

ПІДБІР ФОРМИ ІМПУЛЬСІВ ДЛЯ КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ

К. т. н. О. Ф. Бондаренко¹, к. т. н. Ю. В. Бондаренко¹, к. т. н. П. С. Сафронов²

¹НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

²Одеський національний політехнічний університет

Україна

bondarenkoaf@gmail.com

Показана важливість підбору оптимальної форми зварювальних імпульсів для досягнення високої якості контактної зварювання. З метою уточнення закону, що описує зварювальний імпульс, в напрямку його узгодження з умовами зварювання надані рекомендації для формування потужності зварювального струму на найбільш відповідальних ділянках імпульсу. Запропоновано форму зварювального імпульсу, що відповідає особливостям електрофізичних процесів в контакті і є максимально узгодженою з ними.

Ключові слова: контактне зварювання, форма імпульсу, закон зміни потужності.

Контактне зварювання є важливою технологічною операцією в багатьох галузях виробництва. Одним з поширених способів покращення якості зварних з'єднань є згладжування переднього фронту зварювального імпульсу задля забезпечення плавного введення енергії в зварювальний контакт. Дослідження показали, що знизити вірогідність виплесків в процесі зварювання та досягти кращих показників якості з'єднань можна шляхом реалізації ступеневих законів зміни потужності зварювального імпульсу на етапі фронту [1, 2]. В [2] пропонується на початковому етапі впродовж часу, необхідного для стабілізації площі контакту зварюваних деталей, збільшувати потужність зварювального струму пропорційно часу зі ступенем n , після чого підтримувати її на постійному рівні до виділення достатньої кількості енергії, а тоді скинути до нуля ($t_0 - t_2$ на рис. 1). Показник ступеню n закону зміни потужності зварювального імпульсу визначається твердістю матеріалів зварюваних деталей, легкістю їхнього окислювання, товщиною та конфігурацією деталей, станом їхніх поверхонь, зусиллям стиснення електродів, і тому очевидно, що для різних умов зварювання оптимальне значення n є різним [2]. Теоретичне обчислення n є дуже складним, оскільки він залежить від багатьох параметрів, і кількісні значення деяких з них неможливо встановити напевне, тому в [2] пропонується визначати цей показник емпірично на підготовчому етапі зварювання, проводячи серії експериментів. Звичайно, такий підхід складно назвати зручним, і нагальним питанням є внесення більшої визначеності в процес попереднього підбору значення n .

Метою роботи є уточнення закону зміни потужності зварювального імпульсу в напрямку встановлення відповідності між умовами зварювання та необхідним значенням показника ступеню на етапі фронту, а також врахування електрофізичних процесів на заключному етапі зварювання.

Щодо показника ступеню n , видається можливим встановити рекомендовані діапазони його значень, які можуть бути застосовані для певних умов зварювання. Так, відомо [3], що для попередження виплесків металу в процесі контактної зварювання необхідно забезпечувати умову постійності інтенсивності тепловиділення на одиницю дійсного контакту поверхонь зварюваних деталей. Оскільки ж інтенсивність тепловиділення є пропорційною потужності зварювального струму, цю умову можна записати наступним чином:

$$q(t)/s_k(t) = k p_{зв}(t)/s_k(t) = \text{const}, \quad (1)$$

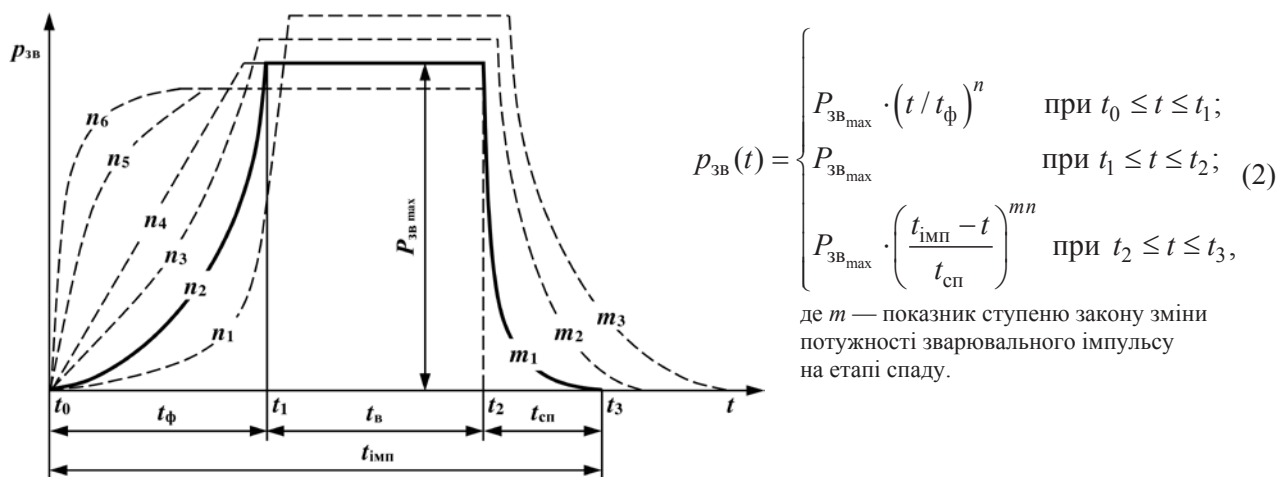
де $q(t)$ — загальна інтенсивність тепловиділення; $s_k(t)$ — площа дійсного контакту; $p_{зв}(t)$ — потужність зварювального струму; k — коефіцієнт пропорційності.

З урахуванням того, що на початковому етапі площа дійсного контакту зварюваних деталей в результаті пробою поверхневих оксидних плівок та змінання мікронерівностей збільшується, для підтримання постійності співвідношення (1) потужність зварювального струму також має наростати. З умови (1) видно, що чим повільніше збільшується площа контакту, тим повільніше потрібно нарощувати кількість енергії, що вводиться в контакт.

Отже, для попередження виплесків на початку зварювання можна запропонувати дотримуватись

наступних рекомендацій: при значній шорсткості поверхні деталей, високій твердості матеріалу деталей та його здатності до окислювання, малій площі контакту деталей та незначному зусиллю стиснення електродів треба обирати $n \geq 1$, а в протилежних умовах $n \leq 1$.

На наступному інтервалі зварювального імпульсу ($t_1 - t_2$ на рисунку) через майже незмінний характер опору зони зварювання впродовж утворення зварного ядра умова (1) визначає необхідність підтримувати постійну потужність до виділення в контакті потрібної для зварювання енергії.



Заключному етапу зварювання ($t_2 - t_3$ на рисунку) зазвичай приділяють менше уваги, ніж початковому. Тому після завершення інтервалу постійного рівня потужності зварювальний струм часто просто вимикають без формування спаду [1, 2]. Проте досвід авторів показав, що заключний етап утворення зварного з'єднання є також дуже важливим з точки зору його міцності. Правильно підібраний режим охолодження сприяє формуванню рівномірної мікроструктури ядра, здатен запобігти утворенню механічних напруг та усадкових порожнин. Оптимальний режим охолодження визначається матеріалами зварюваних деталей та програмою зміни тиску зварювальних електродів. У зв'язку з цим на етапі спаду зварювального імпульсу, як і на етапі фронту, доцільно використовувати емпіричний підбір оптимального закону зміни потужності для кожного випадку. При цьому у випадках, коли необхідно надати зварним з'єднанням пружних властивостей, слід здійснювати охолодження контакту якомога швидше, для чого треба різко знижувати зварювальний струм після завершення формування пласкої вершини. Якщо ж пріоритетом є однорідність структури з'єднання та відсутність залишкових напруг, слід здійснювати охолодження повільніше, формуючи плавний спад зварювального імпульсу, дію якого можна порівняти з операцією відпалу [1].

Таким чином, пропонується формувати зварювальний імпульс так, як показано на рисунку, з відповідним математичним описанням (2), керуючись наведеними вище рекомендаціями. Запропонована форма зварювального імпульсу враховує особливості електрофізичних процесів в зварювальному контакті і є максимально узгодженою з ними.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Атауш В.Е., Леонов В.П., Москвин Э.Г.— Микросварка в приборостроении. Рига: РТУ, 1996.
2. Бондаренко А.Ф. Формирователи импульсов тока для установок контактной микросварки / Дис. ... канд. техн. наук: 05.09.12.— Алчевск, 2007.
3. А. с. 1214368 СССР. Устройство для управления процессом контактной точечной сварки / В. П. Леонов, В. Е. Атауш, Э. В. Бумбиерис, М. А. Калейс.— 1986.— Бюл. № 8.

O. V. Bondarenko, Yu. F. Bondarenko, P. S. Safronov

Selection of pulse form for resistance welding

The authors show the importance of choosing the optimal shape of welding pulse for achieving the high-quality resistance welding. In order to specify the law describing the welding pulse in the direction of its coordination with the welding conditions, the recommendations for forming the welding pulse current power on the most crucial intervals of the pulse are given. The suggested shape of the welding pulse matches the electrophysical processes in the contact and is maximally coordinated with them.

Key words: resistance welding, pulse shape, electrical power law.