

ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ З ІМПУЛЬСНИМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ДІЯМИ

Сформульовані основні вимоги та принципи створення комплексу спеціалізованого обладнання для зварювання з імпульсними електромагнітними впливами.

Ключові слова: ризики; пористість; обсяг вибірки; зварні шви; контроль.

Вступ

Одним із найбільш дієвих способів покращення показників якості швів при дуговому зварюванні є застосування зовнішніх електромагнітних дій (ЕМД) [1]. При реалізації даних технологій силова дія на розплав створюється при взаємодії у об'ємі ванни зварювального струму із зовнішнім магнітним полем. Більшість робіт в цьому напрямку спрямовані на керування гідродинамічними процесами у зварювальній ванні за допомогою зовнішніх низькочастотних магнітних полів [2]. На основі аналізу результатів попередніх досліджень зроблено висновок, що в теперішній час перспективним напрямком подальшого розвитку даних технологій є застосування імпульсних керуючих магнітних полів (КМП) для керування показниками якості швів. ЕМД на їх основі характеризуються більшою технологічною гнучкістю і здатністю до комплексного впливу на якість швів [3].

Постановка задачі

Проведеній аналіз літературних джерел дозволяє стверджувати, що кристалізація технічних сплавів носить переривчастий характер [4–7]. Основними причинами цього є концентраційне переохолодження об'єму розплаву перед фронтом кристалізації та виділенням скритої теплоти плавлення. Характеристикою процесу є притаманна кожному матеріалу власна частота кристалізації [8]. Для більшості конструкційних сталей та алюмінієвих сплавів вона знаходиться у діапазоні 50–400 Гц.

Найбільш ефективного впливу ЕМД на процеси кристалізації можна досягти при генеруванні в зоні зварювання імпульсних електромагнітних полів з частотою, не меншою за власну частоту кристалізації матеріалу. В залежності від його фізико-хімічних властивостей та режиму зварювання, розміри

об'єкта керування (зварювальної ванни), будуть різними. Виходячи з цього оптимальні значення силового впливу ЕМД на об'єкт керування також будуть змінюватись. Тому головними вимогами до комплексу обладнання є можливість плавного регулювання амплітудних і частотних характеристик імпульсного магнітного поля. Враховуючи те, що комплект обладнання для генерування ЕМД використовується у складі автоматизованих зварювальних установок в умовах виробництва, він має відповідати всім вимогам до промислового обладнання.

Принципи формування імпульсів КМП

Для генерування в зоні зварювання оптимального імпульсного електромагнітного поля достатньої напруженості, необхідно, щоб через котушку намагнічування індуктора проходили імпульси струму достатньої амплітуди з максимально крутим переднім фронтом. Доцільність генерування таких імпульсів обумовлюється досить великою інертністю об'єкта керування – розплаву зварювальної ванни.

Імпульси електромагнітного поля доцільно створювати шляхом передачі енергії, що накопичується у спеціалізованому пристрої, на котушку намагнічування за допомогою комутатора. Враховуючи малий активний та індуктивний опори котушки, амплітудні значення цих імпульсів можуть досягати тисяч ампер [9].

На даний час відомі два основних способи накопичування енергії: ємнісний та індуктивний. В першому випадку формування імпульсів відбувається за рахунок розряду на котушку намагнічування ємності, що попередньо заряджена до певної напруги. У другому випадку індуктивний накопичувач енергії заряджається від генератора струму. Обрив струму призводить до формування на індуктивності імпульсу напруги, який прикладається до наван-

таження [10]. Індуктивні накопичувачі мають на порядок більші значення густини енергії, однак процес їх розряду є набагато складнішим ніж при використанні ємнісних накопичувачів. До того ж, при накопиченні енергії в індуктивності виникають значні втрати, що визначаються внутрішнім опором котушки накопичувача. Використання хімічних і механічних накопичувачів енергії не раціонально. Це пов'язано з повільним накопиченням енергії та їх малим ККД.

Таким чином, найбільш оптимальним для вирішення поставленої задачі є використання ємнісних накопичувачів енергії.

Моделювання роботи пристрою для створення імпульсних ЕМД

Задачу побудови раціональної електричної схеми пристрою та вибору оптимальних параметрів елементів вирішували аналітично-розрахунковим шляхом за допомогою програмного пакета Місгосар 9. Змодельована електрична схема пристрою для генерування імпульсних ЕМД наведена на рис. 1.

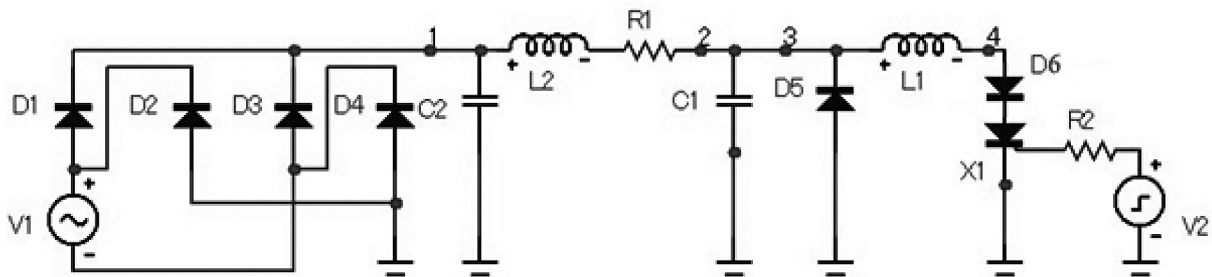


Рис. 1. Модель пристрою генерування імпульсних ЕМД

Напруга від джерела змінного струму V_1 випрямляється за допомогою діодного моста D_1-D_4 , та згладжується конденсатором C_2 . При цьому важливою вимогою є його достатня ємність. Це пов'язано з необхідністю стабілізації випрямленої напруги (U_1 , рис. 2а), відхилення якої призводять до відповідних відхилень амплітуди імпульсів струму через індуктор (I_2 , рис. 2г), що є неприпустимим.

Основна робоча ємність C_1 заряджається через зарядний резистор R_1 . Визначення величини ємності C_1 здійснювали з урахуванням необхідної енергії імпульсу для ефективного впливу. Енергію визначали із залежності:

$$W = \frac{C_K U_3^2}{2},$$

де C_K – ємність конденсатора, U_3 – напруга його заряду. З аналізу даної залежності можна зробити висновок, що збільшити енергію імпульсу найпростіше збільшивши напругу заряду конденсатора. Однак враховуючи вимоги техніки безпеки на виробництві зарядна напруга не повинна перевищувати 1000 В.

Величина зарядного опору R_1 визначає зарядний струм (I_1 рис. 2) і відповідно швидкість накопичення напруги в ємності C_1 :

$$U_1 = U_2(1 - e^{-t/\tau}),$$

де, U_1 – зарядна напруга (рис. 2а), U_2 – напруга заряду конденсатора (рис. 2в), t – час заряду, τ – постійна часу.

Виходячи з даної залежності за час τ U_2 сягне 63% від величини U_1 , за 3 τ 95%, а за 5 τ приблизно 99% від значення U_1 . Для більш ефективного використання ємності конденсаторів доцільно доведення напруги заряду конденсаторів до величини, не менше 90 % від величини зарядної напруги. Виходячи з цього час заряду має бути приблизно рівним τ_3 . Час заряду конденсатора має становити 95–99% одного періоду зарядно-розрядного циклу. Отже при максимальній необхідній частоті 400 Гц. $t = 0,0025$ с, оптимальне значення опору резистора R має бути рівним $t/3C$. Подальше підвищення напруги заряду конденсатора до рівня 99% від зарядної напруги недоцільно через необхідність

зменшення R , що в свою чергу призведе до збільшення величини зарядного струму.

Накопичена у ємності C_1 енергія розряджається на індуктор L_1 , який є частиною спеціалізованого зварювального пальника. Комутуючим елементом при цьому є тиристор X_1 , керований генератором V_2 . При відкритті тиристора X_1 через індуктор L_1 проходять імпульси струму I_2 (рис. 2г), що створюють імпульсне магнітне поле у зоні зварювання. Особливістю індуктора як навантаження генератора є його мала індуктивність. Після закінчення імпульсу, ЕРС самоіндукції котушки L_1 може перевищити допустимі значення зворотної напруги комутуючого елемента X_1 . Для запобігання цього у ланку комутатора послідовно включено діод D_6 .

Особливістю комутації за допомогою тиристорів є створення умов для його переходу у закритий стан (потенціал аноду має бути вище за потенціал катоду), тобто до нього необхідно прикласти зворотню напругу. При занадто високій швидкості заряду конденсатора C_1 напруга на тиристорі не буде зворотною після закінчення імпульсу, а тири-

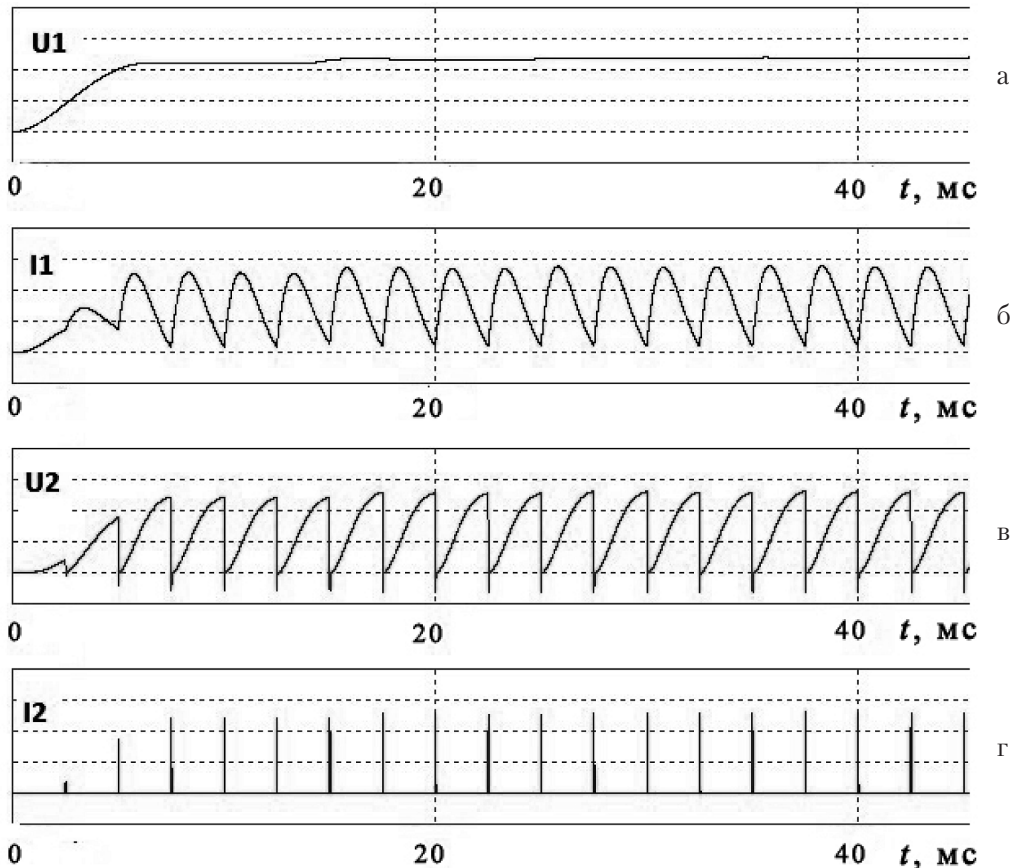


Рис. 2. Осцилограми роботи пристрою при частоті 400 Гц де:
а – випрямлена напруга від джерела живлення (точка 1 на рис. 1); б – струм заряду робочої ємності (точка 2);
в – напруга на робочій ємності (точка 3); г – імпульси струму через індуктор (точка 4)

стор не буде переходити у закритий стан. Це слід враховувати при його виборі та розрахунку параметрів заряду робочої ємності.

Особливості реалізації обладнання для імпульсними ЕМД

Дослідний зразок комплекту обладнання для реалізації імпульсних ЕМД був створений за функціональною схемою наведеною на рис. 3.

Можливість зміни частоти імпульсного впливу в обумовленому діапазоні є однією з основних вимог при розробці обладнання. Слід зазначити, що при зміні частоти імпульсів (ω), що проходять через котушку неминуче буде змінюватись і її індуктивний опір $X_L = \omega L$, і відповідно амплітудне значення струму. Тому для стабілізації амплітуди імпульсів при різних частотах впливу необхідно забезпечити можливість регулювання напруги заряду робочої ємності. Найпростіше для реалізації такого керування є послі-

довне включення з силовим трансформатором автотрансформатору (1), для можливості зміни напруги на первинній його обмотці. До того ж, трансформатор, який є частиною блоку живлення (2), необхідний для гальванічної розв'язки, що є обов'язковою вимогою техніки безпеки.

Основною складовою комплекту є блок формування імпульсів (3). В ньому розміщено робочу ємність та комутуючий елемент. Особливістю блоку формувача імпульсів є його обов'язкове окреме компактне виконання. Це пов'язано з

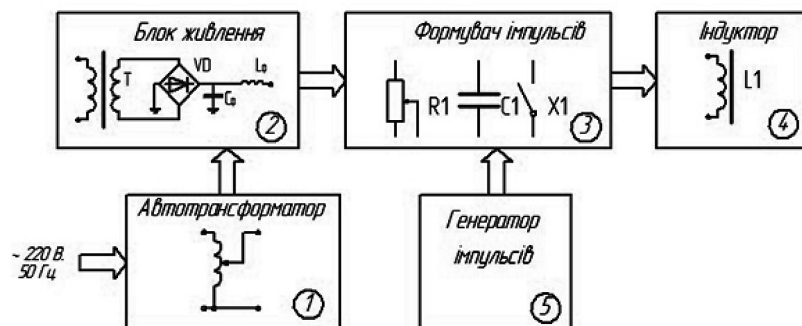


Рис. 3. Функціональна схема комплекту обладнання для генерування імпульсних ЕМД



необхідністю мінімізації активного так і індуктивного опорів ланки, що з'єднує комутуючий пристрій з виводами індуктора. Цього можна досягти тільки мінімізацією з'єднувальних силових кабелів, а отже розміщенням блоку формувача імпульсів як омого ближче до пальника.

Керуючі імпульси необхідної частоти створюються генератором імпульсів (5), який може бути різним за виконанням в залежності від обраного комутуючого пристрою. Накопичена у ємності енергія розряджається з заданою частотою, шляхом замикання комутуючого пристрою на котушку намагнічування індуктора (4). Індуктор є частиною спеціалізованого пальника і представляє собою змінне сопло з намотаною на ньому котушкою індуктивності.

Висновки

1. Для ефективного впливу імпульсних електромагнітних дій на показники якості швів в зоні зварювання необхідно генерувати імпульсне керуюче магнітне поле з заданою частотою та амплітудним значенням, величини яких залежать від матеріалу та розмірів об'єкту керування.

2. Для практичної реалізації доцільно, щоб робота пристрою для генерування керуючого магнітного поля ґрунтувалася на послідовному накопиченні енергії в конденсаторі та її розряді на котушку індуктора.

3. Подальші роботи направлені на розвиток технології дугового зварювання з імпульсними електромагнітних дій мають бути направлені на встановлення взаємозв'язків між фізико-хімічними властивостями матеріалу та параметрами керуючого магнітного поля.

Література

- [1] Рыжов Р. Н. Внешние электромагнитные воздействия в процессах дуговой сварки и наплавки / Рыжов Р. Н., Кузнецов В. Д. – Автоматическая сварка. – 2006. – №10. – С. 36–40.
- [2] Рыжов Р. Н. Магнітне керування якістю зварних з'єднань / Рыжов Р. Н., Кузнецов В. Д. – Київ. – Екотехнологія. – 2010. – 287 с.
- [3] Рыжов Р. Н. Влияние импульсных электромагнитных воздействий на процессы формирования и кристаллизации швов / Рыжов Р. Н. – Автоматическая сварка. – 2007. – №2. – С. 56–58.
- [4] Славин Г.А. О некоторых параметрах процесса дендритной кристаллизации при сварке / Славин Г. А., Хорошева В. В., Столпнер Е. А. – Сварочное производство, 1978. № 6. – С. 10–12.
- [5] Болдырев А. М. Механизм слоистой неоднородности в сварных швах – Сварочное производство, 1979. № 4. – С. 38–40.
- [6] Петров Г. А. О механизме образования слоистой неоднородности в сварных швах – Сварочное производство, 1981. № 10. – С. 42–44.
- [7] Сидорук В. С. Прерывистая (периодическая) кристаллизация при сварке сплавов / Сидорук В. С., Дудко Д. А. – К. 1983. – 28 с. (ИЭС им. Е. О. Патона ИЭС – 83 – 2).
- [8] Прохоров Н. Н. Физические процессы в металлах при сварке // М.: Металлургия. – 1968. – Т.1. – 695 с.
- [9] Сидоренко П. Ю. Использование импульсных электромагнитных воздействий для управления процессом переноса электродного металла при дуговой сварке / Сидоренко П. Ю., Рыжов Р. Н. – Автоматическая сварка. – 2010. – №6. – С. 52–53.
- [10] Соковин С. Ю. Мощная импульсная техника // Учебное электронное издание. – 2008. – С. 5–6.

Nestoulia S.O., Ryzhov R.N., Sidorenko P.Y., Kotchoubey V.V., Kyslytcyn A.O.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute». Ukraine, Kyiv

PRINCIPLES OF DESIGNING OF SPECIALIZED EQUIPMENT FOR WELDING WITH ELECTROMAGNETIC IMPACT

The main requirements and making approach to the suite of special equipment for welding with the defined impulsive electromagnetic affects are formulated based on our researches.

Keywords: risks; porosity; the sample size; welds; control.

References

- [1] Ryzhov R.N. External electromagnetic influences in the process of arc welding and surfacing / Ryzhov R.N., Kuznetsov V.D. – Automatic Welding. – 2006 . – № 10 . – P. 36–40. (In Russian)
- [2] Ryzhov R.N. Magnitne keruvannya yakistyu zvarnih z'ednan / Ryzhov R.N., Kuznetsov V.D. – Kiev. – Ekotehnologiya. – 2010. – 287 p. (Ukrainian)
- [3] Ryzhov R.N. Effect of pulsed electromagnetic influences on the formation and crystallization of joints / R.N. Ryzhov – Automatic Welding. – 2007. – № 2. – P. 56–5. (In Russian)
- [4] Slavin G.A. Some dendritic crystallization process parameters during welding / Slavin G.A. Khorosheva V.V. Stolpner E.A. – Welding , 1978 . – Number 6. – With . 10–12 p. (In Russian)
- [5] Boldyrev A.M. The mechanism of layered heterogeneity in welds – Welding , 1979. Number 4. – With. – P. 38–40. (In Russian)
- [6] Petrov G.A. On the mechanism of formation of a layered heterogeneity in welds – Welding, 1981. – Number 10. – With. – P. 42–44. (In Russian)
- [7] Sidoruk B.C. Intermittent (periodic) crystallization welding alloys / Sidoruk B.C., Dudko D.A. – K. 1983. – 28 p. (PWI. Paton IES – 83 – 2). (In Russian)
- [8] Prokhorov N.N. Physical processes in metals in welding // M.: Metallurgy. – 1968. – Vol.1. – 695 p. (In Russian)
- [9] Sidorenko P.Y. Using pulsed electromagnetic effects for process control electrode metal transfer in arc welding / Sidorenko P.Y., Ryzhov R.N. – Automatic Welding. – 2010 . – № 6. – P. 52–53. (In Russian)
- [10] Sokovin S.Y. Powerful pulse technique // Educational electronic edition. – 2008. – P. 5–6. (In Russian)