

Секция II МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ

ЭЛЕКТРОШЛАКОВАЯ НАПЛАВКА БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК ЧЕРВЯЧНЫХ КОЛЕС

Д. А. Мешков, И. О. Сазоненко

*Государственное научное учреждение «Институт технологии металлов
Национальной академии наук Беларуси», г. Могилев*

Научный руководитель Е. И. Марукович

В настоящее время в ГНУ «ИТМ НАН Беларуси» разрабатывается технология получения биметаллических червячных колес для завода «Могилевлифтмаш». Схема получения червячных колес основана на процессе электрошлакового переплава. В разрабатываемом процессе на чугунную ступицу в водоохлаждаемом кристаллизаторе наплавляется бронзовый венец. Ступицу отливали из серого чугуна в земляную форму. Чугунная ступица выполнена с выступами на наружной поверхности для обеспечения более надежного соединения с бронзовым слоем (рис. 1).



Рис. 1. Чугунная ступица

Расходуемый электрод из бронзы ОФ–10-1 изготовлен литьем в чугунный кокиль с внутренним земляным стержнем. Кольцевой электрод наружным диаметром 270 мм с толщиной стенки 15 мм имеет высоту 400 мм и позволяет получить двойную биметаллическую заготовку червячного колеса.

Начало процесса электрошлакового переплава осуществляли с использованием «жидкого старта». Предварительно во флюсоплавильной печи при токе 600 А и напряжении 42 В производилась плавка 3 кг флюса. Расплавленный и перегретый флюс переливали во внутреннюю полость кольцевого электрода, установленного в исходное положение между водоохлаждаемым кристаллизатором и чугунной ступицей.

После перелива флюса, в первоначальный момент проведения электрошлакового процесса (до начала плавления бронзового электрода), значение рабочего тока поддерживали на уровне 10000 А при напряжении 42 В. С началом плавления бронзового электрода ток снижали до значения 7000–7500 А и далее проводили электрошлаковый переплав в пределах вышеозначенных значений тока (напряжение оставалось неизменным – 42 В). На рис. 2 показан процесс электрошлаковой наплавки бронзового венца на чугунную ступицу.



Рис. 2. Электрошлаковый процесс наплавки бронзового венца на чугунную ступицу

Особенности разрабатываемого процесса состоят в следующем:

1. Температура шлаковой ванны находится в интервале выше температуры плавления бронзового электрода, но ниже температуры плавления чугунной ступицы.
2. Используют флюсы, температуры плавления которых ниже температуры плавления бронзы на 200–300 °С, а температура кипения образовавшегося шлака выше температуры плавления бронзы. При этом шлак должен иметь достаточно широкий интервал рабочих температур, чтобы обеспечить устойчивость протекания электрошлакового процесса.
3. Дополнительная стабилизация электрошлакового процесса осуществлялась путем изменения индуктивного сопротивления сети питания. При этом должно выполняться следующее условие:

$$\frac{\partial^2 P_c}{\partial \tau_s^2} = \frac{\partial^2 P_c}{\partial G_n^2} \left(\frac{\partial G_n}{\partial \tau_c} \right)^2 + \frac{\partial P_c}{\partial G_n} \cdot \frac{\partial^2 G_n}{\partial \Phi_s^2}, \quad (1)$$

где P_c – выделяемая в шлак мощность, кВт; G_n – проводимость шлаковой ванны, кВт; τ_s – время, с.

Сильное увеличение индуктивного сопротивления может привести к появлению незатухающих колебаний процесса наплавки. Поэтому оптимальное значение индуктивности должно быть таким, чтобы частная производная выделяемой мощности по температуре была меньше частной производной отдаваемой мощности по температуре, но не становилась отрицательной:

$$\frac{\partial P_c}{\partial \tau_s} < \frac{\partial P_n}{\partial \tau_s}; \quad \frac{\partial P_n}{\partial \tau_s} > 0, \quad (2)$$

где P_c – отдаваемая шлаком мощность, кВт.

4. Источник тока (источник питания) и индуктивное сопротивление подбирают таким, чтобы отношение напряжения холостого хода источника к напряжению электрошлакового процесса $U_{\text{хх}} / U_{\text{элш}} = 1,1 \div 1,3$.

5. Расплавленный шлак имеет при сравнительно низких температурах (ниже 1300 °С) достаточно высокую электропроводность и низкую вязкость, что благоприятствует поддержанию устойчивого электрошлакового процесса.

6. Шлак имеет высокую химическую активность по отношению к окислам присадочного и основного металлов, восстанавливая или растворяя их.

Электрошлаковый переплав принадлежит к числу активных металлургических процессов. Его эффективность, наряду с более благоприятными условиями формирования и структурообразования слитка, обусловлена рафинированием переплавляемого металла благодаря его химическому взаимодействию со шлаковым расплавом.

Реализация процессов рафинирования переплавляемого металла от неметаллических включений и вредных примесей определяется физическими и физико-химическими свойствами применяемых флюсов. Чем выше рафинирующая способность флюса по отношению к той или иной примеси, тем эффективнее применение ЭШП в целом.

Для электрошлаковой наплавки меди и ее сплавов применяют флюсы, содержащие хлоридно-фторидные соединения, а также бораты и карбонаты щелочных и щелочно-земельных металлов. Обычно в качестве основы для таких флюсов служит фтористый натрий, который эффективно растворяет и восстанавливает окислы, находящиеся на наплавляемой поверхности.

Активными компонентами флюса являются борная кислота или борный ангидрид, бура или их смеси. Возможно применение фторбората калия. Наличие в составе флюса борного ангидрида снижает температуру плавления шлака и увеличивает интервал его кристаллизации, а также несколько увеличивает электросопротивление, что положительно сказывается на устойчивости электрошлакового процесса. Исследованиями, проведенными в ГНУ «ИТМ НАН Беларуси», установлено, что наилучшим флюсом для электрошлаковой наплавки бронзы на серый чугун является тройная композиция $\text{NaF}-\text{BaCl}_2-\text{B}_2\text{O}_3$.

Литература

1. Электрошлаковая тигельная плавка и разливка металла / Б. И. Медовар и [др.] / под ред. Б. Е. Патона, Б. И. Медовара. – Киев : Наук. думка, 1988. – 216 с.
2. Электрошлаковый переплав / под ред. Б. И. Медовара. – Киев : Наук. думка, 1975. – 376 с.
3. Сушук-Слюсаренко, И. И. Электрошлаковая сварка и наплавка «Сварка» / И. И. Сушук-Слюсаренко. – Москва : ВИНТИ, 1977. – 84 с.