

1975. – №11. – С.73-74.
6. Демянцевич В.П. Влияние внешнего магнитного поля и параметров режима сварки на формирование сварных швов / Демянцевич В.П., Лебедев Г.А., Максимец Н.А. // Сварочное производство. – 1975. – № 11. – С.7-9.
 7. Шейнкин М.З. Применение магнитных колебаний при сварке под флюсом / Шейнкин М.З., Шмелева И.А., Варяхов Н.Ф. // Сварочное производство. – 1969. – № 6. – С.24-25.
 8. Пацкевич И.Р. Распределение индукции наведенного магнитного поля в зоне горения сварочной дуги / Пацкевич И.Р., Зернов А.В., Иванцов В.Я. // Сварочное производство. – 1970. – № 2. – С.9-10.
 9. Влияние внешнего электромагнитного поля на скорость плавления электродной проволоки при автоматической наплавке под флюсом / П.А.Иофинов, В.С.Ибрагимов, А.К.Дмитриенко [и др.] // Сварочное производство. – 1991. – № 1. – С.34-35.

Поступила в редколлегию 19.11.2012.

УДК 612.791

НОСОВ Д.Г., к.т.н., доцент
КЛИМЕНКО В.В., студент
МАЛЬЦЕВ В.В., студент

Дніпродзержинський державний технічний університет

ВПЛИВ ЧАСТОТИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВАЛИКА, НАПЛАВЛЕНОГО ПІД ФЛЮСОМ (ЧАСТИНА I)

Вступ. Зовнішні електромагнітні поля (ЕМП) застосовують для підвищення продуктивності процесу наплавлення (за рахунок збільшення коефіцієнта розплавлення електродного дроту) [1, 2] та покращення якісних характеристик наплавленого металу [3], яке відбувається за рахунок зниження хімічної мікронеоднорідності та рівномірного розподілу легуючих елементів у всьому перетині валика. Крім того, при наплавленні із застосуванням ЕМП у ряді випадків фіксується підвищення механічних властивостей зварного з'єднання в цілому [4]. При цьому усі автори збігаються на думці, що значно впливають на згадані показники не тільки амплітудні але й частотні характеристики ЕМП.

Тому визначення впливу частоти зовнішніх ЕМП на геометричні розміри валика з урахуванням основних параметрів режиму наплавлення та розробка математичної моделі прогнозування геометрії валика є актуальною задачею.

Постановка задачі. Об'єктом дослідження є технологічний процес дугового наплавлення дротом під флюсом із застосуванням зовнішнього впливу поперечного магнітного поля (ПОМП). Предметом дослідження виступають процеси формоутворення валиків при дуговому наплавленні дротом під флюсом з дією поперечного магнітного поля.

Метою даної роботи є дослідження впливу частоти поздовжнього магнітного поля, сили струму та швидкості наплавлення на геометричні параметри валика при електродуговому наплавленні під флюсом.

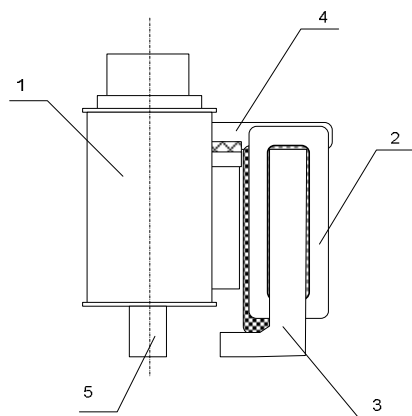
Результати роботи. Дослідження по встановленню параметрів зони проплавлення основного металу при дуговому наплавленні дротом під флюсом з дією ПОМП виконані на установках з використанням стандартних методик та устаткування в лабораторних умовах.

Для визначення впливу частоти зовнішнього магнітного поля на геометричні параметри валика при електродуговому наплавленні під флюсом використовували метод статистичної обробки даних, отриманих експериментальним шляхом.

Наплавлення виконували на листи вуглецевої сталі Ст3пс (ДСТУ 2661) товщиною $50 \cdot 10^{-3}$ м зварювальним трактором ТС-17Р від джерела живлення дуги ВДУ-1201 дротом Св-08А діаметром $4 \cdot 10^{-3}$ м під флюсом АН-348А. Зовнішнє магнітне поле генерували спеціальним пристроєм (рис.1), що складається з котушки соленоїду, розташованого на горизонтальній ділянці П-подібного магнітопроводу, яка створює зосереджене поперечне магнітне поле, що сприяє коливальним рухам дуги і розплавленого металу ванни у поперечному наплавленню напрямку та дозволяє впливати на процеси формування валика.

При проведенні експериментальних наплавлень незмінними залишали виліт електроду та відстань від торців електромагнітів до виробу. За фактори, що впливають, були обрані: струм (I) та швидкість (V) наплавлення, індукція (B_x) та частота (ω) ПОМП.

Параметри валика (ширину s , висоту g , глибину проплавлення h) визначали з макрошліфів наплавлень. На рис.2, як приклад, наведені типові макрошліфи валиків, отриманих при наплавленні без (а) та з використанням ПОМП (б). Для зменшення кількості експериментальних наплавлень по встановленню залежності геометричних параметрів валика від параметрів ПОМП було використано центральний композитний ротатбельний повнофакторний план експериментів [5].



- 1 – наплавна головка трактора ТС-17Р;
2 – соленоїд; 3 – магнітопровід електромагніту з П-подібним осердям;
4 – фіксатори; 5 – струмопідвід

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд електромагніту, що створює зовнішнє ПОМП

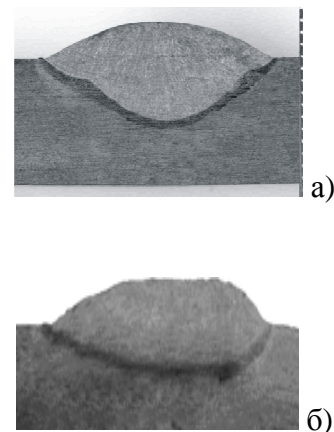


Рисунок 2 – Типові макрошліфи валиків, отриманих при наплавленні без (а) та з використанням ПОМП (б)

Серію експериментів було рондамізовано, щоб уникнути появи систематичної погрішності в методиці. Межі змінних значень процесу наплавлення в ПОМП наведено у табл.1. Для побудови математичних моделей і графіків, а також для подальшого аналізу результатів параметри перетворювали в закодовану форму.

Встановлений діапазон відпрацьованих оптимальних режимів наплавлення забезпечує задовільну якість наплавленого валика.

Коефіцієнти поліноміального рівняння визначали за допомогою математичного пакета *Nonlinear Models STATISTICA 6.0*.

Таблиця 1 – Змінні значення процесу наплавлення в ПОМП

Значення змінної процесу	Струм наплавлення (I), А	Швидкість наплавлення (V), м/год.	Індукція ПОМП, (B_x), мТл	Частота ПОМП, (ω), Гц
-2	450	28	0	0
-1	500	32	10	2
0	550	36	20	4
1	600	40	30	6
+2	650	44	40	8

Для зручності попередній аналіз отриманих експериментальних даних виконували шляхом їх обробки за допомогою графічного оператора 3D Contours Plots математичного пакета STATISTIKA 6.0. Отримані залежності наведено на рис.3-9.

Вплив частоти ПОМП та сили струму наплавлення на геометричні параметри валика. При визначенні впливу частоти ПОМП та сили струму наплавлення на геометричні розміри валика (ширину e , висоту g та глибину проплавлення h) було встановлено, що взаємозв'язки зазначених параметрів носять нелінійний характер.

Ширину наплавленого валика e можна збільшити шляхом поєднання наступних показників при напавленні: струм наплавлення $I = 550...650$ А при частоті ПОМП $\omega = 2...7$ Гц. Збільшення частоти ПОМП не призводить до збільшення ширини валика (рис.3). Це може бути пояснено інерційністю електричної дуги як об'єкта електромагнітного впливу.

На рис.3 чітко простежується область максимальних значень ширини наплавленого валика, а саме струм наплавлення $I = 575...625$ А при частоті ПОМП $\omega = 3...5$ Гц. За цих умов ширину наплавленого валика можна збільшити на 20...26%.

Висоту наплавленого валика g можна збільшити шляхом поєднання наступних показників при напавленні: струм наплавлення $I = 520...620$ А при частоті ПОМП $\omega = 1...6$ Гц. Збільшення частоти ПОМП, як і у випадку з шириною валика, не призводить до збільшення висоти наплавленого шару (рис.4).

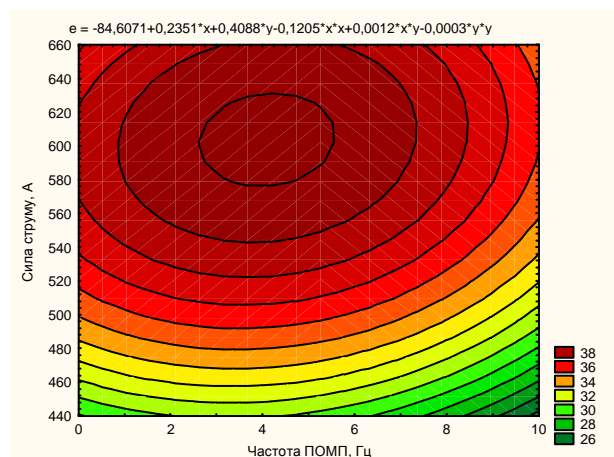


Рисунок 3 – Залежність ширини наплавленого валика від частоти ПОМП та сили струму наплавлення

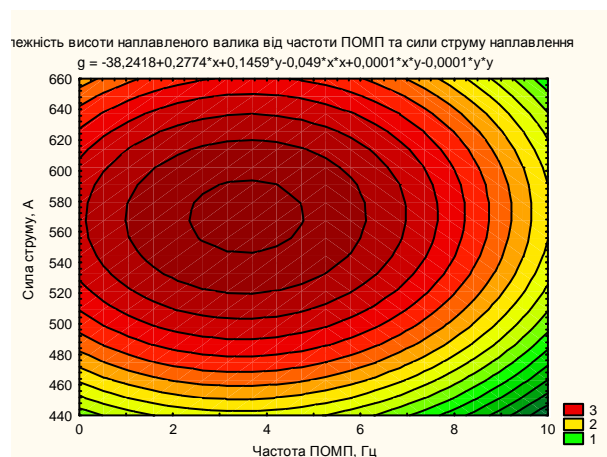


Рисунок 4 – Залежність висоти наплавленого валика від частоти ПОМП та сили струму наплавлення

На рис.4 чітко простежується область максимальних значень висоти наплавленого валика, а саме струм наплавлення $I = 550...595$ А при частоті ПОМП $\omega = 2,5...4,5$ Гц. За цих умов висоту наплавленого валика можна збільшити на 28...34%.

порівняно з процесом електродугового наплавлення під флюсом без застосування зовнішнього електромагнітного впливу.

На рис.5 наведено залежність глибини проплавлення h від частоти ПОМП та сили струму наплавлення. Як видно, застосування ПОМП при електродуговому наплавленні призводить до зменшення цього контрольованого параметра. Отримані в роботі дані збігаються з опублікованими науковими матеріалами авторів робіт [1-3]. Зменшення глибини проплавлення є позитивним, так як призводить до зменшення витрат наплавних матеріалів – дріт, флюс – при багат шаровому наплавленні.

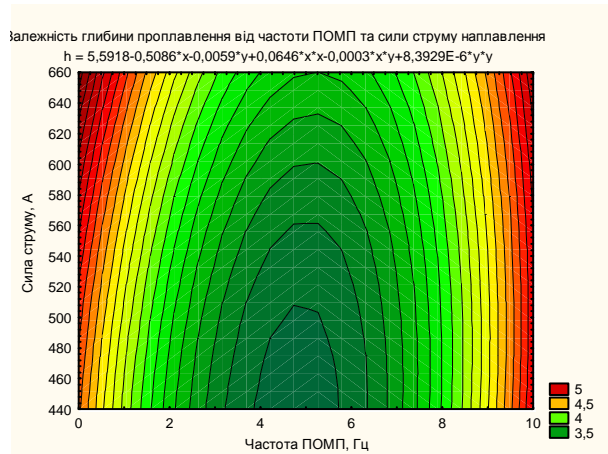


Рисунок 5 – Залежність глибини проплавлення від частоти ПОМП та сили струму наплавлення

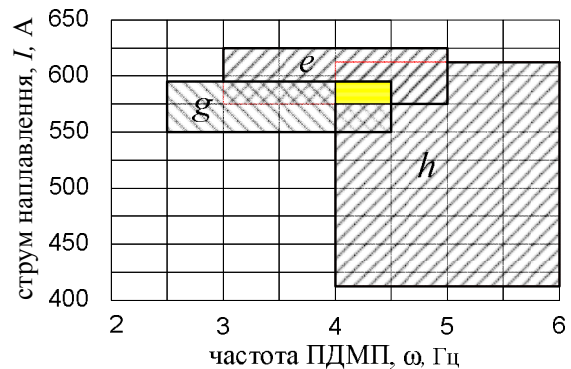


Рисунок 6 – Карта оптимізації частоти ПОМП та сили струму наплавлення за геометричними параметрами валика

Мінімальні значення глибини проплавлення h можна отримати в досить широких межах струму наплавлення $I = 440 \dots 660$ А за умов використання впливу на дугу поперечним магнітним полем частотою $\omega = 2 \dots 8$ Гц.

Збільшення частоти ПОМП призводить до збільшення глибини проплавлення до 5 Гц (рис.5). Подальше збільшення частоти ω призводить до зворотного ефекту.

На рис.5 чітко простежується область мінімальних значень глибини проплавлення, а саме струм наплавлення $I = 440 \dots 620$ А при частоті ПОМП 4...6 Гц. За цих умов глибину проплавлення можна зменшити до 30% порівняно з процесом електродугового наплавлення під флюсом без застосування зовнішнього електромагнітного впливу.

Математично залежність геометричних параметрів валика (ширини e , висоти g та глибини проплавлення h) від частоти ПОМП ω та сили струму наплавлення I можна виразити через наступні рівняння:

$$\begin{aligned} e &= -84,6071 + 0,2351 \cdot I + 0,4088 \cdot \omega - 0,1205 \cdot I^2 + 0,0012 \cdot I \cdot \omega - 0,0003 \cdot \omega^2; \\ g &= -38,2418 + 0,2774 \cdot I + 0,1459 \cdot \omega - 0,049 \cdot I^2 + 0,0001 \cdot I \cdot \omega - 0,0001 \cdot \omega^2; \\ h &= 5,5918 - 0,5086 \cdot I - 0,0059 \cdot \omega + 0,0646 \cdot I^2 - 0,0003 \cdot I \cdot \omega + 8,393 \cdot 10^{-6} \cdot \omega^2. \end{aligned}$$

За отриманими залежностями графічно визначено область оптимальних частот ПОМП для отримання валика з меншою глибиною проплавлення і найбільшою шириною та висотою (рис.6), яку виділено сірим кольором.

Вплив частоти ПОМП та швидкості наплавлення на геометричні параметри валика. При визначенні впливу частоти ПОМП та швидкості наплавлення на геометричні розміри валика було встановлено, що взаємозв'язки зазначених параметрів носять нелінійний характер.

Ширина наплавленого валика e значно зменшується в наступному інтервалі зазначених параметрів: частота ПОМП $\omega = 0,5 \dots 9,5$ Гц при швидкості наплавлення $V = 35 \dots 41$ м/год (рис.7). Збільшення частоти ПОМП не призводить до збільшення ширини валика. Це може бути пояснено меншим впливом частоти ПОМП на формування валика порівняно з впливом швидкості наплавлення.

На рис.7 чітко простежується область максимальних значень ширини наплавленого валика, а саме швидкість наплавлення $V = 26 \dots 29$ м/год в широкому діапазоні частот ПОМП $\omega = 0 \dots 10$ Гц.

Висоту наплавленого валика g можна збільшити шляхом поєднання наступних показників при наплавленні: швидкість наплавлення $V = 25 \dots 30$ м/год при частоті ω ПОМП до 5 Гц. Збільшення частоти ПОМП, як і у випадку з шириною валика, не призводить до збільшення висоти наплавленого шару (рис.8). Однак ця тенденція характерна лише при наплавленні з низькою швидкістю – до 38 м/год. При наплавленні зі швидкістю 42...48 м/год. із збільшенням частоти ПОМП висота наплавленого валика дещо збільшується, але не більше, ніж на 25%.

На рис.8 чітко простежується область мінімальних значень висоти наплавленого валика, а саме швидкість наплавлення $V = 33 \dots 37$ м/год при частоті ПОМП $\omega = 8 \dots 10$ Гц. За цих умов висота наплавленого валика близька до значень висоти, отриманих при електродуговому наплавленні під флюсом без застосування зовнішнього електромагнітного впливу.

На рис.9 наведено залежність глибини проплавлення h від частоти ПОМП та швидкості наплавлення. При наплавленні прагнуть до мінімальних значень цього показника, так як це призводить до значної економії наплавних матеріалів. Як видно, залежності носять складний характер та мають чотири зони екстремальних значень контрольованого параметра. Так, при наплавленні зі швидкістю $V = 26 \dots 40$ м/год. глибина проплавлення має максимальні значення при впливі на дугу поперечним магнітним полем частотою ω до 2 Гц. Рівні з цими значеннями глибини проплавлення можна отримати при наплавленні зі швидкістю $V = 29 \dots 46$ м/год. при впливі на дугу поперечним магнітним полем частотою ω до 8...10 Гц.

Зменшення глибини проплавлення спостерігали при наплавленні на наступних режимах: швидкість наплавлення $V = 40 \dots 46$ м/год. з ПОМП частотою $\omega = 2 \dots 8$ Гц або $V = 26 \dots 32$ м/год. з ПОМП частотою $\omega = 4 \dots 8$ Гц (рис.9). За цих умов глибину проплавлення можна зменшити до 50% порівняно з процесом електродугового наплавлення під флюсом без застосування зовнішнього електромагнітного впливу.

Математично залежність геометричних параметрів валика (ширини e , висоти g та глибини проплавлення h) від частоти ПОМП ω та швидкості наплавлення V можна виразити через наступні рівняння:

$$\begin{aligned} e &= 174,0327 + 0,6726 \cdot V - 7,3824 \cdot \omega + 0,0513 \cdot V^2 - 0,0313 \cdot V \cdot \omega + 0,0988 \cdot \omega^2; \\ g &= 36,8034 - 0,4967 \cdot V - 1,7812 \cdot \omega + 0,0001 \cdot V^2 + 0,0125 \cdot V \cdot \omega + 0,0235 \cdot \omega^2; \\ h &= -5,099 - 0,8854 \cdot V + 0,6224 \cdot \omega + 0,0523 \cdot V^2 + 0,0094 \cdot V \cdot \omega - 0,0096 \cdot \omega^2. \end{aligned}$$

За отриманими залежностями графічно визначено область оптимальних частот ПОМП для отримання валика з меншою глибиною проплавлення і найбільшою шириною та висотою (рис.10), яку виділено сірим кольором.

Висновки. При дослідженні технологічного процесу дугового наплавлення дротом під флюсом із застосуванням зовнішнього впливу змінного поперечного магнітного поля було визначено режимні умови, за яких можливе ефективне керування формоутворенням валиків: частота змінного ПОМП $\omega = 4 \dots 5$ Гц, індукція $B_x = 32 \dots 38$ мТл, струм наплавлення $I = 575 \dots 625$ А, швидкість наплавлення $V = 26 \dots 29$ м/год.

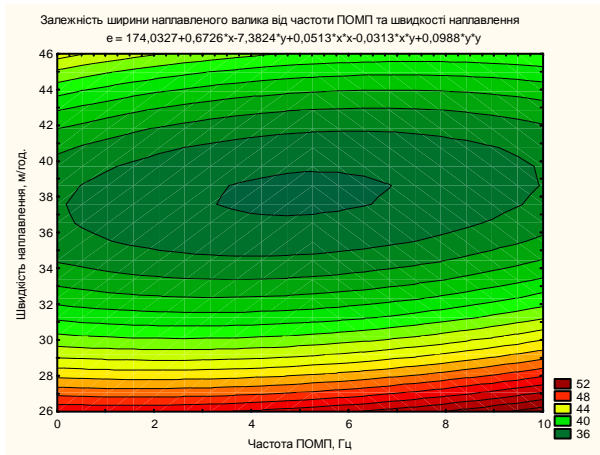


Рисунок 7 – Залежність ширини наплавленого валика від частоти ПОМП та швидкості наплавлення

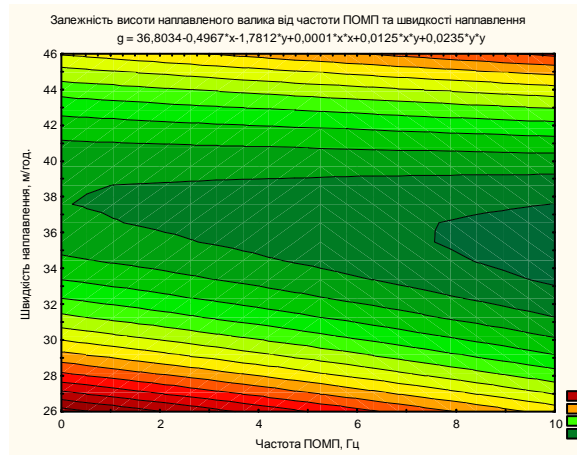


Рисунок 8 – Залежність висоти наплавленого валика від частоти ПОМП та швидкості наплавлення

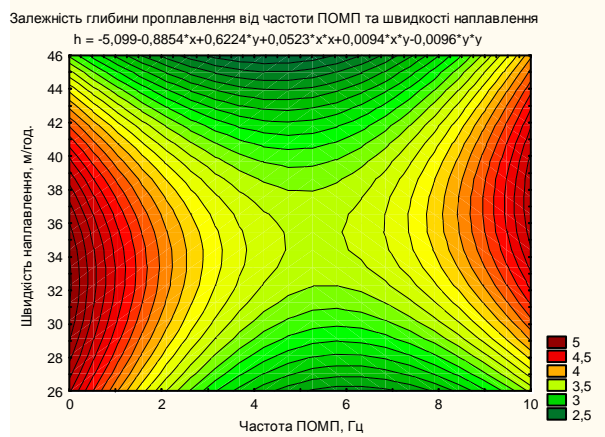


Рисунок 9 – Залежність глибини проплавлення від частоти ПОМП та швидкості наплавлення

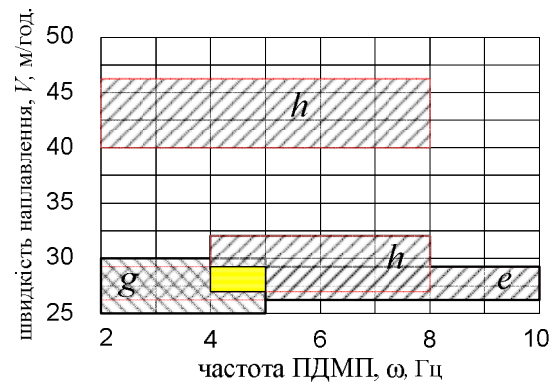


Рисунок 10 – Карта оптимізації частоти ПОМП та швидкості наплавлення за геометричними параметрами валика

Застосування зазначених режимів при дуговому наплавленні дротом під флюсом дозволить збільшити ширину та висоту валика на 28...34% та 20...26% відповідно, що дозволить підвищити продуктивність процесу наплавлення та зменшити глибину проплавлення до 30%, що дозволить зменшити витрати на наплавні матеріали.

ЛІТЕРАТУРА

1. Размышляев А.Д. Влияние продольного магнитного поля на производительность расплавления проволоки при электродуговой наплавке под флюсом / А.Д.Размышляев, А.А.Дели, М.В.Миронова // Автоматическая сварка. – 2007. – № 6. – С.31-35.
2. Носов Д.Г. К вопросу о повышении производительности дуговой наплавки посредством внешнего электромагнитного воздействия / Д.Г.Носов, Л.А.Алехина // Инновационные технологии и экономика в машиностроении: VII Всероссийская науч.-практ. конф. с международным участием, 26-29 мая 2009 г.: сб. трудов. – Юрга, 2009. – С.21-25.
3. Рыжов Р.Н. Применение комбинированных электромагнитных воздействий для улучшения качества швов при сварке / Рыжов Р.Н. // Автоматическая сварка. – 2005. – №7. – С.159-161.

4. Измельчение структуры металла шва при сварке дугой, колеблющейся в поперечном магнитном поле / А.М.Болдырев, Ю.С.Ткаченко, Н.П.Толоконников [и др.] // Автоматическая сварка. – 1975. – № 7. – С.70-71.
5. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / Спиридонов А.А. – М.: Машиностроение, 1981. – 184с.

Надійшла до редколегії 30.11.2012.

УДК 612.791

НОСОВ Д.Г., к.т.н., доцент
КЛИМЕНКО В.В., студент
МАЛЬЦЕВ В.В., студент

Дніпродзержинський державний технічний університет

ВПЛИВ ЧАСТОТИ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВАЛИКА, НАПЛАВЛЕНОГО ПІД ФЛЮСОМ (ЧАСТИНА II)

Вступ. Електромагнітні дії, застосовувані при зварюванні, наплавленні та споріднених процесах, мають розширену класифікацію [1], тому і науково-технічна інформація, доступна досліднику стосовно цього питання, має подекуди протилежний характер [2-4]. Аналіз опублікованих робіт дозволив виділити напрям вектора керуючого магнітного поля та його частотні характеристики як основні ознаки цієї класифікації.

Розрізняють постійні, імпульсні, низько-, середньо- та високочастотні подовжні (ПДМП), поперечні (ПОМП) та комбіновані (КМП) магнітні поля, що впливають на краплю електродного металу, дугу, рідкий метал зварної ванни та його кристалізацію, процеси формування валика та ін.

В попередній роботі експериментальним шляхом було визначено вплив частоти ПОМП, сили струму та швидкості наплавлення на геометричні параметри (ширину e , висоту g та глибину проплавлення h) валика, формованого при електродуговому наплавленні під флюсом. В даній роботі запропоновано результати досліджень впливу частоти та величини індукції ПОМП на згадані показники наплавленого валика та зроблено загальні висновки.

Постановка задачі. Об'єктом дослідження є технологічний процес дугового наплавлення дротом під флюсом із застосуванням зовнішнього впливу поперечного магнітного поля. Предметом дослідження виступають процеси формоутворення валиків при дуговому наплавленні дротом під флюсом з дією ПОМП залежно від його частоти.

Метою даної роботи є дослідження впливу частоти та індукції подовжнього магнітного поля на геометричні параметри валика при електродуговому наплавленні під флюсом та узагальнення результатів досліджень, виконаних в попередній роботі.

Результати роботи. Дослідження по встановленню параметрів зони проплавлення основного металу при дуговому наплавленні дротом під флюсом з дією ПОМП виконані на установках з використанням стандартних методик та устаткування в лабораторних умовах [5].

Для визначення впливу частоти зовнішнього магнітного поля на геометричні параметри валика при електродуговому наплавленні під флюсом використовували метод статистичної обробки даних, отриманих експериментальним шляхом в роботі [6].

Вплив частоти та величини індукції ПОМП на геометричні параметри валика.
При визначенні впливу частоти та величини індукції ПОМП на геометричні розміри