

УДК. 621. 791

Набиев Эльман Саядович – к.т.н., доцент (Ташкент, ТашИИТ)

### ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМА МНОГОЭЛЕКТРОДНОЙ НАПЛАВКИ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ВАГОННЫХ КОЛЕС

Разработка технологии восстановительной наплавки неминусово связана с выбором оптимальных режимов, определяющих качество наносимого металла.

Для многоэлектродной наплавки вагонных колес имеет значение, наряду с качеством формирования наносимого валика, его геометрические размеры и глубина проплавления основного металла. Связано это с тем, что восстановление поверхности катания колеса шириной 90 мм рекомендуется производить наплавкой двумя валиками. Осуществить это возможно наложением валиков шириной 55 и 40 мм с одинаковой высотой наплавки. Дополнительный слой металла 5мм необходим для надежного перекрытия валиков между собой. Одновременно с этим, наплавка колесной стали с повышенным содержанием углерода, ставит задачу уменьшения глубины проплавления основного металла, для избежания появления трещин.

В связи с чем, встают вопросы оптимизации режима наплавки, решения которых возможно путем определения степени влияния отдельных параметров на качество формирования и геометрические размеры валиков. К основным параметрам режима можно отнести: силу тока; скорость и напряжение наплавки; скорость подачи, диаметр, число, порядок и вылет электродных проволок /1/.

Влияние диаметра, числа электродных проволок и силы тока на формирование валиков определяли экспериментальными наплавками. Установили, что получение валиков с указанными значениями ширины возможно подачей на поверхность наплавки 4 и 5 электродных проволок при силе тока 1000 ÷ 1200А.

Параметры влияния скорости подачи электродов, вылета и расположения их по направлению к наплавке могут варьироваться в широком диапазоне, и связаны с большим объемом предварительных экспериментальных исследований. Поэтому для определения степени влияния этих факторов на качество формирования наплавляемого валика, использовали один из методов статистического планирования экстремальных экспериментов - метод крутого восхождения /2/.

Эксперименты выполняли на опытных колесах со скоростью наплавки 10,8 м/ч пятью одновременно подаваемыми электродными проволоками марки Св-10НМА под флюсом АН-348А. В качестве параметров оптимизации были выбраны средняя твердость наплавленного слоя, ширина зоны термического влияния (ЗТВ), глубина проплавления основного металла, качество формирования наплавленного слоя. Последний параметр оценивался в пятибалльной системе, в зависимости от наличия неровностей поверхности наплавки, подрезов, несплавлений, трещин и отклонения от необходимых размеров валика. Интервалы варьирования определяли, исходя из предшествующих опытов так, чтобы верхний и нижний уровень были различны, и в тоже время, не исключали возможность линейной аппроксимации. Условия проведения опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры сварочного процесса

Факторы	Напряжение на дуге, $U_d$ , В	Скорость подачи электродов, м/ч	Вылет электродов $\times 10^{-3}$ , $h_3$ , мм	Угол разворота электродов, $\alpha$ , град
Код	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
Основной уровень	30	57	40	0
Интервалы варьирования	4	21	10	45
Верхний уровень (+)	34	78	50	45
Нижний уровень (-)	26	36	30	0

Был поставлен дробный факторный эксперимент типа  $2^{4-1}$ , предусматривающий проведение 8 опытов. Для получения линейной модели вида:

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4,$$

задавались определяющим контрастом  $1 = X_1 X_2 X_3 X_4$ , что позволило оценить коэффициенты модели, смешанные с эффектами тройных взаимодействий /2/:

$$\begin{aligned} b_1 &\rightarrow \beta_1 + \beta_{234} & b_3 &\rightarrow \beta_3 + \beta_{124} & b_{12} &\rightarrow \beta_{12} + \beta_{34} & b_{14} &\rightarrow \beta_{14} + \beta_{23} \\ b_2 &\rightarrow \beta_2 + \beta_{134} & b_4 &\rightarrow \beta_4 + \beta_{123} & b_{13} &\rightarrow \beta_{13} + \beta_{24} \end{aligned}$$

Выбранная полуреплика в виде матрицы планирования  $2^{4-1}$  и значения параметров оптимизации  $Y_1 \div Y_4$  приведены в табл.2 (где  $Y_1$ -балл качества;  $Y_2$ - средняя твердость наплавленного слоя, НВ;  $Y_3$ -ширина ЗТВ, мм;  $Y_4$ -глубина проплавления, мм). Порядок реализации 8 опытов был установлен с помощью таблицы случайных чисел.

Таблица 2

Величины случайных чисел при проведении опыта

№ опыта	Порядок реализации	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$
1	5	+	-	-	-	-	0	212	6	1,5
2	3	+	+	-	-	+	2	210	10	2
3	2	+	-	+	-	+	4	210	7	3,6
4	8	+	+	+	-	-	4	212	9	4,3
5	4	+	-	-	+	+	0	208	5	2,7
6	6	+	+	-	+	-	3	212	9	1,5
7	7	+	-	+	+	-	5	212	8	2,5
8	1	+	+	+	+	+	1	210	10	2,5

Анализ выполненного математического планирования показал, что при небольших скоростях подачи электродов (менее 57 м/ч) разворот их под углом  $45^0$  относительно направления наплавки ухудшает формирование валика, увеличивает глубину проплавления ( $2 \div 2,7$  мм), уменьшает высоту наплавленного слоя ( $1,5 \div 2$  мм) и не влияет на его ширину (рисунок 1, а).

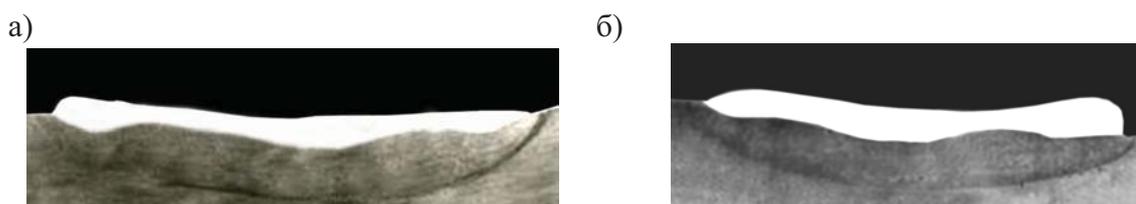


Рисунок 1. Глубина проплавления поверхности колеса при вылете электрода 25 мм

Разворот электродов фронтом уменьшает глубину проплавления (1,5 мм) и увеличивает высоту валика ( $2,3 \div 3$  мм) (рисунок 1, б). С увеличением скорости подачи до 78 м/ч, независимо от расположения электродов относительно направления наплавки, глубина проплавления возрастает, улучшается формирование валика (рисунок 2, а). Однако, существенное влияние на глубину проплавления и ширину валика оказывает вылет электродов. При значениях вылета  $40 \div 50$  мм минимальная глубина проплавления составляет 2,6 мм, а максимальная ширина валика – 63 мм. Вылет электродов менее 40 мм повышает глубину проплавления до 4,3 мм и уменьшает ширину валика до 57 мм.

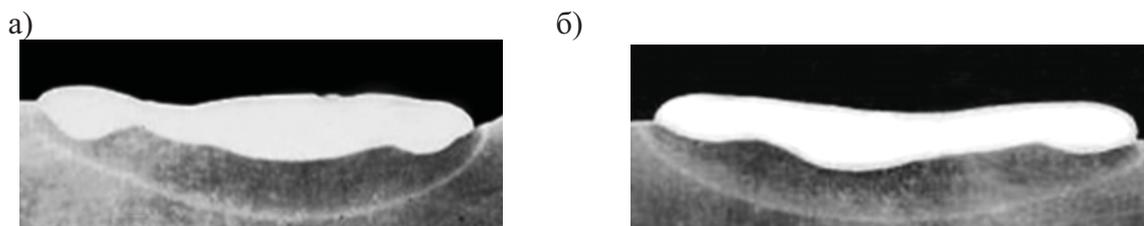


Рисунок 2. Таблицы случайных чисел привывлете электрода 40-50 мм

Исследования показали, что напряжение дуги является единственным фактором, влияющим на значения ширины ЗТВ, а значит и на удельные тепловложения в металл колеса. При напряжениях дуги  $26 \div 28$  В ширина ЗТВ минимальная и составляет  $5 \div 8$  мм, а в пределах  $30 \div 34$  В увеличивается до  $9 \div 10$  мм. Причем, следует отметить, что с повышением напряжения, при расположении электродов углом, ухудшается формирование наплавляемого слоя, а ширина ЗТВ и валика имеют максимальные значения, соответствующие 10 и 62 мм. Расположение электродов фронтом улучшает формирование наплавляемого слоя и уменьшает ширину ЗТВ до 9 мм, а валика до 54 мм.

#### Выводы

По результатам макроисследований был принят наиболее благоприятный режим, обеспечивающий высокое качество наплавляемого металла. На рисунке 2 (б), показан макрошлиф валика со средней глубиной проплавления 3мм и шириной ЗТВ 8мм, наплавленного со скоростью 10,8 м/ч на токе 1000 А и напряжении 28 В (расположение электродов – фронтом). Выбрав скорость подачи электродных проволок 78 м/ч и расстояние между их осями 12 мм, высота и ширина валика, составили соответственно 3,5 мм и 58 мм. В наплавленном металле поры, раковины и шлаковые включения отсутствуют.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Меликов В.В. Многоэлектродная наплавка. М., Машиностроение, 1988, 140 с.
2. Новик Ф.С. Математические методы планирования экспериментов в металловедении. М., МИССИС, ч. 1, 1972, 106 с.