



УДК 621.791.763

Рижов Р. М.¹, Кочубей В. В.¹, Назарук С. М.¹, Нестуля С. О.¹, Болотов Г. П.²

¹Національний технічний університет «КПІ». Україна, Київ

²Чернігівський державний технологічний університет. Україна, Чернігів

ЗАСТОСУВАННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ДІЙ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ФОРМУВАННЯМ З'ЄДНАНЬ ПРИ ТОЧКОВОМУ КОНТАКТНОМУ ЗВАРЮВАННІ

Анотація

Наведено результати досліджень впливу зовнішніх електромагнітних дій на процеси формування зварних з'єднань при точковому контактному зварюванні.

Показано, що для їх практичної реалізації доцільно використовувати багатополосну електромагнітну систему, застосування якої дозволяє більш інтенсивно керувати гідродинамікою розплаву.

Вибір її структури здійснено на основі досліджень особливостей розподілу індукції керуючого магнітного поля в робочій зоні.

Abstract

The paper presents the results of investigation of effect of external magnetic fields on the processes of welded joints' formation with resistance spot welding.

It is shown that in practice it is appropriate to use multipolar magnetic system which allows to better control the molten metal hydrodynamics.

Its structure was designed taking into account results of the investigation of characteristics of control magnetic field induction distribution in the working zone.

Вступ

У промисловості точкове контактне зварювання (ТКЗ) широко використовується при створенні конструкцій із тонких листових матеріалів. Особливістю даного технологічного процесу є залежність показників якості з'єднань не тільки від фізико-хімічних властивостей матеріалів і параметрів режиму зварювання, а і від стану робочих поверхонь електродів і зварюваних деталей, стабільності їх геометричних параметрів. Найбільш поширеним способом вирішення даної проблеми є жорстке регламентування параметрів циклу зварювання. Однак на промислових підприємствах при частих змінах марок зварюваних матеріалів і нестабільності енергетичних параметрів процесу його застосування не завжди дозволяє досягати максимального результату. Тому в даних умовах актуальним є застосування додаткових методів фізичного впливу на процеси створення з'єднань при ТКЗ.

При дуговому зварюванні одним із таких методів є застосування зовнішніх електромагнітних дій (ЕМД). Їх сутність полягає в створенні силової дії на розплави при взаємодії у об'ємі ванни зварювального струму із зовнішнім магнітним полем [1]. Відомі спроби його використання і при ТКЗ для керування процесами кристалізації і поліпшення механічних властивостей з'єднань [2–4]. Однак для широкого використання ЕМД у зазначеному технологічному процесі опублікованих даних не достатньо.

Постановка задачі

Ефективність використання ЕМД при зварюванні значною мірою залежить від амплітудних і векторних характеристик застосованих керуючих магнітних полів (КМП). В останні роки для їх генерування при дуговому зварюванні застосовують багатополосні електромагнітні системи, що дозволяє значно розширювати технологічні можливості даних імпульсних дій. Досвід їх використання дозволяє стверджувати, що на цей час для умов ТКЗ не вирішені питання оптимізації їх структур. При цьому відповідні дослідження доцільно проводити відносно найважливіших показників якості з'єднань — параметрів їх формування.

Виходячи із зазначеного, метою даної роботи є вибір структур багатополосних електромагнітних систем для умов ТКЗ і визначення ступеню впливу зовнішніх ЕМД на параметри формування зварних з'єднань.

Методика проведення досліджень

Відомо [1], що при застосуванні ЕМД позитивні зміни параметрів формування з'єднань досягаються керуванням гідродинамікою розчину. Особливістю

технологічного процесу ТКЗ є те, що зварювальний струм протікає у напрямку, перпендикулярному до поверхонь заготовок. Тому для практичної реалізації ЕМД в робочій зоні необхідно генерувати радіальні магнітні поля. При цьому максимальний ефект досягається в разі забезпечення у процесі зварювання обертальних переміщень розплаву вздовж всієї бічної поверхні ядра з'єднання. За для цього КМП повинно бути промислової частоти (50 Гц), а вектори його магнітної індукції в області верхньої і нижньої заготовок повинні мати протилежні напрями (рис. 1). Виконати дану умову при використанні пристроїв, застосованих в [2–4], не можливо.

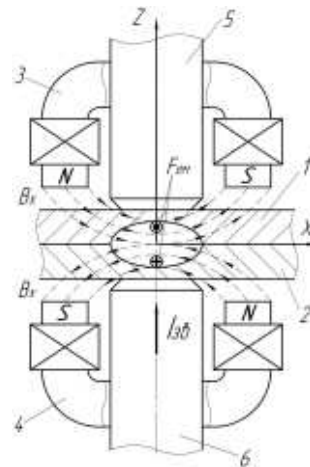


Рис. 1. Схема процесу
1, 2 — деталі, що зварюються; 3, 4 — електромагніти;
5, 6 — електроди машини; B_x — радіальна складова керуючого магнітного поля; I_{zv} — зварювальний струм;
 F_{em} — електромагнітна сила

Для виконання зазначених умов при проведенні даних досліджень використовували електромагнітну систему, складену із двох електромагнітів з П-подібними осерддями, розміщеними один проти одного з обох боків з'єднання таким чином, щоб полюси кожного із них були у площині, перпендикулярній вторинному контуру машини для ТКЗ. На бічних поверхнях кожного з осердь електромагнітів встановлювали по дві багатополосні котушки намагнічування, підключені до джерела живлення таким чином, щоб протилежні полюси мали різні полярності. При цьому джерело живлення було підключено до промислової мережі паралельно із зварювальним трансформатором.

Експериментальне визначення розподілу в робочій зоні радіальної складової індукції керуючого магнітного поля (B_x) здійснювали за допомогою мілітесламетра Ф4356. Струм намагнічування (I_{em}) через котушки електромагнітів змінювали в межах до 5 А. При його збільшенні спостерігали лінійне зростання індукції, тобто виключався ефект «замагнічування» осердь. Виявлено, що у площині XOY зварного з'єднання величина B_x дорівнює нулю. При віддаленні від точки перетину осей вздовж осі Z індук-

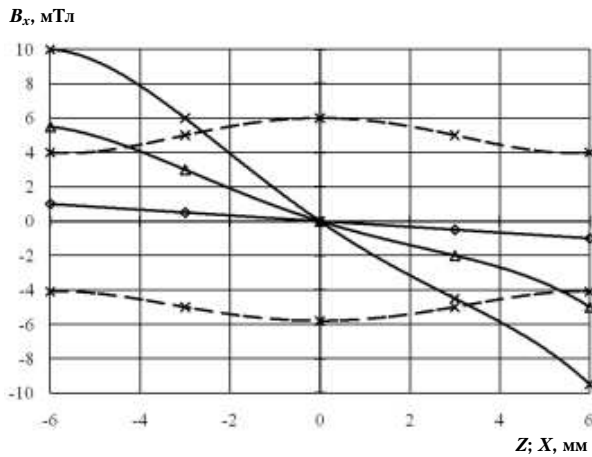


Рис. 2. Розподіл індукції керуючого магнітного поля у зоні зварювання:

— змiни індукції вздовж осі Z;
 - - - змiни індукції у площині ZOZ;
 ◇; △; × — струм намагнічування I_{em} відповідно 1 А; 3 А; 5 А

ція експоненціально збільшується, однак у верхній і нижній зонах має протилежну полярність (рис. 2). У площині ZOZ на відстані 3 мм від горизонтальної площини симетрії, що відповідає границі зони плавлення, величина B_x набуває максимальних значень на вертикальній осі з'єднання і зменшується на 30 % в зоні термічного впливу. Аналогічний характер мають залежності і у площині ZOY зварної точки.

Результати досліджень

Експериментальні дослідження, спрямовані на визначення залежностей геометричних параметрів з'єднань від індукції КМП, проводили на машині для ТКЗ МТ1215, оснащену регулятором циклу зварювання РКСМ. Зварювання зразків із сталі Ст3 товщиною 2 мм здійснювали струмом з діючим значенням 9 кА. Загальний час протікання зварювального струму дорівнював 1 с.

Виявлено, що із збільшенням струму намагнічування через котушки електромагнітів відбувається експоненціальне збільшення діаметру зварних точок, яке при $I_{em} = 5$ А становить 6 % (рис. 3). При цьому глибина проплавлення дещо зменшується. Даний ефект пояснюється змінами у наслідок керування гідродинамікою розплаву процесу розповсюдження теплоти. Тобто, при застосуванні ЕМД збільшується тепловий потік у горизонтальній площині через зварювані деталі. Слід зазначити, що при застосуванні даних імпульсних дій у дугових способах зварювання зафіксовано аналогічні за характером, але більші за величиною зміни геометричних параметрів з'єднань. Це пояснюється швидкоплинністю процесу ТКЗ, у наслідок чого гідродинамічні явища не встигають розвиватись у повній мірі.

У наслідок зазначених змін діаметру зварних точок збільшується площа проплавлення зварюваних

$\Delta S, \Delta d, \Delta h, \%$

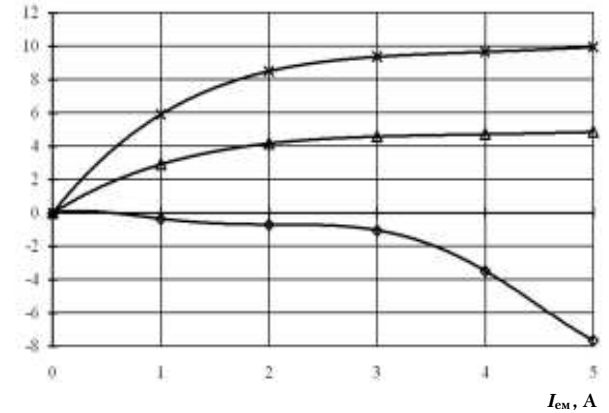


Рис. 3. Відносні зміни площі з'єднання S , діаметру d та величини проплавлення h зварної точки при різних струмах намагнічування.

×; △; ◇ — відповідно площа з'єднання S , діаметр d , величина проплавлення h

деталей (рис. 3). При цьому слід очікувати поліпшення показників міцності з'єднань.

Висновки

1. При ТКЗ генерування в робочій зоні радіальних керуючих магнітних полів призводить до збільшення площі проплавлення зварюваних деталей у наслідок керування гідродинамікою розплаву зварюваних точок.
2. Ефективне застосування ЕМД в умовах ТКЗ забезпечується при генеруванні радіальних керуючих магнітних полів багатополосними електромагнітними системами.
3. При подальших дослідженнях впливу ЕМД на показники якості зварних з'єднань в умовах ТКЗ необхідно виявлення впливу параметрів керуючих магнітних полів на їх механічні властивості.

Література

1. Рижов Р. М., Кузнецов В. Д. Магнітне керування якістю зварних з'єднань // Київ. — Екотехнологія. — 2010. — 287 с.
2. Попов В. А. Влияние магнитного поля на формирование соединения при контактной точечной сварке // Сварочное производство. — № 10. — 1992. — с. 28–29.
3. Рекус В. Г., Сулов А. А. Использование внешних магнитных полей для повышения долговечности деталей машин, оборудования и инструмента // Строительные и дорожные машины. — 1991. — № 1. — с. 19.
4. Кузьмин Б. А., Пугачевич П. П., Рекус В. Г., Рекус Г. Г., Челнаков Н. М. Влияние внешнего магнитного поля на прочность и пластичность соединения при контактной стыковой сварке однородных и разнородных металлов // Сварочное производство. — № 9. — 1971. — с. 6–7.