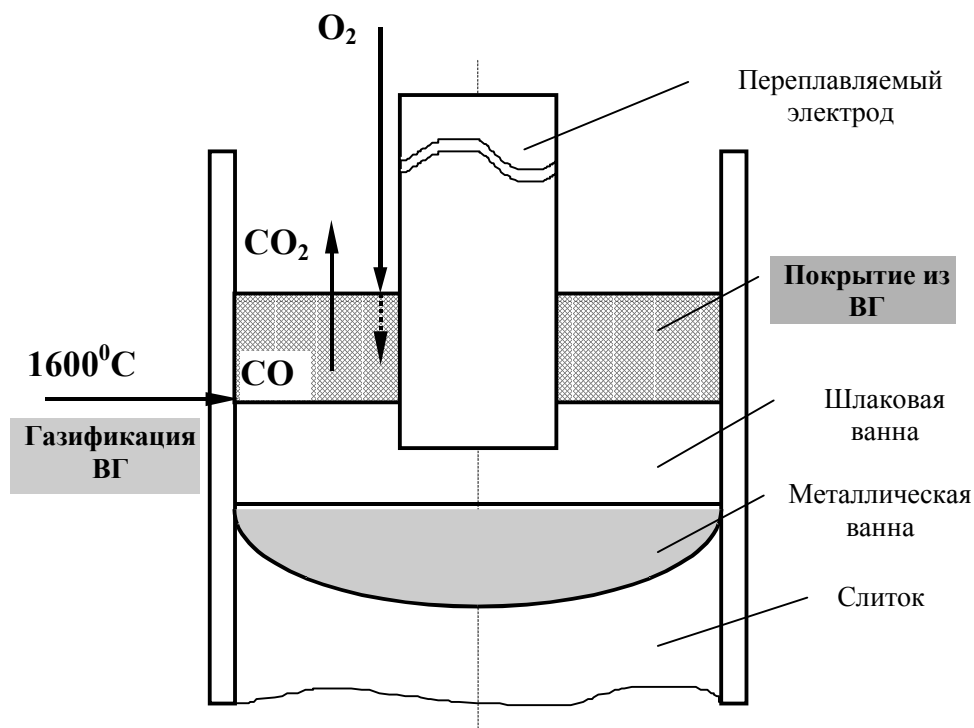


Рис. 1. Схема электрошлакового переплава стального расходуемого электрода с использованием защитного покрытия из ВГ.

Указанная газовая полость практически полностью устраняет возможность непосредственного контакта углеродного материала с поверхностью расплава и, следовательно, науглероживания металла.

Известно, что в структуре тепловых потерь при электрошлаковом переплаве потери за счет излучения и конвекции составляют 10-31 % и 8-13 % от подводимой электрической мощности, соответственно [2]. В результате формирования на поверхности шлаковой ванны защитного покрытия из ВГ практически полностью устраняются потери тепла излучением и конвекцией с поверхности расплава, что наглядно проиллюстрировано на рис. 2. Это позволяет снизить удельный расход электроэнергии с 1400-1600 (для традиционной технологии) до 1000-1100 кВт·ч/т при использовании защитного покрытия из ВГ. Сокращение удельного расхода электроэнергии на 25-35% обусловлено тем, что тепло, ранее безвозвратно терявшееся путем излучения и конвекции с поверхности расплава, при использовании защитного покрытия расходуется на плавление металла (рис. 2).

Отметим, что дополнительным преимуществом использования защитного покрытия из ВГ является практически полное подавление выброса аэрозолей из печи ЭШП в воздух рабочей зоны, что также наглядно иллюстрируют фотографии, приведенные на рис. 2.



А



Б

Рис. 2. Стандартная технология ЭШП (А) и технология с использованием защитного покрытия из ВГ (Б).

Таким образом, использование защитного покрытия из ВГ в процессе ЭШП стали позволяет на 25-35 % сократить удельный

расход электроэнергии, снизить угар легирующих компонентов, повысить качество переплавляемого металла и практически полностью устранить выброс аэрозолей из печи.

Литература

1. Клюев М.М., Каблуковский А.Ф. Металлургия электрошлакового переплава.- М.: Metallurgy, 1969.- 516 с.
2. Лютый И.В., Латаш Ю.В. Электрошлаковая выплавка и рафинирование металлов.- Киев: Наукова думка, 1982.- 188 с.
3. Уббелоде А.Р., Льюис Ф.А. Графит и его кристаллические соединения.- М.: Мир.- 1965.- 256 с.
4. Chung D.D.L. Review exfoliation of graphite // J. Mater. Sci.- 1987.- Vol. 22, No. 12.- P. 190-198.
5. Inagaki M. Applications of graphite intercalation compounds // J. Mater. Res.- 1989.- Vol. 4, No. 6.- P. 1560-1568.
6. Пат. 2058261 Россия, МПК⁵ С 01 В 31/04. Способ получения терморасширяющегося соединения на основе графита / А.П.Ярошенко, В.В.Шапранов, М.В.Савоськин, В.А.Кучеренко, О.А.Сергиенко (МКП «Технология»). Заявл. 19.08.92; № 5066907/26; Оpubл. 20.04.96, Б.И. № 11.
7. Пат. 20816 А Україна, МКВ⁶ С 01 В 21/26, С 06 В 47/04. Спосіб утилізації тераксида діазоту – окислювача ракетного палива / М.В.Савоськін, О.П.Ярошенко, Л.М.Капкан, О.Ю.Чевинський, В.В.Железняк, О.М.Косульніков (ІнФОВ НАН України). Заявл. 09.11.95; № 95114822; Оpubл. 27.02.98, Пром. вл. № 1.