

УДК 621.791.037

Носов Д.Г.¹, Размышляев А.Д.²

РАСЧЕТНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ СЕЧЕНИЙ ВАЛИКОВ АСИММЕТРИЧНОЙ ФОРМЫ, ПОЛУЧАЕМЫХ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОМБИНИРОВАННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Предложены расчетные соотношения для определения геометрических размеров сечений валиков асимметричной формы, получаемых при наплавке с воздействием комбинации трех магнитных полей. Показано, что использование предложенной комбинации магнитных полей позволяет повысить эффективность процесса дуговой наплавки проволокой под флюсом.

При дуговой наплавке проволокой важной задачей является повышение производительности процесса, уменьшение затрат на последующую механическую обработку, повышение служебных свойств наплавленных изделий.

Об эффективности того, или иного технологического варианта процесса дуговой наплавки можно судить, сравнивая геометрические размеры сечений наплавленных валиков и связанные с ними известные коэффициенты, в частности, такой коэффициент, как доля участия основного металла в наплавленном.

Поиск путей реализации регулируемого управления геометрическими размерами наплаваемых валиков позволил выделить один из способов: способ наплавки с воздействием внешних магнитных полей [1 – 3]. В работе [4] предложено использовать комбинацию трех независимых электромагнитов, схема расположения которых (относительно оси электрода и вектора наплавки) приведена на рис. 1. Такое комбинированное магнитное поле (КМП), как показано экспериментально в работе [4], позволяет изменить форму и размеры сечений наплаваемых валиков.

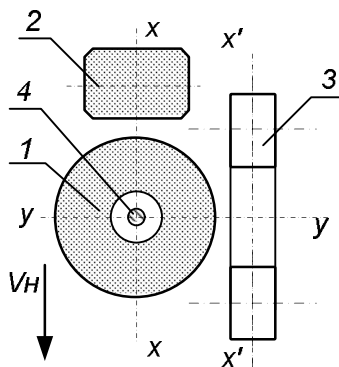


Рис. 1 – Схема расположения электромагнитов при дуговой наплавке

Для схемы, приведенной на рис. 2б, нет расчетных формул, связывающих основные геометрические размеры сечений валиков, что не позволяет определить их оптимальные размеры.

Целью настоящей работы явилось получение расчетных соотношений для определения оптимальных размеров сечений валиков при дуговой наплавке с использованием КМП и повышения эффективности процесса дуговой наплавки.

¹ДГТУ, аспирант

²ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

При оптимизации форм поперечных сечений валков необходимо уменьшать значения F_{np} – площади проплавления основного металла, h – глубины проплавления основного металла, увеличивать значения F_n – площади наплавки. Необходимо оптимизировать значения F_δ – площади пересечения смежных валков, b – ширины валика, g – высоты валика, H – шага наплавки (рис. 2). Эти требования сохраняются и для асимметричных форм сечений валков, получаемых при наплавке с использованием КМП (рис. 2б).

Для определения величин F_{np} , F_n , F_δ , асимметричный валик (рис. 2б) разобьем на элементарные геометрические фигуры (рис. 3).

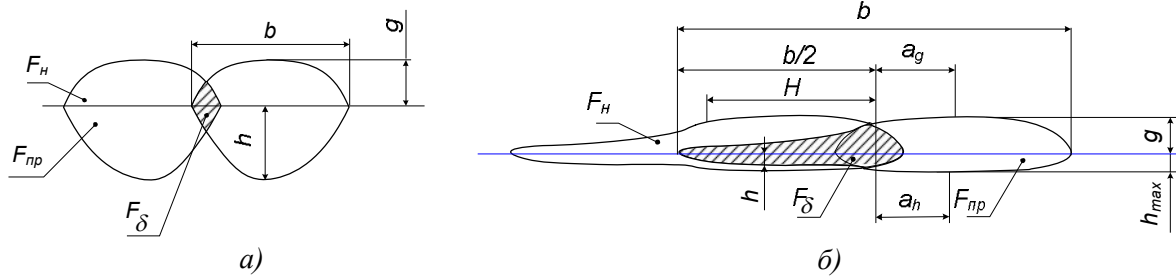


Рис. 2 – Поперечные сечения наплавляемых валков

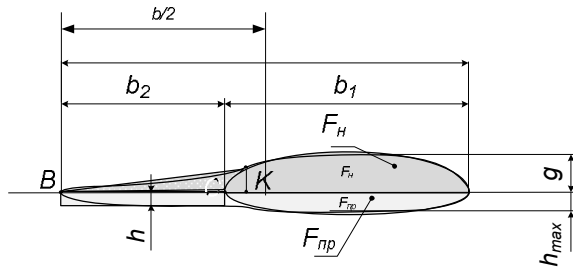


Рис. 3 – К расчету F_{np} , F_n при наплавке в КМП

высотой g и треугольника ABC (рис. 3). Было определено, что $CK=2g/3$, поэтому:

$$F_n = \frac{\pi}{4} g(b - 2a_g) + \frac{2}{3} a_g \cdot g \quad (2)$$

Соответственно, площадь сечения всего валика составляет:

$$\begin{aligned} F &= F_n + F_{np} = \frac{\pi}{4} g_{\max}(b - 2a_g) + \frac{\pi}{4} h_{\max}(b - 2a_h) + \frac{2}{3} a_g \cdot g + 2a_h \cdot h \\ &= \frac{\pi}{4} (g_{\max}(b - 2a_g) + h_{\max}(b - 2a_h)) + \frac{2}{3} a_g \cdot g + 2a_h \cdot h \end{aligned}$$

Долю участия основного металла в наплавленном можно определить из выражения:

$$\gamma = \frac{F_{np}}{F} = \frac{\frac{\pi}{4} h_{\max}(b - 2a_h) + 2a_h \cdot h}{\frac{\pi}{4} (g_{\max}(b - 2a_g) + h_{\max}(b - 2a_h)) + \frac{2}{3} a_g \cdot g + 2a_h \cdot h} \quad (3)$$

Вычисляли значения площадей наплавки, проплавления и доли участия основного металла в наплавленном, используя экспериментальные данные, полученные в работе [4]. Данные показали (рис. 4), что увеличение ширины валика при наплавке с использованием КМП приводит не только к увеличению площади наплавленного металла, но и к уменьшению площади зоны проплавления основного металла и доли участия основного металла в наплавленном.

Долю участия основного металла в металле второго и следующих смежных (в слое) валков φ в случае асимметричных валков предложено определять по следующей формуле:

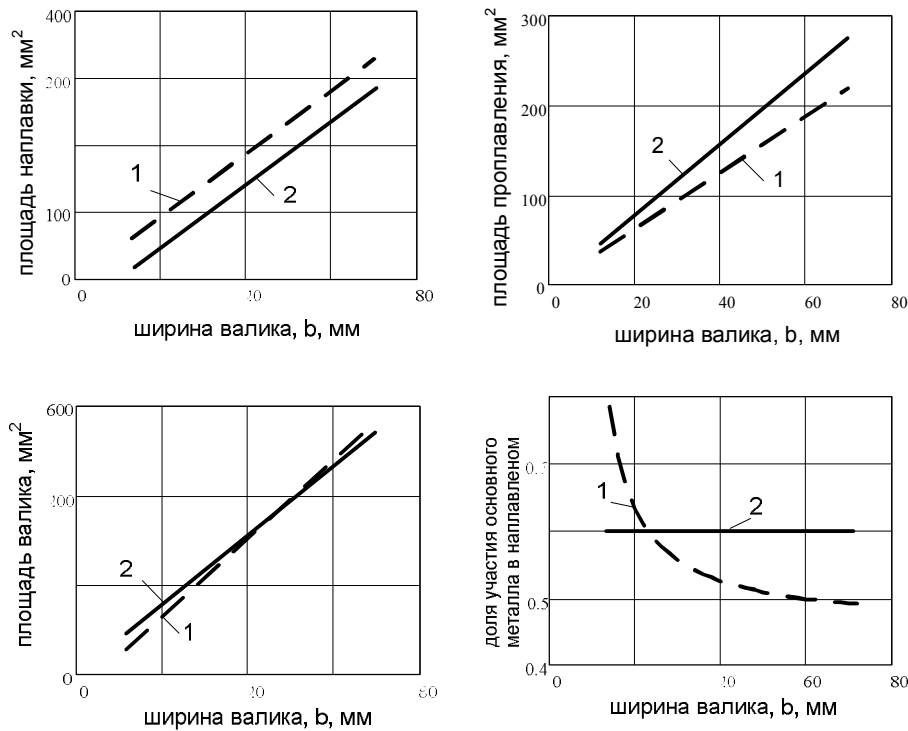


Рис. 4 – Взаимосвязи площадей F_{np} , F_{nb} , F и коэффициентов γ с шириной валика b :
1 – наплавка с применением магнитного поля; 2 – наплавка без КМП

$$\varphi = \frac{\left(\frac{\pi}{4} h_{\max}(b-2a_h) + 2a_h \cdot h\right) - \frac{\pi}{4} h \cdot (b-H)}{\frac{\pi}{4} (g_{\max}(b-2a_g) + h_{\max}(b-2a_h)) + \frac{2}{3} a_g \cdot g + 2a_h \cdot h} \quad (4)$$

Доля участия металла предыдущего валика в металле последующего валика в этом случае определяется так: $\delta = \frac{F_{\delta}}{F}$. С целью определения F_{δ} проведена серия экспериментов, статистическая обработка которых позволила получить уравнение регрессии, связывающее площадь F_{δ} с относительным шагом наплавки $\alpha = H/b$:

$$F_{\delta} = 168,54 \cdot \exp(-3,5486 \cdot \alpha).$$

Тогда:

$$\delta = \frac{168,54 \cdot \exp(-3,5486 \cdot \alpha)}{\frac{\pi}{4} [g_{\max}(b-2a_g) + h_{\max}(b-2a_h)] + \frac{2}{3} a_g \cdot g + 2a_h \cdot h} \quad (5)$$

Для валиков, наплавленных по обычной технологии (схема сечений валиков приведена на рис. 2а), доля участия основного металла в наплавленном φ' зависит от относительного шага наплавки $\alpha = H/b$ и коэффициента усиления β , а доля участия металла предыдущего валика в металле следующего валика δ' – лишь от относительного шага наплавки α , и определяются по следующим формулам:

$$\varphi' = \frac{\arcsin \alpha + \alpha \sqrt{1-\alpha^2}}{\frac{4}{3} \beta + \frac{\pi}{2}}, \quad (6)$$

$$\delta' = \frac{\pi}{2} (1-\alpha) \sqrt{1-\alpha^2}. \quad (7)$$

Расчеты, выполненные по предложенным формулам, показывают, что для асимметричных валиков, наплавленных в КМП, по сравнению с валиками, наплавленными без КМП, равных значений δ можно достичь при увеличении шага наплавки на 16...22 % (рис. 5). Это дает основание для увеличения шага наплавки при использовании КМП до $0,5b$ с целью повышения производительности процесса.

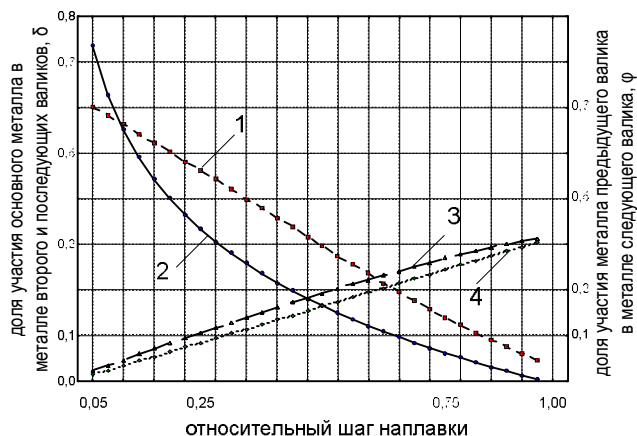


Рис. 5 – Сопоставление данных, полученных при расчетах: 1 – доля участия основного металла в металле второго и последующих валиков, наплавленных в КМП; 2 – тоже, без КМП; 3 – доля участия металла предыдущего валика в металле следующего валика при наплавке в КМП; 4 – тоже, без КМП

Доля участия основного металла в металле последующего валика φ увеличивается пропорционально шагу наплавки как при использовании КМП, так и без его использования. При этом во всем диапазоне изменений шага наплавки значения φ для асимметричных валиков, наплавленных с КМП, по сравнению с валиками, наплавленными без КМП, в среднем на 10...12 % меньше значений, получаемых для валиков, наплавленных без КМП (рис. 5). Это важно для процесса наплавки, особенно, если основной металл и проволока имеют различный химический состав.

В настоящее время проводятся исследования, направленные на снижение затрат на механическую обработку наплавленного слоя с воздействием КМП применительно к восстановлению деталей машин металлургического оборудования.

Выводы

1. Предложенные расчетные соотношения для геометрических характеристик валиков асимметричной формы при наплавке в КМП позволяют оптимизировать их основные характеристики.
2. Использование КМП при дуговой наплавке проволокой позволяет уменьшить на 10...12 % долю участия основного металла в наплавленном, и тем самым повысить эффективность использования легирующих элементов.

Перечень ссылок

1. Размышляев А.Д. Магнитное управление формированием швов при дуговой сварке / А.Д. Размышляев. – Мариуполь: ПГТУ, 2000. – 245 с.
2. Сварка с электромагнитным перемешиванием / В.П. Черныш, В.Д. Кузнецов, А.Н. Брикман, Г.М. Шеленков. – К.: Техника, 1983. – 127 с.
3. Рыжов Р.М. Электромагнитные воздействия в процессах дуговой сварки и наплавки / Р.М. Рыжов, В.Д. Кузнецов // Автоматическая сварка. – 2006. – № 10. – С. 36 – 44.
4. Nosov D. Widening of capabilities of magnetic control of penetration in arc surfacing / D. Nosov, V. Peremitko // International Conference Welding and Related Technologies into Third Millennium. – Kiev: Ukraine. – 2008. – С. 85.

Рецензент: В.И. Щетинина
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 26.02.2009