



The application of split electrode with different cross-section of components is considered. The advantage of its application as compared to solid ring electrode is shown. There are determined more rational sections of components of split electrode in the article.

В. А. ЗЕМЦОВ, Д. А. МЕШКОВ, И. О. САЗОНЕНКО, ИТМ НАН Беларуси

УДК 621.74.047

ПРИМЕНЕНИЕ РАСЩЕПЛЕННОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОМ ПЕРЕПЛАВЕ

Существенное снижение себестоимости производства тяговой лебедки лифтов обеспечивается при изготовлении червячных колес из литых биметаллических заготовок взамен заготовок с механическим креплением бронзового венца на чугунной ступице [1]. Для получения биметаллических заготовок червячных колес на заводе РУП «Завод «Могилевлифтмаш» используется процесс электрошлаковой наплавки. При электрошлаковой наплавке расходуемый электрод расплавляется с использованием теплоты, выделяющейся в электропроводном шлаке при прохождении через него электрического тока. Отливка кристаллизуется в тонкой корочке шлакового гарнисажа. В результате ускоренной и строго направленной кристаллизации небольшого количества жидкого металла обеспечивается его высокая химическая и структурная однородность.

Схема процесса электрошлаковой наплавки бронзового венца показана на рис. 1. В полость водоохлаждаемого кристаллизатора 1, установленного на водоохлаждаемый поддон 2, помещают чугунные ступицы, на которые наплавляется брон-

зовый слой. Чугунные ступицы фиксируются с помощью клинового зажима, обеспечивающего электрический контакт стальных заготовок с поддоном. В образовавшийся зазор между чугунными ступицами и водоохлаждаемым кристаллизатором устанавливают кольцевой бронзовый электрод и заливают порцию расплавленного флюса. В процессе электрошлакового переплава кольцевой электрод расплавляется и формирует на чугунной ступице бронзовый слой необходимой высоты.

Кольцевой электрод из бронзы БрО12Ф получают литьем в чугунный кокиль с внутренним земляным стержнем. На рис. 2 показаны чугунный кокиль с земляным стержнем и бронзовый электрод. Литой электрод после выбивки земляного стержня подвергают дробеструйной обработке. Кольцевой электрод наружным диаметром 260 мм с толщиной стенки 15 мм имеет высоту 400 мм и позволяет получить двойную биметаллическую заготовку червячного колеса.

Практика применения расходуемых электродов, изготовленных литьем в кокиль, выявила ряд су-

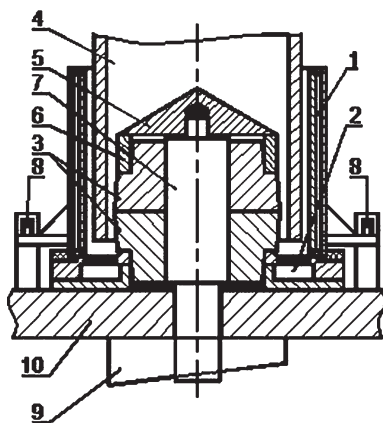


Рис. 1. Схема проведения электрошлакового переплава: 1 – кристаллизатор; 2 – поддон; 3 – ступица; 4 – бронзовый электрод; 5 – конус; 6 – кольцо; 7 – центрирующий стержень; 8, 9 – клиновой прижим; 10 – стол



Рис. 2. Чугунный кокиль с земляным стержнем и бронзовый расходуемый электрод

ществленных недостатков при их производстве и использовании в процессе электрошлаковой наплавки:

- наличие большого количества тяжелых ручных операций при литье в кокиль;
- большой расход стержневой смеси для изготовления стержней;
- наличие операций выбивки стержня и операции дробеструйной обработки;
- сложность получения отливки с необходимыми допусками при литье в кокиль с земляным стержнем;
- сложность получения расходуемых электродов с заданным значением массы;
- сложность получения расходуемого электрода с толщиной стенки менее 15 мм;
- нестабильность протекания электрошлакового процесса при использовании сплошных кольцевых электродов;
- наличие дефектов типа локального включения флюса в зоне между чугунной ступицей и бронзовым венцом.

Анализируя условия возникновения дефекта в зоне между чугунной ступицей и наплавленным бронзовым венцом в виде включения флюса, был сделан вывод о неравномерности поступления расплавленного металла в зону наплавки. На рис. 3 показана начальная стадия процесса формирования биметаллического соединения между чугунной ступицей и бронзовым слоем. В процессе заливки жидкого флюса и до начала прохождения электрического тока через шлаковую ванну происходит формирование и рост корки флюса на поверхности чугунной ступицы и водоохлаждаемого кристаллизатора. В этот момент на холодных поверхностях формируется корочка флюса с макси-

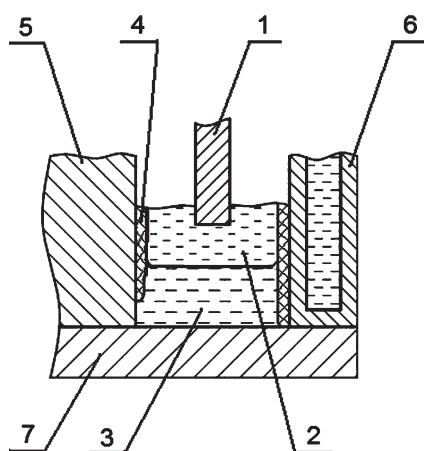


Рис. 3. Начальная стадия процесса формирования биметаллического соединения между чугунной ступицей и бронзовым слоем: 1 – расходный электрод; 2 – жидкий флюс; 3 – жидкий металл; 4 – гарнисаж; 5 – чугунная ступица; 6 – кристаллизатор; 7 – технологический водоохлаждаемый поддон

мальной толщиной. После включения электрического тока происходит разогрев шлаковой ванны. При электрошлаковом процессе тепло в чугунную ступицу передается в основном расплавом бронзы вследствие большей теплоемкости и теплопроводности металла по сравнению со шлаком.

По этой причине наиболее интенсивное плавление флюсового гарнисажа происходит в месте его контакта с жидким металлом. По мере плавления гарнисажа и снижения вязкости расплавленного флюса происходит его вытеснение из пристеночной области в объем шлаковой ванны. Вытеснение происходит под действием разности плотностей расплава бронзы и жидкого флюса. При недостаточном локальном перегреве металла в данном месте наблюдаются включения флюса между чугунной ступицей и бронзовым слоем.

Особую роль в равномерном прогреве объема шлаковой ванны играет геометрия расходуемого электрода. Различие в толщине стенок трубчатого расходуемого электрода вызывает преимущественное плавление со стороны тонкой стенки. Расплавленный металл стекает по электроду на противоположную сторону с большей толщиной и далее через шлаковую ванну попадает на поддон. Растекаясь по поддону, жидкий металл достигает противоположной стороны, имея более низкую температуру. Неравномерное плавление электрода также приводит к различной глубине погружения противоположных сторон электрода в шлак. Уменьшение глубины погружения электрода вызывает падение тепловой мощности, выделяемой в объеме флюса непосредственно под тонким краем трубчатого электрода. Как следствие, расплавленная бронза течет по поддону, огибает ступицу, охлаждаясь по пути, и попадает в место, где флюс имеет пониженную температуру. В результате появляется прослойка флюса между чугунной ступицей и наплавленным слоем бронзы.

В практике электрошлакового переплава нашли применение расходуемые электроды различного сечения: круглые, квадратные, прямоугольные, полые, секториальные и др., включая электроды с переменным по длине сечением [2]. В зависимости от конструктивной схемы электрошлаковой установки в одном кристаллизаторе переплаву подвергаются либо один электрод, либо несколько. Несколько электродов, одновременно переплавляемых в одном кристаллизаторе, могут быть подключены к источнику тока параллельно, последовательно либо по трехфазной схеме.

На рис. 4 показаны схемы расходуемых электродов, нашедшие применение в процессах электрошлакового переплава.

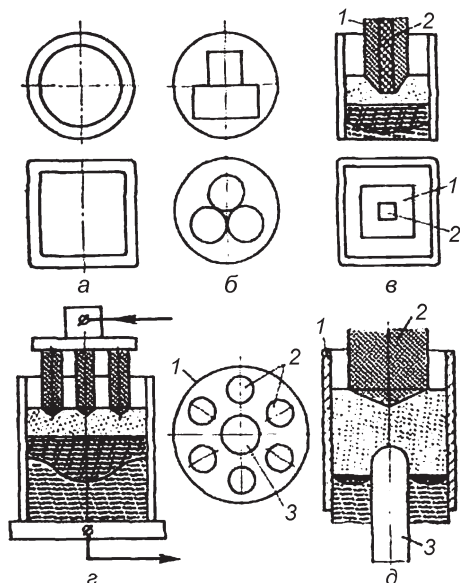


Рис. 4. Схемы расположения электродов: *а* – один электрод в одном кристаллизаторе; *б* – составные электроды; *в* – композитный электрод (например, для выплавки железоалюминиевого сплава; 1 – железо; 2 – алюминий); *г* – расщепленный электрод; *д* – электрод для плавки полых слитков (1 – кристаллизатор; 2 – электроды; 3 – формирующее полость устройство)

Наиболее перспективно при проведении электрошлакового процесса с большой протяженностью шлаковой ванны применение расщепленных электродов [2] (протяженность шлаковой ванны при наплавке бронзового венца равна длине окружности электрода и имеет величину порядка 820 мм). Использование электродов, собираемых с обязательным воздушным зазором между собой, приводит к рассредоточенному стеканию капель в металлическую ванну, что благоприятно сказывается на устойчивости протекания электрошлакового процесса и равномерности механических свойств отливки.

Одним из наиболее перспективных методов изготовления расходуемых расщепленных электродов является отливка их на установках непрерывной или полунепрерывной разливки [3]. Первые опыты по проведению наплавки бронзового венца с применением расходуемых электродов в виде непрерывнолитых прутков диаметром 18 мм показали следующие преимущества их использования по сравнению со сплошными кольцевыми электродами:

- более высокую стабильность протекания электрошлакового процесса;
- меньшие трудозатраты на изготовление данного типа электродов;
- более равномерные механические свойства наплавленного бронзового слоя по периметру отливки.

На рис. 5 показан процесс электрошлаковой наплавки бронзового слоя с использованием стержневых электродов.

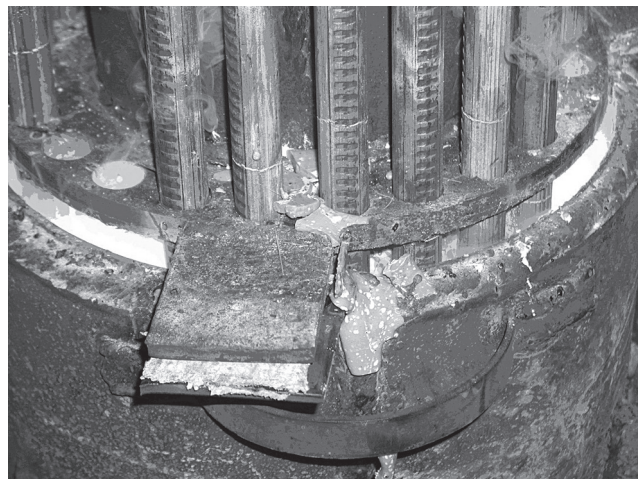


Рис. 5. Процесс электрошлаковой наплавки бронзового венца на чугунную ступицу с использованием стержневых электродов

Тем не менее, несмотря на преимущества перед сплошными кольцевыми электродами, использование стержневых электродов при электрошлаковой наплавке выявило ряд недостатков:

- сложность получения приемлемого коэффициента заполнения кристаллизатора при использовании стержневых электродов;
- усложнение механизма крепления электродов к токоподводу;
- увеличение длительности операции установки электродов на токоподвод;
- сложность выполнения «жидкого» старта при инициализации процесса электрошлаковой наплавки по схеме заливки расплавленного шлака сверху.

В значительной мере перечисленных выше недостатков лишен расщепленный электрод, состоящий из нескольких пластинчатых элементов дугообразного профиля в сечении образующих окружность с заданным радиусом. На рис. 6 представлено сечение расщепленного электрода, собранного из пластинчатых электродов дугообразного профиля.

По сравнению со стержневыми электродами использование пластинчатых электродов с дугообразным профилем имеет ряд преимуществ:

- большие возможности влияния на коэффициент заполнения кристаллизатора, изменяя толщину и ширину пластинчатых электродов;
- уменьшение количества устанавливаемых элементов расщепленного электрода (используется восемь пластинчатых электродов против 24 стержневых);
- упрощается механизм крепления электродов на инвентарной головке.

Получение непрерывным методом литой полосы с дугообразным профилем несколько сложнее,

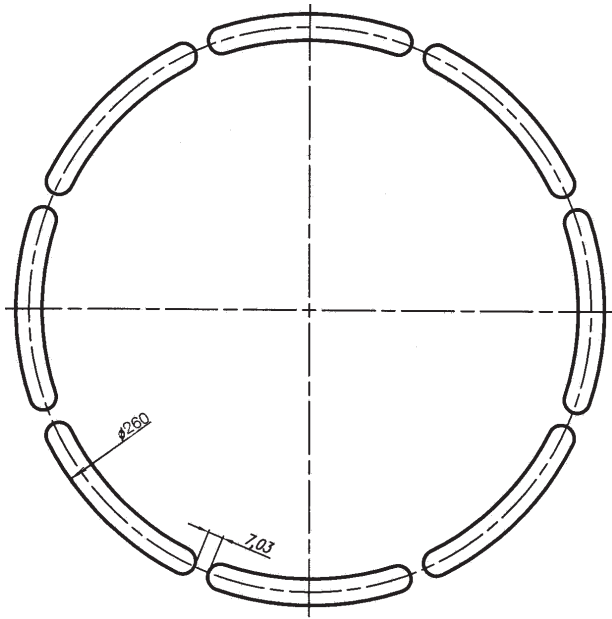


Рис. 6. Сечение расщепленного электрода, состоящего из пластинчатых электродов дугообразного профиля

чем получение непрерывной полосы прямоугольного профиля. Но, тем не менее, применение электродов, изготовленных из полосы с дугообразным профилем, оправдано с точки зрения надежности их эксплуатации в процессе электрошлакового переплава. Дугообразный профиль имеет более высокое значение момента инерции сечения по соответствующим осям, т. е. они жестче, чем электроды, изготовленные из полосы прямоугольного профиля. В процессе электрошлакового переплава на электроды действуют значительные силы электродинамического характера, которые могут привести к нежелательной деформации по длине и, тем самым, к нарушению стабильности протекания процесса электрошлаковой наплавки. Увеличение жесткости отдельного пластинчатого электрода является неременным требованием, необходимым для сохранения заданной геометрии расщепленного электрода, собранного из сравнительно тонких и длинных пластинчатых элементов.

Литература

1. Марукович Е. И., Земцов В. А., Сазоненко И. О., Рябов В. Н. и др. Получение биметаллических заготовок червячных колес методом электрошлакового переплава // Литье и металлургия. 2005. № 2. С 64–66.
2. Техника выполнения электрошлаковой сварки / И. И. Сушук-Слюсаренко, И. И. Лычко. Киев: Наукова думка, 1974.
3. Электрошлаковые печи / Под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара. Киев: Наукова думка, 1976.