

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ЗАЩИТНОГО ПРОТИВОПРИГАРНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ СВАРКЕ В УГЛЕКИСЛОМ ГАЗЕ

А.С. Сапожков, студент гр. ММЧ 12, С.Б. Сапожков, д.т.н., профессор
Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42*

** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)64942
E-mail: WH13@VK.RU*

В работах [1-2] был сделан вывод, что наилучшие технологические свойства и наименьшее влияние на механические свойства и химический состав сварного соединения, при сварке в углекислом газе с применением защитных противоприварных покрытий, оказывают покрытия на основе водного раствора сульфитно-спиртовой барды (КБЖ).

Однако не все эти покрытия удовлетворяют в достаточной степени всем требованиям, предъявляемым к защитным покрытиям. Поэтому необходимо было разработать такой состав защитного покрытия, который бы удовлетворял всем требованиям, предъявляемым к защитным покрытиям.

Одной из задач настоящего исследования являлась разработка метода по выбору состава защитного покрытия с учетом его влияния на распределение остаточных напряжений. Обычно критерий оптимальности является комплексным и содержит требования к различным свойствам сварного соединения. В данном случае за критерий оптимальности выбран минимум остаточных напряжений, в сочетании с комплексом допустимых физико-механических свойств.

Изучение применяемых защитных покрытий показало [3], что наилучшими технологическими и физико-механическими характеристиками обладают покрытия В12 и В15. Недостатком известных покрытий является высокая стоимость его компонентов, что при больших объемах применения скажется на себестоимости продукции. Поэтому задачей являлось разработать состав покрытия, имеющего эквивалентные защитные свойства, но более дешевый в сравнении с покрытиями В12 и В15.

Поставленная задача достигалась тем, что в покрытие для защиты поверхности от брызг расплавленного металла, содержащего сульфидно-спиртовую барду, кальцинированную соду введен термостойкий наполнитель – сапрпель. Сапрпель состоит из солей кальция, магния, железа, цинка, селена, марганца, коллоидных компонентов алюминия, кремния, лигнина, целлюлозы и др. компонентов.

Компоненты покрытия выполняют следующие функции: связующего – сульфитно – спиртовая барда, которая вводится в состав покрытия в виде раствора; поверхностно-активного – кальцинированная сода, которая вводится в виде порошка; термостойкого наполнителя – сапрпель, который вводится в состав покрытия в виде порошка.

Перед началом оптимизации компонентов нового состава защитного покрытия было установлено влияние параметров режима сварки в углекислом газе на количество трудноудаляемых брызг. Результаты показали, что максимальное сцепление брызг с поверхностью изделия происходит при силе тока 300 А и напряжении дуги 28 В. На данных режимах проведены исследования по выбору оптимального состава защитного покрытия.

Соотношения компонентов усовершенствованного покрытия подбирались с помощью построения статистической модели, которая позволяет найти значение набрызгивания (отношения веса прилипших капель к общему весу расплавленной электродной проволоки в процентах от включенных в модель параметров: X – КБЖ, Y – кальцинированная сода, Z - сапрпель). В общем виде данная задача была представлена как минимизация функции цели $\beta(x, y, z)$ [4-6]. Прежде чем перейти к изложению методики оптимизации, поясним некоторые моменты, связанные с выбором величин, ограничивающих интервалы изменений X, Y, Z .

По переменной X были рассмотрены 3 значения, по переменным Y, Z – 6 значений (табл. 1). Обозначим варианты факторов (переменных) индексами 1, 2, 3, ..., ($X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, \dots, Y_6, Z_1, Z_2, \dots, Z_6$).

Таблица 1

Варьирование факторов						
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆
Z ₁	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
Z ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₃
Z ₃	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁
Z ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
Z ₅	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂
Z ₆	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁

С целью исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними условиями, опыты рандомизировались с использованием таблицы равномерно распределенных случайных чисел. Далее проводили эксперименты по влиянию компонентов на технологические характеристики защитного покрытия.

На основе анализа экспериментальных данных была предложена следующая аналитическая зависимость:

$$\beta = C_0 - \frac{C_4}{1 + C_1 \cdot (x - x_0)^2 + C_2 \cdot (y - y_0)^2 + C_3 \cdot (z - z_0)^2}, \quad (1)$$

где C_0, C_1, C_2, C_3, C_4 – коэффициенты, подлежащие определению.

Обозначим через β_i значение коэффициентов набрызгивания, полученных экспериментально, а через $\beta(x_i, y_i, z_i)$ – вычисленные на основе предложенной модели. Пусть

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^N [\beta_i - \beta(x_i, y_i, z_i)]^2. \quad (2)$$

Требование минимизации значения ε по методу наименьших квадратов приводит к системе уравнений для определения неизвестных C_k ($k=0, 1 \dots 4$)

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N \left[C_1(x_i - x_0)^2 + C_2(y_i - y_0)^2 + C_3(z_i - z_0)^2 + \frac{C_4}{\beta_i - C_0} + 1 \right] \cdot (x_i - x_0)^2 &= 0; \\ \sum_{i=1}^N \left[C_1(x_i - x_0)^2 + C_2(y_i - y_0)^2 + C_3(z_i - z_0)^2 + \frac{C_4}{\beta_i - C_0} + 1 \right] \cdot (y_i - y_0)^2 &= 0 \\ \sum_{i=1}^N \left[C_1(x_i - x_0)^2 + C_2(y_i - y_0)^2 + C_3(z_i - z_0)^2 + \frac{C_4}{\beta_i - C_0} + 1 \right] \cdot (z_i - z_0)^2 &= 0; \\ \sum_{i=1}^N \left[C_1(x_i - x_0)^2 + C_2(y_i - y_0)^2 + C_3(z_i - z_0)^2 + \frac{C_4}{\beta_i - C_0} + 1 \right] \cdot \frac{1}{\beta_i - C_0} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Решение данной системы дает следующие значения коэффициентов:

$$C_0=96; C_1=4 \cdot 10^{-3}; C_2=3 \cdot 10^{-4}; C_3=1 \cdot 10^{-4}; C_4=87; x_0=140; y_0=50; z_0=210$$

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальным составом покрытия будет следующий: КБЖ ≈ 140 г; кальцинированная сода ≈ 50 г; сапрпель ≈ 210 г на литр воды, при этом толщина слоя покрытия составит 30 мкм, и практически полностью исключается сцепление брызг с металлом, а остаются только следы ожогов покрытия.

Литература.

1. Fedko V.T., Tomas K.I. and Sapozhkov S.B., Protecting the surfaces of welded components against molten metal splashes in CO₂ welding // Welding International. 1998. № 1. P. 58 – 62.
2. Fedko V.T., and Sapozhkov S.B. Investigation of temperature fields in the contact zone of droplets (splashes) on molten metal with the surface of welded metal// Welding International. 1999. № 4. P. 310 – 313.
3. Федько В.Т., Сапожков С.Б., Зернина Е.В. Покрытия для защиты поверхности от набрызгивания при наплавке и сварке в CO₂ // Ремонт, восстановление, модернизация. 2003. №3. С. 41 – 47.
4. Статистические методы в инженерных исследованиях. / Под ред. Г.К. Круга. М.: Высш. шк., 1983. 216 с.
5. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М.: Наука, 1965. 340 с.
Налимов В.В. Статистические методы описания химических и металлургических процессов. М.: Металлургиздат, 1962. 61 с.