

УДК 621.791.92
К 78

ВПЛИВ ПОДАВАННЯ ДОДАТКОВОГО ДРОТУ НА ФОРМУВАННЯ ВАЛИКІВ ПРИ ЗВАРЮВАННІ ТА НАПЛАВЛЕННІ

Л. П. Кравченко, канд. техн. наук, доц.;

В. О. Мартиненко, канд. техн. наук, викл.;

В. А. Петренко, магістр

Національний університет кораблебудування, м. Миколаїв

Анотація. Розглянуто аспекти впливу подавання додаткового неструмоведучого дроту на формування валиків при зварюванні та наплавленні. Запропоновано модель розрахунку теплових процесів при наплавленні з використанням додаткового неструмоведучого дроту. Розроблено методику розрахунку параметрів режиму зварювання стикових з'єднань у вузький зазор з подаванням додаткового дроту.

Ключові слова: наплавлення, додатковий неструмопровідний дріт, зварювання у вузький зазор, модель теплових процесів.

Аннотация. Рассмотрены аспекты влияния подачи дополнительной нетоковедущей проволоки на формирование валиков при сварке и наплавке. Предложена модель расчета тепловых процессов при наплавке с использованием дополнительной нетоковедущей проволоки. Разработана методика расчета параметров режима сварки стыковых соединений в узкий зазор с подачей дополнительной проволоки.

Ключевые слова: наплавка, дополнительная нетоковедущая проволока, сварка в узкий зазор, модель тепловых процессов.

Abstract. Aspects of influence of additional non-current-carrying wire feed on rollers formation during welding and fusion are considered. The calculation model for heating processes during fusing with the application of additional non-current-carrying wire is offered. The calculation procedure for the parameters of welding conditions of open butt joints with additional wire feed is developed.

Keywords: fusing, additional non-current-carrying wire, open butt welding, heating processes model.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розглядаючи сучасні умови існування зварювального виробництва та жорсткої конкуренції у цій сфері, одним з найголовніших факторів стає економічна доцільність виробництва, тобто забезпечення мінімальної собівартості зварювальних робіт при збереженні високої якості виготовленої продукції. Одним зі шляхів забезпечення мінімальної собівартості є підвищення продуктивності зварювальних робіт.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Найбільш ефективним способом підвищення продуктивності зварювальних та наплавочних робіт є зменшення втрат електродного матеріалу внаслідок розбризкування та подавання в зону катодної плями зварювальної дуги додаткового неструмоведучого дроту.

Виходячи з критерію мінімальних втрат визначено, що найбільш доцільним є виконання зварювання та наплавлення на форсованих режимах [7, 8]. При цьому відбувається струменеве перенесення металу і підвищення ефективного ККД нагріву, унаслідок чого зменшується енергоємність процесу.

Вплив подавання в зону катодної плями зварювальної дуги додаткового неструмоведучого дроту [4, 6, 10] на технологічні параметри зварного

з'єднання та теплові процеси й аналітичні методи, що описують цей вплив, досліджені недостатньо.

МЕТА СТАТТІ — дослідження впливу додаткового неструмоведучого дроту на геометричні параметри валика та розробка на цій основі аналітичної методики розрахунку режимів зварювання та наплавлення.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Дослідження впливу подавання додаткового неструмоведучого дроту при автоматичному наплавленні в середовищі діоксиду вуглецю (CO_2) виконувалося на модернізованій установці «Сатурн-5М» із джерелом живлення ВДУ-506. Як основний та додатковий дріт використовували дріт Св-08Г2С діаметром 1,6 мм. Геометричні параметри зварного з'єднання визначалися з макрошліфів наплавлених зразків зі сталі 09Г2.

Виходячи з того, що швидкість подавання зварювального дроту впливає на геометричні параметри зварного з'єднання та якість наплавленого металу (табл. 1), у було визначено режим наплавлення одним дротом з найбільш можливою продуктивністю ($I = 350 \text{ А}$, $U = 33 \text{ В}$, $V_{\text{п.дор.}} = 748 \text{ м/год}$, $V_{\text{н}} = 22 \text{ м/год}$).

На наступному етапі проведено дослідження з подальшого підвищення продуктивності процесу наплавлення в середовищі захисного газу, за рахунок

уведення додаткового неструмоведучого дроту в зварювальну ванну. При цьому маємо можливість збільшувати значення коефіцієнта наплавлення, змінювати геометричні параметри наплавлених валиків та поліпшувати їхні механічні властивості за рахунок зменшення частки основного металу в наплавленому.

За результатами досліджень (табл. 2) визначено, що оптимальна швидкість подавання додаткового неструмоведучого дроту складає 75% від швидкості подавання основного дроту. Критерієм вибору швидкості було максимальне значення коефіцієнта наплавлення при збереженні високої якості наплавленого металу.

У зв'язку з тим, що при наплавленні геометрія зварювальної ванни відрізняється від традиційно прийнятої при зварюванні, яка зображується згідно з методикою Рікаліна [9] у вигляді півкола, було розроблено методику розрахунку теплових процесів при наплавленні. Запропоновано умовно розподілити одне точкове джерело на декілька точкових, які дорівнюють за сумарною потужністю одному точковому. На основі розрахунків встановлено, що мінімально достатнім для отримання вірогідних даних розрахунку є розбиття точкового джерела нагріву на три точкових. Збільшення кількості джерел нагріву при розбитті незначно впливає на точність розрахунку, але пов'язане зі значними витратами часу на розрахунок. Ефективність методики визначалася

порівнянням результатів розрахунків температурного поля для двох випадків: 1) дії одного точкового джерела нагріву; 2) дії розосередженого джерела нагріву.

У випадку дії одного точкового джерела розрахунок ведемо згідно із залежністю

$$T(r, t) = \frac{Q}{2\pi\lambda Vt} e^{-\frac{r^2}{4at}}, \quad (1)$$

де Q — ефективна теплова потужність джерела нагріву; λ — коефіцієнт теплопровідності; V — швидкість процесу, м/год; r — відстань у даній площині від вибраної точки до осі переміщення джерела нагріву, мм.

Для розрахунку дії трьох точкових джерел нагріву, що за потужністю дорівнюють одному точковому, будемо використовувати розрахункову схему (рис. 1), при цьому враховуючи, що потужність джерел дорівнює $Q/3$.





Для цього залежність (1) перетворимо до вигляду

$$T(r_n, t) = \frac{Q/3}{2\pi\lambda Vt} e^{-\frac{B_1^2}{4at}} + \frac{Q/3}{2\pi\lambda Vt} e^{-\frac{B_2^2}{4at}} + \frac{Q/3}{2\pi\lambda Vt} e^{-\frac{B_3^2}{4at}}, \quad (2)$$

де B_1, B_2, B_3 — відстань від точкового джерела 1, 2 і 3 до розрахункової точки відповідно, мм.

Виконавши розрахунки за залежністю 2, побудовано розподіл температурних полів для двох видів джерел (рис. 2, а) та окремо в одному масштабі зовнішній вигляд зварювальної ванни у випадку розподіленого

Таблиця 1. Вплив швидкості подавання дроту на розміри валика та показники процесу при наплавленні в середовищі захисного газу одним дротом

I, A	U, B	V_n	$V_{n.o}$	e	q	h	α_n	α_p	$\psi, \%$	Макрошліф
		м/год								
170	24	22	302	9	2,5	1,5	11,8	13,5	12,3	
220	29	22	410	11	2,7	2,5	13,2	14,2	7,3	
270	26	22	595	12	4,0	2,8	14,7	16,0	8,3	
350	33	22	748	16	3,2	3,2	15,7	16,2	3,0	

Таблиця 2. Вплив швидкості подавання додаткового дроту на параметри з'єднання при наплавленні в середовищі захисного газу

I, A	U, B	V_n	$V_{n.o}$	$V_{n.d}$	e	q	h	α_n	α_p	$\psi, \%$
		м/год		мм						
350	33	22	748	—	16,0	3,8	5,5	15,2	16,3	6,6
340	33	22	748	224	17,0	4,0	4,0	19,0	20,2	6,0
325	33	22	748	450	16,5	5,0	3,5	26,5	28,5	7,0
325	33	22	748	570	17,0	4,0	4,0	29,1	30,3	4,1

Примітка: Прийнято наступні позначення: V_n — швидкість наплавлення; $V_{n.o}, V_{n.d}$ — швидкості подавання основного і додаткового дротів відповідно; e — ширина наплавленого валика; q — висота наплавленого шару; h — глибина проплавлення; α_n, α_p — коефіцієнти наплавлення та розплавлення відповідно; ψ — коефіцієнт втрат

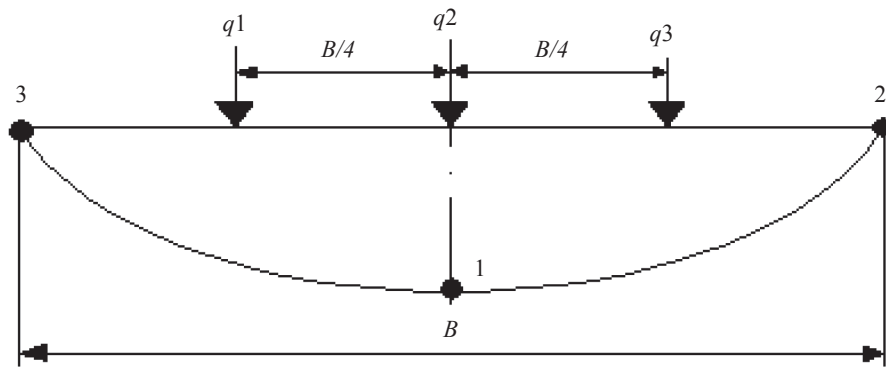


Рис. 1. Розрахункова схема дії розосередженого джерела нагріву

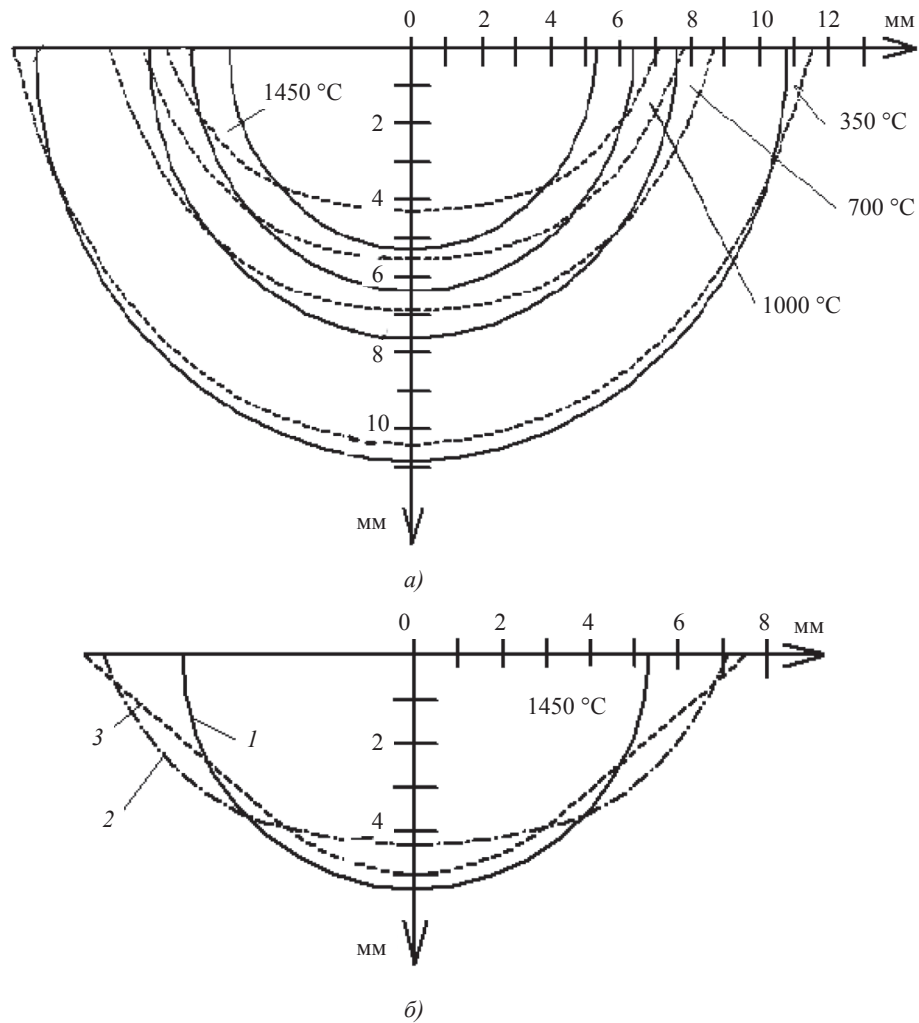


Рис. 2. Розподіл температурних полів (а) та геометричних характеристик зварювальної ванни (б) при дії джерела, розподіленого на три, потужність яких складає $Q/3$: 1 — точкове джерело нагріву; 2 — джерело нагріву, розподілене на три точкових; 3 — дослідний зразок

точкового джерела та ванни, знятої з макрошліфа (див. рис. 2, б).

При наплавленні прагнуть отримати валик з найбільшою шириною та мінімальним значенням частки основного металу в наплавленому. Тому осно-

воположним параметром геометрії валика є ширина наплавленого шару [5].

Аналіз отриманих результатів показує, що запропонована методика розрахунку дає більш точні геометричні параметри зварного з'єднання та

є найбільш доцільною для розрахунку теплових процесів при наплавленні валиків з подаванням додаткового дроту. Значення розрахованої ширини зварювальної ванни майже збігається з практичним значенням, а за глибиною провару похибка складає приблизно 15% і це значення можна вважати задовільним.

Також одним із перспективних напрямків використання додаткового неструмоведучого дроту для підвищення продуктивності процесу зварювання є зварювання стикових з'єднань з підвищеним зазором без розробки крайок у середовищі вуглекислого газу. Цей спосіб дозволяє значно зменшити витрати електроенергії за рахунок зменшення частки паразитного тепловідведення та собівартість виготовлення зварних конструкцій [1–3]. Тому були проведені дослідження процесу зварювання та розроблені залежності для вибору оптимальних параметрів режиму зварювання із зазором у залежності від товщини металу. У результаті виконаних дослідів було знайде-

но значення швидкості подавання додаткового дроту, при якому не порушується стійкість процесу. Максимальне значення швидкості подавання додаткового неструмоведучого дроту складає 75% від швидкості основного струмоведучого. На основі експериментальних даних отримано залежності зварювального струму від швидкості подавання основного дроту та швидкості подавання основного дроту від товщини металу, що зварюється (рис. 3, 4).

Використовуючи ці два графіки, можна розрахувати необхідний зварювальний струм та швидкість подавання основного дроту при зварюванні встик у залежності від товщини зварюваного металу. При цьому слід урахувувати, що швидкість подавання додаткового дроту фіксована та дорівнює 75% від швидкості подавання основного дроту.

Таким чином, запропонована методика дає можливість отримати залежності параметрів режиму зварювання від товщини металу, що зварюється при фіксованій швидкості зварювання.

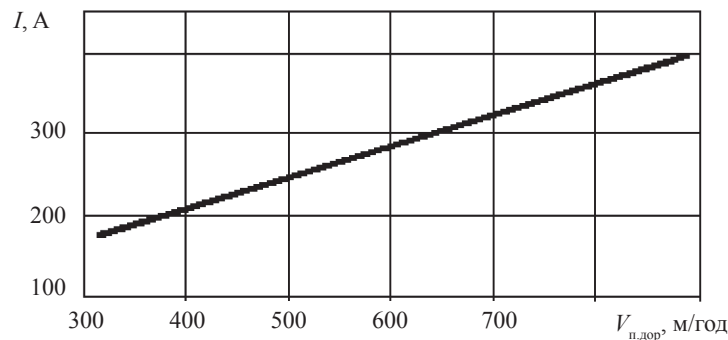


Рис. 3. Залежність зварювального струму від швидкості подавання основного дроту ($I = 5 \cdot 10^{-5} \cdot V^2 + 0,33V + 69,5$)

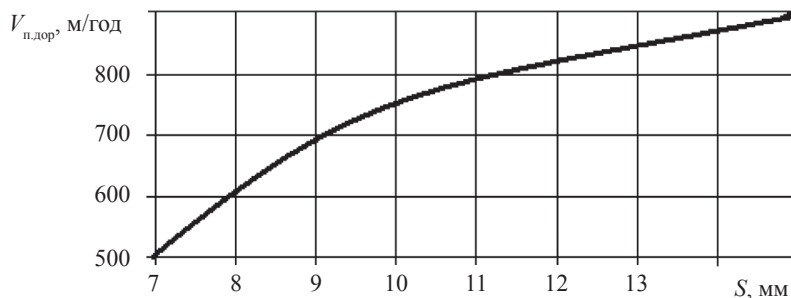


Рис. 4. Залежність швидкості подавання основного дроту від товщини зварюваного металу ($V_{п.дор.} = -7,3214S^2 + 193,93S - 392,57$)

ВИСНОВКИ

1. Уведення додаткового неструмоведучого дроту при зварюванні у вуглекислому газі забезпечує підвищення коефіцієнта наплавлення з 15,7 до 29,1 г/(А·год), дозволяє змінювати геометричні па-

раметри наплавлених валиків та зменшувати частку основного металу в наплавленому.

2. Допустима швидкість подавання додаткового неструмоведучого дроту, яка забезпечує підвищення продуктивності процесу наплавлення при збереженні

якості наплавленого шару, знаходиться на рівні 75% від швидкості подавання основного дроту.

3. Розрахунок теплових процесів при наплавленні з подаванням додаткового дроту більш доцільно виконувати для джерела, розподіленого на три точкових, які за сумарною потужністю дорівнюють одному точковому.

4. Використання додаткового дроту при зварюванні у вузький зазор у середовищі вуглекислого газу дозволяє за один прохід отримати якісне зварне з'єднання товщин 6...14 мм за рахунок зменшення частки паразитного тепловідведення у зварюваний метал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Безбах, Д. К.** Влияние ширины зазора на формирование односторонних стыковых швов при сварке под флюсом [Текст] / Д. К. Безбах // Автоматическая сварка. — 1988. — № 6. — С. 13–18.
- [2] **Бельчук, Г. А.** Определение параметров процесса сварки плавящимся электродом по узкому зазору [Текст] / Г. А. Бельчук, Н. Я. Титов // Автоматическая сварка. — 1975. — № 10. — С. 24–27.
- [3] **Бельчук, Г. А.** Влияние режима автоматической сварки по узкому зазору на форму шва [Текст] / Г. А. Бельчук, Н. Я. Титов // Автоматическая сварка. — 1970. — № 12. — С. 19–23.
- [4] **Гонсеровский, Ф. Г.** Влияние параметров режима на формирование валиков при сварке в углекислом газе на больших токах [Текст] / Ф. Г. Гонсеровский, Н. А. Ерошкин, А. В. Иванников // Сварочное производство. — 1971. — № 8. — С. 7–12.
- [5] Износостойкость сплавов, восстановление и упрочнение деталей машин [Текст] : учеб. пособие / под ред. В. С. Попова. — Запорожье : Мотор Сич, 2006. — 420 с.
- [6] **Илюкович, К. А.** Тепловые процессы при сварке под флюсом с дополнительной присадкой [Текст] / К. А. Илюкович, И. И. Ивочкин // Сварочное производство. — 1980. — № 10. — С. 10–13.
- [7] **Лелебин, О. Н.** Повышение производительности процесса сварки проволокой диаметром 1,6 с одновременным снижением энергозатрат [Текст] / О. Н. Лелебин, В. Г. Кряжков, Л. К. Каютина // Сварочное производство. — 1991. — № 5. — С. 29–34.
- [8] **Попков, А. М.** Потери металла на угар и разбрызгивание при сварке в углекислом газе на повышенных режимах [Текст] / А. М. Попков // Сварочное производство. — 1976. — № 7. — С. 21–24.
- [9] **Рыкалин, Н. Н.** Расчеты тепловых процессов при сварке / Н. Н. Рыкалин. — М. : Машиздат, 1952. — 210 с.
- [10] **Степанов, Б. В.** Механизированная сварка в среде углекислого газа с использованием присадочной проволоки [Текст] / Б. В. Степанов, Л. В. Егошин // Сварочное производство. — 1976. — № 4. — С. 8–11.

© Л. П. Кравченко, В. О. Мартиненко, В. А. Петренко

Надійшла до редколегії 21.11.2012

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК
д-р техн. наук, проф. С. В. Драган

Статтю розміщено у Віснику НУК № 5, 2012