

Bibliography:

1. Leshchinskiy L.K. Multilayer compositions: surfacing and hardening / L.K. Leshchinskiy, S.S. Samotugin. – Mariupol: Noviy mir, 2005. – 392 p. (Rus.).
2. Multilayer metallic compositions / I.N. Potapov [at al.] – M.: Metallurgy, 1986. – 216 p. (Rus.).
3. Peters G. Elektroschlacke – Bandplattierung mit korrosionsbeständigen Werkstoffen / G. Peters, P. Paschold // DVS – Berichte, DVS – Verlag. Düsseldorf. – 2000. – Bd. 209. – P. 274 – 279.
4. USSR author's cert. № 1561348, Int. Cl. B23K 9/04. Method of surfacing / V.N. Matvienko, L.K. Leshchinskiy, V.A. Egorov [et al.]. // Publ. 03.01.90, Byul. № 16 (Rus.).
5. Matvienko V.N. The formation of the weld pool in the process of submerged arc surfacing using composite strip electrode / V.N. Matvienko, L.K. Leshchinskiy, V.A. Mazur // Bulletin of Pryazovskyi State Technical University: collection of scientific works. – Mariupol: PSTU, 2013. – V. 26. – P. 222 – 222 (Rus.).
6. Improving the fracture toughness and wear resistance of hard-faced hot-rolling-mill rolls / E.N. Shebanits, N.I. Omelyanenko, Y.N. Kurakin, V.N. Matvienko [at al.] // Metallurgist. – Vol. 56. – Issue 7 (2012). – P. 613 – 617.
7. Gylakov S.V. Surfacing of working layer with the regulated distribution of properties / S.V. Gylakov, B.I. Nosovskiy. – Mariupol: PSTU, 2005. – 170 p. (Rus.).
8. Borovik L.I. Technology of preparation and exploitation of rolls of thin-sheet rolling mill / L.I. Borovik, A.I. Dobronravov. – M.: Metallurgy, 1984. – 104 p. (Rus.).
9. Erochin A.A. Bases of fusion welding. Physical and chemical conformities / A.A. Erochin – M.: Mashinostroenie, 1973. – 448 p. (Rus.).
10. Matvienko V.N. Effect of multilayer composition in the process of surfacing using strip electrode / V.N. Matvienko, V.P. Ivanov, K.K. Stepnov // Bulletin of Pryazovskyi State Technical University: collection of scientific works. – Mariupol: PSTU, 1998. – V. 6. – P. 201 – 204 (Rus.).

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

Статья поступила 17.03.2014

УДК 621.791.927.5

© Размышляев А.Д.¹, Агеева М.В.², Ярмонов С.В.³, Видмыш П.А.⁴

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ИНДУКЦИИ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО
ПОЛЯ, ГЕНЕРИРУЕМОГО УСТРОЙСТВАМИ ВВОДА
ДЛЯ ПРОЦЕССА ДУГОВОЙ СВАРКИ**

Показано, что для оптимизации конструкций устройств ввода (УВ) поперечного магнитного поля (ПОМП) для процессов дуговой сварки и наплавки необходима методика расчета индукции магнитного поля. На основе аналогии между строением магнитного поля и электростатическим полем разработана расчетная методика, обеспечивающая хорошую сходимость данных расчета с экспериментальными данными для магнитного поля, генерируемого УВ ПОМП.

Ключевые слова: дуговая сварка, индукция поперечного магнитного поля, моделирование магнитных полей, электростатика.

Размышляев О.Д., Агеева М.В., Ярмонов С.В., Видмыш П.О. Методика расчета индукции поперечного магнитного поля, генерированного устройством ввода для

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь
razmyshljaev@rambler.ru

² канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Донбасская государственная машиностроительная академия», г. Краматорск

³ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

⁴ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

процесу дугового зварювання. Показано, що для оптимізації конструкцій пристрій введення (ПВ) поперечного магнітного поля (ПОМП) для процесів дугового зварювання і наплавлення потрібна методика розрахунку індукції магнітного поля. На основі аналогії між будовою магнітного поля і електростатичним полем розроблена розрахункова методика, що забезпечує хорошу збіжність даних розрахунку з експериментальними даними для магнітного поля, генерованого ПВ ПОМП.

Ключові слова: дугове зварювання, індукція поперечного магнітного поля, моделювання магнітних полів, електростатика.

O.D. Razmyshljaev, M.V. Ageeva, S.V. Yarmonov, P.O. Vydmysh. Method of transverse magnetic induction calculation fields generated by introduction devices for The process of arc welding. *It is shown that the method calculation of induction a magnetic field is necessary for optimization designs of the input equipment (IE) of a transversal magnetic field (TMF) for processes of arc welding and submerged-arc. On the basis of analogy between a structure of a magnetic field and an electrostatic field the settlement technique providing good convergence of data of calculation with experimental data for a magnetic field, generated IE TMF is developed.*

Keywords: arc welding, transversal magnetic field induction, modeling magnetic fields, electrostatics.

Постановка проблеми. Воздействие поперечного магнитного поля (ПОМП) при дуговой сварке и наплавке проволокой под флюсом позволяет увеличить коэффициент расплавления электродного металла, управлять глубиной проплавления основного металла и шириной шва, или валика, а также измельчать структуру металла шва.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] показано, что для дуговой сварки исследователи используют устройства ввода (УВ) поперечного магнитного поля (ПОМП), построенные по одной и той же схеме: электромагнит с П-образным ферросердечником с обмотками и воздушным зазором. В этой же работе показано, что у нижних торцов стержней магнитопроводов УВ ПОМП значительна вертикальная компонента индукции B_z ПОМП, которая по величине сопоставима с горизонтальной компонентой индукции B_x ПОМП даже при использовании немагнитных основного металла и электродных проволок. Для управления процессом дуговой сварки необходимо, чтобы именно горизонтальная компонента индукции B_x , а не вертикальная $-B_z$ воздействовала на жидкий металл ванны, а также на дугу и на каплю на торце электрода, а это зависит от конструкции УВ ПОМП. Однако вопрос об оптимальности применявшихся конструкций УВ ПОМП в указанных выше работах не обсуждался.

По литературным данным между строением магнитного поля, генерируемого УВ ПОМП, имеется аналогия со строением электростатического поля, если бы последнее поле генерировалось аналогичными заряженными телами. По данным, приведенным, в частности, в работе [2], индукция (B) и напряженность электрического поля (E), генерируемые соответственно электромагнитами и заряженными телами, в определенной точке окружающего пространства складываются как векторы. Математический аппарат для описания электростатического поля разработан более полно, чем для электромагнитного поля. Поэтому аналогия между электромагнитным и электростатическим полем представляет интерес при разработке методики для расчета магнитных полей, генерируемых УВ ПОМП применительно к управлению процессом дуговой сварки.

Цель статьи - разработка методики расчета индукции поперечного магнитного поля, генерируемого УВ ПОМП, для процесса дуговой сварки.

Изложение основного материала. Расчетную методику разрабатывали применительно к системам из двух электромагнитов с сечением стержней $F_c = 26 \times 16$ мм. Стержни А и В разбивались на прямоугольные участки, в частности на 5 слоев по высоте и на 4 слоя по ширине, т. е. на 20 прямоугольных участков с одинаковой площадью. В центре каждой площадки размещали заряд с линейной плотностью τ .

Принято, что из центра каждой площадки на стержне А векторы E «исходят» и «входят» в центры каждой площадки стержня В. На рис. 1 показано суммирование векторов E в точке С от зарядов τ , расположенных в центре площадки 1.1 (стержень А) и площадке 1.1' (стержень В).

Векторы E раскладываются в точке C на горизонтальную и вертикальную составляющие. Тогда для вектора, «исходящего» из стержня A :

$$E_x = E \cdot \cos \alpha_{11} = E_x \cdot \frac{x_{11}}{r_{11}} \quad (1)$$

$$E_z = E \cdot \sin \alpha_{11} = E \cdot \frac{z_{11}}{r_{11}} \quad (2)$$

Для векторов, «входящих» в стержень B аналогично:

$$E'_x = E \cdot \cos \alpha_{11'} = E_x \cdot \frac{x_{11'}}{r_{11'}}, \quad (3)$$

$$E'_z = E \cdot \sin \alpha_{11'} = E_x \cdot \frac{z_{11'}}{r_{11'}} \quad (4)$$

В этих формулах:

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0 r}, \quad (5)$$

$$\tau = \frac{q}{\delta}. \quad (6)$$

где q – величина заряда в центре каждой площадки;
 δ – толщина модельного слоя (принимали $\delta = 1$ мм);
 r – расстояние от источника τ до рассматриваемой точки C , мм.

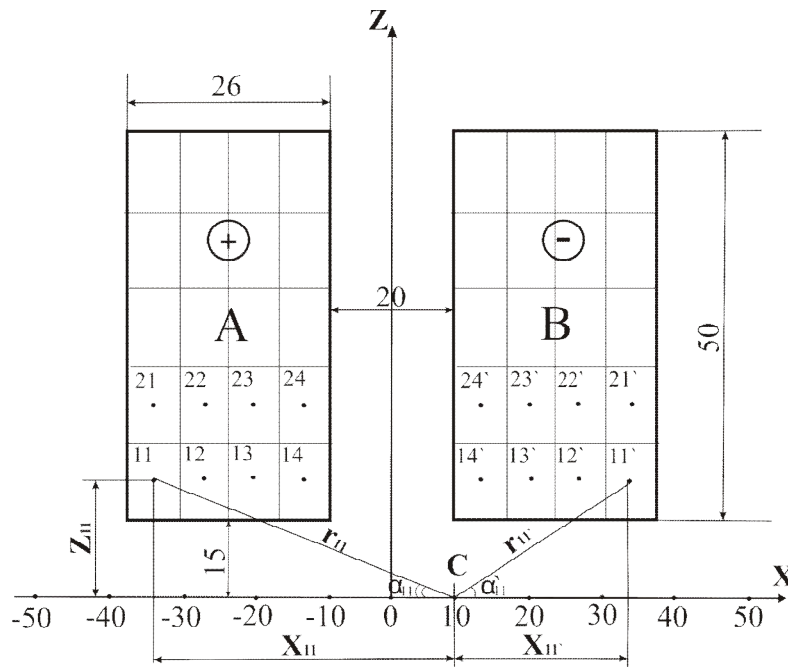


Рис. 1 – Схема к расчету индукции ПОМП электромагнитного поля методом электростатических аналогий

В расчетах использовали формулу $E = 4/r$ (в дальнейшем во всех расчетах использовали именно это выражение для E).

Для получения численных значений компонент векторов E_x и E_z в рассматриваемой точке C (рис. 2) выполняли суммирование компонент E_x, E_z, E'_x, E'_z от действия источников, распо-

ложенных в центрах всех элементарных площадок в стержнях А и В. Аналогично выполняли расчеты для всех точек на оси OX, расположенных с шагом через 10 мм (рис. 1).

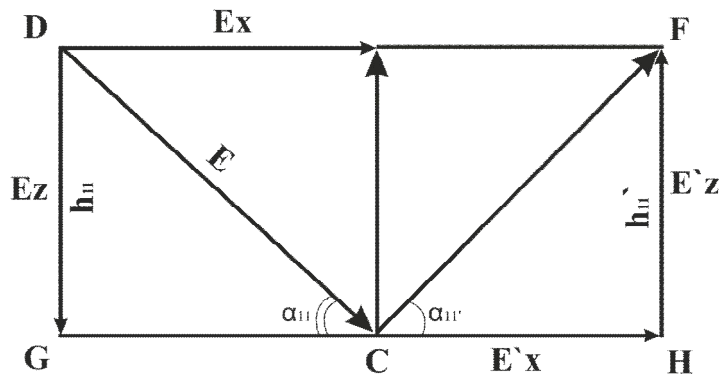


Рис. 2 – Схема к расчету компонент E для точки C

На рис. 3 приведены схемы моделей стержней, для которых выполнялись расчеты. Нижние кромки стержней во всех случаях были параллельны горизонтальной оси OX, изменялись только углы наклона стержней к вертикальной оси α : 0° , $22,5^\circ$, 45° , и 90° (горизонтальное расположение стержней). При исследовании были выдержаны постоянные значения: ширина стержня $b = 26$ мм, длина стержня $l = 50$ мм, расстояние от торцов стержней до оси OX $h = 15$ мм и расстояние между нижними кромками стержней $a = 20$ мм. При выполнении расчетов использовалась программа Mathcad 15.

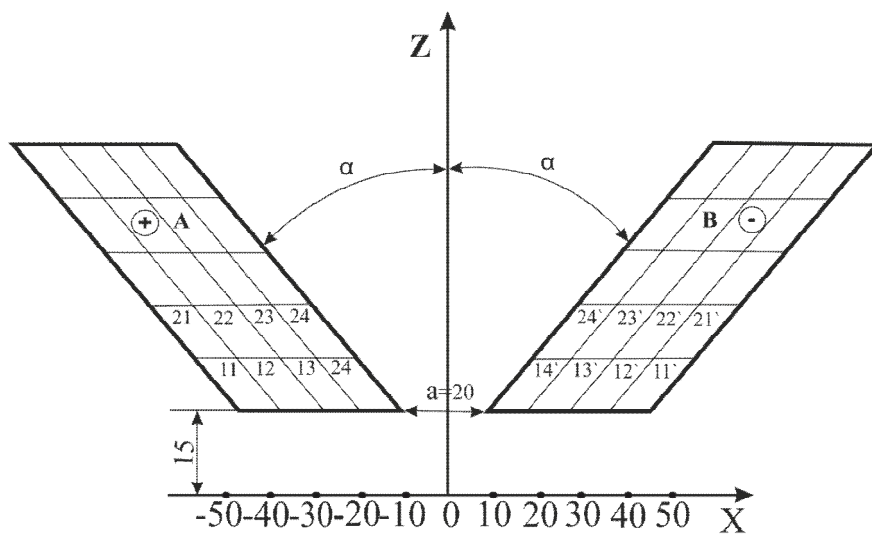
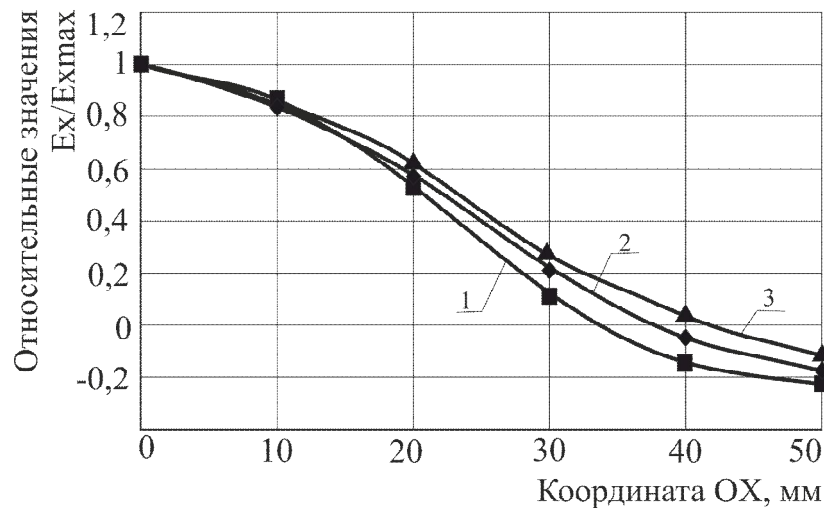
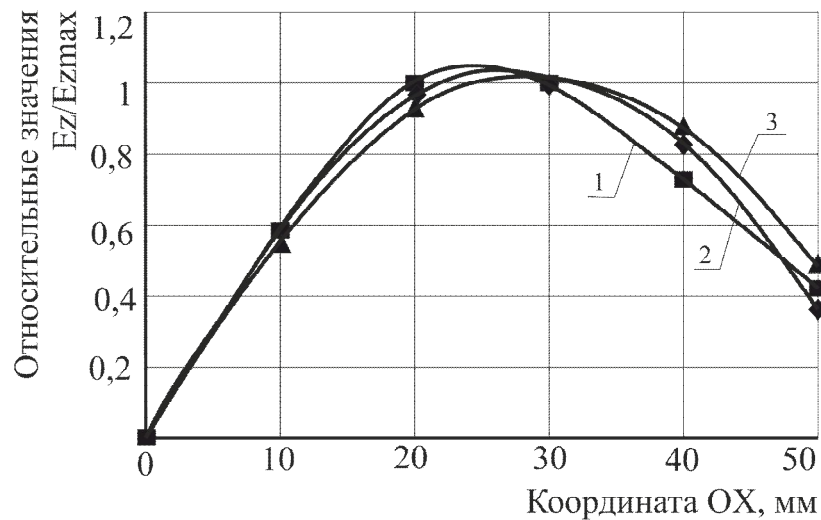


Рис. 3 – Схема к расчету при размещении стержней под углом наклона α к вертикали

Вычисляли относительные значения напряженности поля $E_x/E_{x\max}$ и $E_z/E_{z\max}$ в точках на оси OX. Результаты расчетов показали, что характер распределения $E_x/E_{x\max}$ вдоль оси OX (рис. 4, а) аналогичен при учете действия зарядов τ от первого слоя, от совместного действия первого, первого, второго и третьего слоев и т. д., в т. ч. и от действия всех пяти слоев. Аналогичны данные о распределении компоненты $E_z/E_{z\max}$, (рис 4, б). Здесь также при учете различного числа слоев отмечается одинаковый характер распределения $E_z/E_{z\max}$ вдоль оси OX, что также подтверждает возможность использования длины стержня $l = 50$ мм и учета действия пяти слоев. Аналогичные результаты наблюдались по распределению $E_x/E_{x\max}$ и $E_z/E_{z\max}$ при изменении угла наклона стержней α от 0° до 90° (0 ; $22,5$; 45 и 90°), поэтому для описания строения магнитных полей расчетным методом можно принять длину стержней $l = 50$ мм.



а



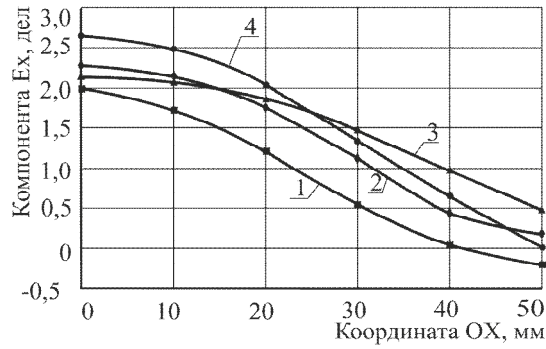
б

Рис. 4 – Распределение относительных значений компонент E_x (а) и E_z (б) вдоль оси OX в зависимости от количества учтенных слоев: 1 – 1слой; 2 – 3 слоя; 3 – 5 слоев

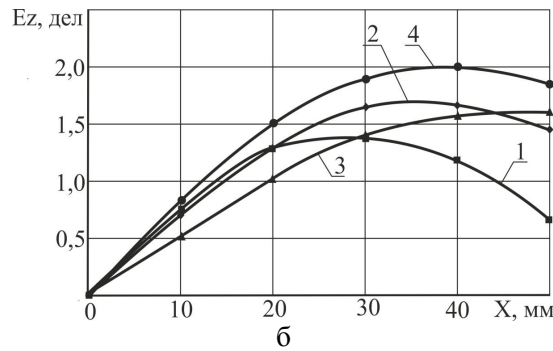
На рис. 5 приведены результаты расчетов для углов наклона стержней α 0° , $22,5^\circ$, 45° , и 90° в абсолютных значениях (в делениях). Эти данные позволяют количественно оценить оптимальный угол для конструкции УВ ПОМП, схема которой приведена на рис. 3. Для достижения максимальных значений индукции B_x (аналога E_x) в зоне электродной капли и сварочной дуги ($X = 0$) оптимальным является угол α в пределах $22,5^\circ \dots 45^\circ$. Вариант, когда угол $\alpha = 90^\circ$ (кривая 4 на рис. 5), трудно практически использовать в реальном процессе дуговой сварки под флюсом.

На рис. 6 приведены результаты расчетов по описанной выше методике (кривые 3 и 4), а также экспериментальные данные для системы из двух электромагнитов (относительные значения магнитной индукции B_x/B_{xmax} и B_z/B_{zmax} – кривые 1 и 2). Эти данные показывают, что расчетные и экспериментальные значения очень близки между собой (для значений $\alpha = 0^\circ$ и $\alpha = 45^\circ$).

Таким образом, предложенная расчетная методика адекватно описывает структуру магнитных полей, индуцируемых системой УВ ПОМП из двух электромагнитов, и ее можно использовать для оптимизации конструкции УВ ПОМП для процессов дуговой сварки и наплавки.

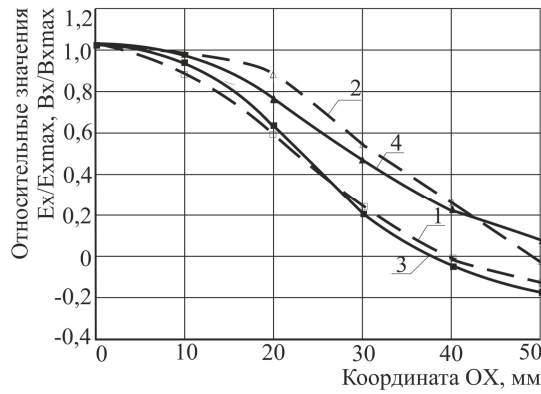


а

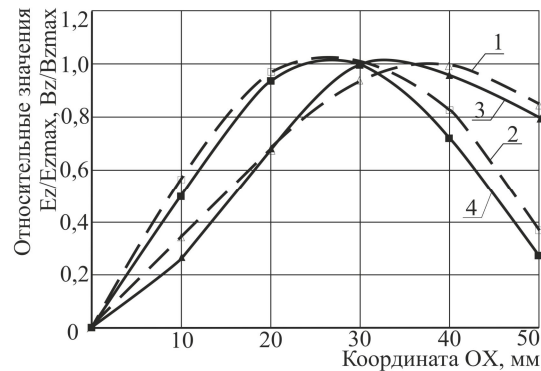


б

Рис. 5 – Распределение компонент E_x (а) и E_z (б) вдоль оси OX ($a = 20$ мм): 1 – E_x , $\alpha = 0^\circ$; 2 – E_x , $\alpha = 22,5^\circ$; 3 – E_x , $\alpha = 45^\circ$; 4 – E_x , $\alpha = 90$



а



б

Рис. 6 – Распределение относительных значений компонент E_x , B_x (а) и E_z , B_z (б) вдоль оси OX ($a = 20$ мм): 1, 2 – $\alpha = 0^\circ$; 3, 4 – $\alpha = 45^\circ$

Выводы

На основе аналогии между строением магнитного поля и электростатическим полем разработана методика, обеспечивающая хорошую сходимость данных расчета с экспериментальными данными для магнитного поля, генерируемого УВ ПОМП.

Список использованных источников:

1. Устройства ввода поперечного магнитного поля для процессов дуговой сварки и наплавки (обзор) / А.Д. Размышляев [и др.] // Автоматическая сварка. – 2013. – №1. – С. 1-5.
2. Бессонов А.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле / А.А. Бессонов. – М.: Высшая школа, 1986. – 263 с.

Bibliography:

1. Input of transversal magnetic field units for the processes of arc welding and submerged-arc (review) // A.D. Razmyshljaev [and other] // Avtomaticheskaya svarka. – 2013. – №1. – P. 1-5. (Rus.)
2. Bessonov L.A. Theory of electrical engineering. Electromagnetic field / L.A. Bessonov. – M: Vysshaya shkola, 1986. – 263 p. (Rus.)

Рецензент: В.В. Чигарев
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 26.03.2014

УДК 621.791.927.5

© Размышляев А.Д.¹, Ярмонов С.В.², Выдмыш П.А.³

**ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ПОПЕРЕЧНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РАСПЛАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНОЙ
ПРОВОЛОКИ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ ПОД ФЛЮСОМ**

Исследована производительность процесса расплавления электродной проволоки при дуговой наплавке под флюсом на обратной полярности в поперечном магнитном поле (ПОМП) в диапазоне частот 0,5...50 Гц. Показано, что максимальное повышение коэффициента расплавления проволоки (α_p) происходит при наплавке с воздействием постоянного магнитного поля. Эффект влияния снижается при увеличении частоты до 12 Гц, практически не изменяется при увеличении частоты поля до 25 Гц и незначительно увеличивается при дальнейшем увеличении частоты поля до 50 Гц. Максимальное повышение α_p проволок составляет 30...35 % при величине поперечной составляющей индукции 30 мТл постоянного ПОМП.

Ключевые слова: дуговая наплавка, поперечное магнитное поле, индукция магнитного поля.

Размышляев О.Д., Ярмонов С.В., Видмыш П.О. Вплив частоти поперечного магнітного поля на продуктивність розплавлення електродного дроту при дуговому наплавленні під флюсом. Досліджено продуктивність процесу розплавлення електродного дроту при дуговому наплавленні під флюсом на зворотній полярності в поперечному магнітному полі (ПОМП) в діапазоні частот 0,5...50 Гц. Показано, що максимальне підвищення коефіцієнта розплавлення дроту (α_p) відбувається при наплавленні з впливом постійного магнітного поля. Ефект впливу знижується при збільшенні частоти до 12 Гц, практично не змінюється при збільшенні частоти

¹ д-р техн. наук, професор ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь

² аспірант, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь

³ аспірант, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Мариуполь