

АНАЛІЗ І КЛАСИФІКАЦІЯ ФОРМ ІМПУЛЬСІВ ДЛЯ КОНТАКТНОГО МІКРОЗВАРЮВАННЯ

К. т. н. О. Ф. Бондаренко

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Україна, м. Київ
bondarenkoaf@gmail.com

Виокремлено найбільш суттєві класифікаційні ознаки для зварювальних імпульсів, що використовуються в контактному мікрозварюванні. Дана стисла характеристика імпульсів різних типів та проведено їх порівняння. Створено класифікаційну схему різновидів зварювальних імпульсів та запропоновано приклад її застосування.

Ключові слова: контактне мікрозварювання, зварювальний імпульс, формування імпульсів, класифікація.

Ефективним способом нероз'ємного з'єднання деталей розміром менш ніж 0,5 мм є контактне мікрозварювання, яке широко використовується в електроніці, прецизійному приладобудуванні, при виготовленні медичних інструментів та ін. Залежно від матеріалів, товщини деталей, технологічних умов та обладнання контактне мікрозварювання може бути реалізоване різними за формою електричними імпульсами.

Форма імпульсів є одним з найбільш визначних факторів, що впливають на якість зварних з'єднань. Правильний підбір форми зварювальних імпульсів для конкретних умов зварювання може забезпечити відсутність таких поширених дефектів зварювання, як виплески, прожоги або неповари. Метою даної роботи є створення класифікації відомих різновидів зварювальних імпульсів за найбільш суттєвими ознаками, використання якої зробить зручнішим попереднє визначення режимів зварювання.

Аналіз різновидів імпульсів, що використовуються в контактному мікрозварюванні [1—5], дозволив виділити наступні ознаки для їх класифікації:

- кількість імпульсів для зварювання однієї точки;
- род струму;
- наявність регулювання параметрів імпульсу;
- параметри регульованого імпульсу;
- ділянки формованого імпульсу.

За кількістю імпульсів, використовуваних для зварювання однієї точки, можна виділити *одиночні імпульси* та *імпульсні послідовності*. При використанні одиночного імпульсу усі процеси формування з'єднання відбуваються в єдиному циклі впродовж дії цього імпульсу. При використанні групи імпульсів електрофізичні процеси розподіляються за циклами. В імпульсній послідовності зазвичай виділяють основні, підігрівальні та проковувальні імпульси. Попередній підігрів знижує нестабільність тепловиділення в зварювальному контакті та зменшує ймовірність перегріву металу, який спричинює виплески. Проковувальні імпульси на етапі охолодження зварного ядра запобігають утворенню в ньому усадкових порожнин.

За родом струму зварювальні імпульси можна розподілити на *імпульси змінного струму*, *імпульси постійного струму* та *комбіновані імпульси*. Найширше застосування мають перші, що пояснюється більш високим рівнем розвитку перетворювачів змінного струму на певному етапі. Проте використання імпульсів постійного струму з регульованою амплітудою здатне в більшій мірі врахувати електрофізичні процеси в контакті і, відповідно, забезпечити більш високу якість з'єднання. Комбіновані імпульси являють собою імпульсну послідовність, яка містить як імпульси постійного струму, так і імпульси змінного струму. Зварювання комбінованими імпульсами не є широко використовува-

ним, відомі тільки такі експериментальні спроби.

За наявності регулювання параметрів імпульсу можна виокремити *нерегульовані* та *регульовані імпульси*. До нерегульованих відносяться імпульси постійного струму, амплітуда яких не формується певним чином в часі, та імпульси змінного струму, утворені немодульованими коливаннями. Амплітуда регульованих імпульсів формується за певним законом, який передбачає поступове наростання на етапі фронту, нерідко — поступовий спад, а в окремих випадках — формування вершини. При цьому використовуються різні закони формування, які можуть відстежуватись шляхом зворотного зв'язку. Регульовані імпульси здатні забезпечити вищу якість зварних з'єднань, але складність полягає в підборі необхідного закону регулювання для конкретних умов зварювання. До того ж реалізація таких імпульсів потребує більш складного обладнання.

За параметрами імпульсу, що регулюються, можна виділити імпульси з *регульованим струмом*, з *регульованою напругою*, з *регульованою потужністю* та *імпульси з кількома регульованими параметрами*. Найбільш освоєним є регулювання струму. Регулювання потужності та кількох параметрів одночасно є доволі складним і застосовується у випадках, коли необхідно досягти винятково високої якості з'єднань.

За ділянками імпульсу, що формуються, варто виділити *імпульси з формуванням фронту*, з *формуванням фронту і спаду* та з *формуванням всіх ділянок*. Найбільш поширеним є зварювання імпульсами з лінійним та експонентним законом зміни фронту або фронту та спаду, що обумовлюється простотою їх технічної реалізації. Проте використовуються й квадратичний закон, закон зі ступенем три та інші, які здатні забезпечити вищу якість зварних з'єднань в конкретних умовах. Згладжування фронту забезпечує більш «спокійне» формування зварного з'єднання і запобігає виплескам металу. Згладжування спаду дає ефект, подібний до ефекту від використання проковувальних імпульсів. Формування вершини використовується в окремих випадках. Зазвичай для нормального зварювання електричні параметри імпульсу на інтервалі вершини підтримують на постійному рівні.

На рис. 1, 2 наведено приклади зварювальних імпульсів різних типів, що використовуються в контактному мікрозварюванні, на рис. 3 — наочна класифікаційна схема зварювальних імпульсів, що була створена в результаті проведеної класифікації.

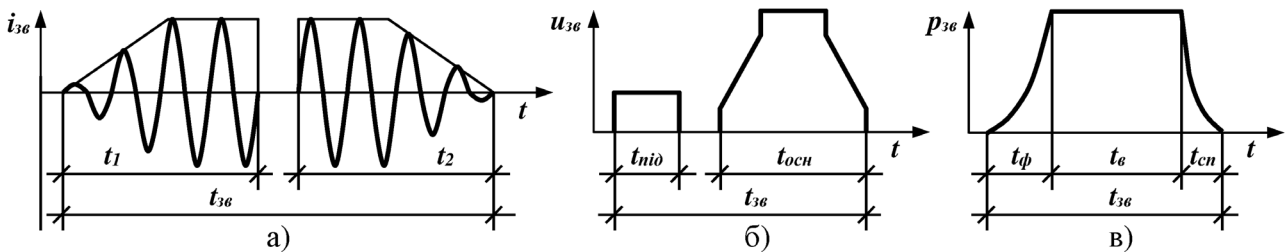


Рис. 1. Зварювальний імпульс з регулюванням струму (а), напруги (б) та потужності (в)

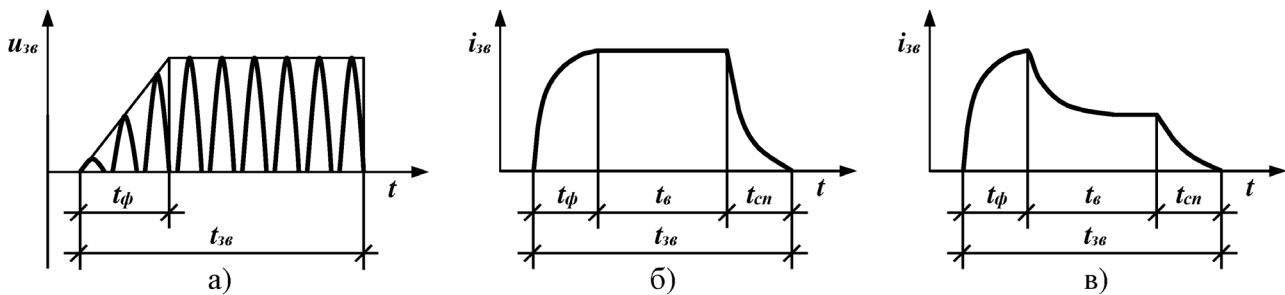


Рис. 2. Зварювальний імпульс струму з формуванням фронту (а), фронту і спаду (б), всіх ділянок (в)

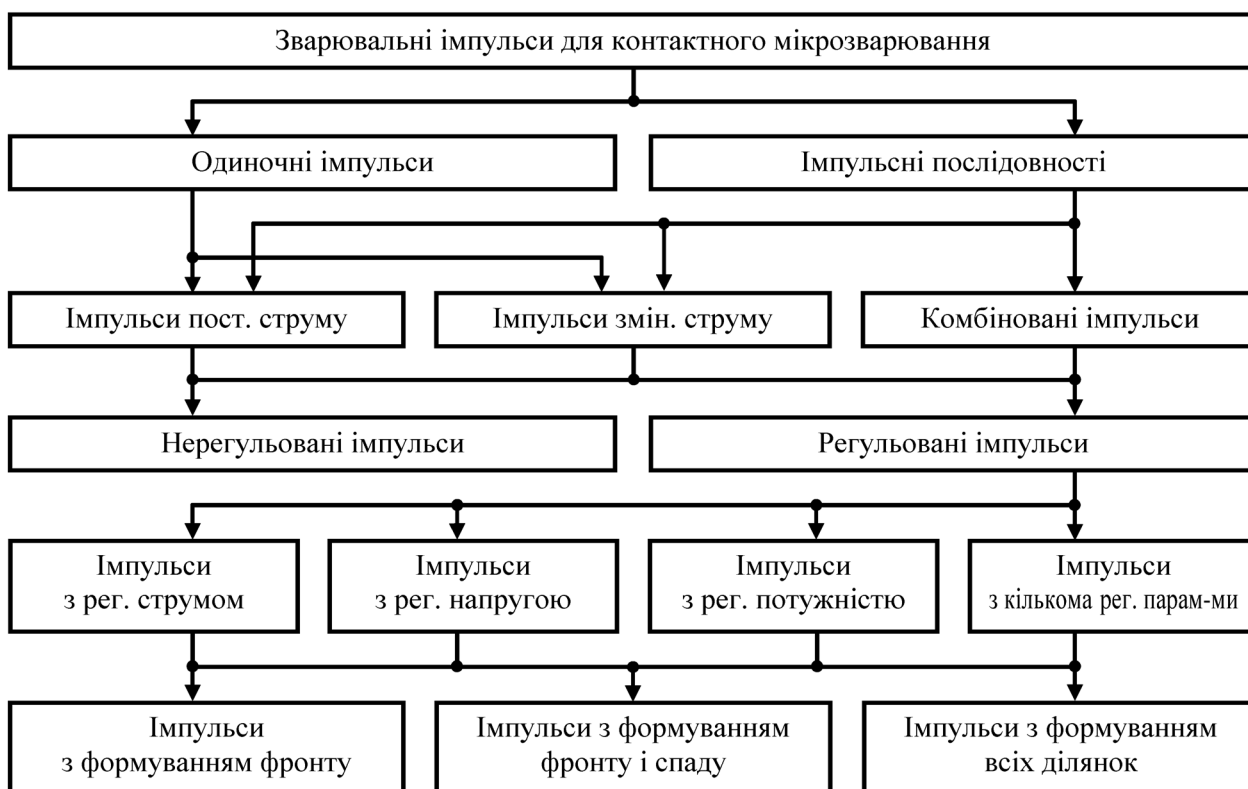


Рис. 2. Класифікаційна схема зварювальних імпульсів для контактної мікрозварювання

За допомогою отриманої класифікаційної схеми зручно здійснювати підбір типу зварювальних імпульсів для конкретних умов зварювання. Так, наприклад, для зварювання деталей відповідального призначення можна рекомендувати використання регульованих імпульсів постійного струму з формуванням фронту і спаду потужності.

Таким чином, аналіз відомих різновидів зварювальних імпульсів, що застосовуються для контактної мікрозварювання, дозволив провести їх класифікацію за найбільш суттєвими ознаками та створити наочну класифікаційну схему.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Zhou Y. Microjoining and nanojoining.— Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd. CRC Press, 2008.
2. Атауш В.Е., Леонов В.П., Москвин Э.Г. Микросварка в приборостроении.— Рига: РТУ, 1996.
3. Amada Miyachi America. Resistance Welding Fundamentals. [Online]. Available: http://www.amadamiyachi.com/EducationalResources_Fundamentals
4. Паэранд Ю.Э., Бондаренко Ю.В., Бондаренко А.Ф. Формирователи импульсов тока для контактной сварки // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2008.— № 3.— С. 25—30.
5. Лебедев В.К., Письменный А.А. Системы питания машин для контактной сварки // Автоматическая сварка.— 2001.— № 11.— С. 32—36.

О. Ф. Bondarenko

Analysis and classification of the pulse forms for micro resistance welding

The most substantial features for classifying welding pulses used for micro resistance welding are highlighted. The brief characteristic of the pulses of different types and their comparison are given. The author has created a classification diagram of types of welding pulses and suggested the example of its application.

Key words: micro resistance welding, welding pulse, pulse forming, classification.