

**В.С. Качинський, М.П. Коваль**

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, Київ

## **РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПРЕСОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТРУБ ШИРОКОГО СОРТАМЕНТУ**



При будівництві різноманітних промислових та сільськогосподарських об'єктів і будівництві трубопроводів використовують труби з невеликими діаметрами. Для зварювання труб традиційно використовують метод ручного дугового зварювання та автоматичного зварювання в захисному середовищі. При виконанні цих робіт потрібні кваліфіковані зварювальники. Наприклад, при будівництві сучасної теплиці на 10 га потрібно до 8 кваліфікованих зварювальників. Один зварювальник за 8-годинний робочий день виконує 70—75 зварних з'єднань труб діаметром від 38 до 57 мм з товщиною стінки до 4 мм. Процес будівництва сучасної теплиці потребує вискоєфективних методів автоматичного зварювання, які дозволяють отримувати стабільні і надійні зварні з'єднання. В Інституті електрозварювання (ІЕЗ) ім. Є.О.Патона НАНУ впродовж довгого часу проводяться наукові роботи по розробці автоматизованих процесів зварювання. Один із розроблених процесів є пресове зварювання дугою, кероване магнітним полем (ПЗМД).

Електрична дуга під дією магнітного поля пересувається в зазорі між торцями зварюваних деталей. Висока швидкість пересування дуги (до 280 м/с) дає можливість отримувати рівномірне нагрівання торців деталей по всій

зварюваній поверхні. Зварне з'єднання формується в результаті пластичної деформації торців деталей.

Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона має патенти і публікації в області ПЗМД [1—7]. Розроблені в інституті технології та стаціонарне устаткування підтвердили переваги методу ПЗМД. Дослідження по розробці технології та промислового інструмента для пресового зварювання з нагріванням деталей дугою, кероване магнітним полем у монтажних умовах, є досить актуальними.

На початку виконання науково-технічного проекту необхідно було проаналізувати існуючі схеми ПЗМД з метою створення мобільної машини вагою до 80 кг для пресового зварювання труб малого діаметра.

Існує декілька принципово різних схем зварювання дугою, кероване магнітним полем, але найбільш поширеним є спосіб пресового зварювання (рис. 1). У цьому випадку зварювані деталі (напр., труби) та магнітні системи розташовані на одній осі. Магнітні системи створюють магнітні потоки, які спрямовані назустріч один одному. В зазорі між торцями труб створюється радіальна складова індукції керуючого магнітного поля. Дугу збуджують між кромками труб.

Вісь дуги (а як наслідок, і струм дуги) мають один напрямок з віссю труб. Взаємодія ак-

сіального струму дуги  $\vec{I}_a$  з радіальною складовою індукції  $\vec{B}_p$  магнітного поля створює силу  $\vec{F}$ , яка пересуває дугу:

$$\vec{F} = k \cdot \vec{I}_a \times \vec{B}_p, \quad (1)$$

де  $k$  — коефіцієнт, який залежить від багатьох факторів, у тому числі від розміру зазору між трубами.

Електрична дуга, пересуваючись з високою швидкістю по торцях деталей, що зварюються, прогріває їх на необхідну глибину. Формування з'єднань відбувається при стисненні та спільній пластичній деформації торців деталей, що зварюються.

За результатами проведених наукових досліджень була виготовлена мобільна машина ПЗМД труб широкого сортаменту в монтажних умовах та на виробництві. Основні технічні характеристики установки наведені в табл. 1.

Процес ПЗМД на установці МДВ1 (рис. 2), яка складається з машини, зварювального випрямляча постійного току та шафи керування, виконується таким чином (рис. 3). Труби міцно затискуються механічними приводами машини. Постійні магніти створюють магнітні потоки, які спрямовані назустріч один одному, внаслідок чого в зазорі між трубами створюється радіальна складова індукції магнітного поля. Дугу збуджують між кромками труб (рис. 4), в результаті вісь зварювального струму (вісь і струм дуги) має один напрямок з віссю труб. Взаємодія аксіального струму дуги з радіальною складовою індукції магнітного поля створює силу, яка пересуває дугу. Процес зварювання виконується шляхом нагрівання торців труб до стану пластичної деформації. Після нагрівання виконується осадка. Після завершення зварювання (рис. 5) труби виймаються із затискних пристроїв машини. Машина повертається в положення початку наступного зварювання.

На основі проведених випробувань зварних з'єднань встановлені механічні властивості (див. табл. 2). Випробування показали, що зварювання з нагріванням дугою, що пересувається

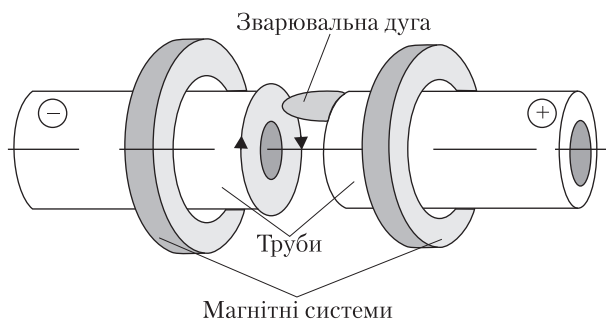


Рис. 1. Схема процесу ПЗМД труб

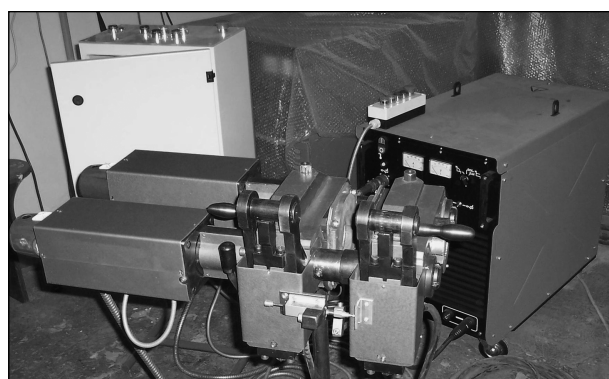


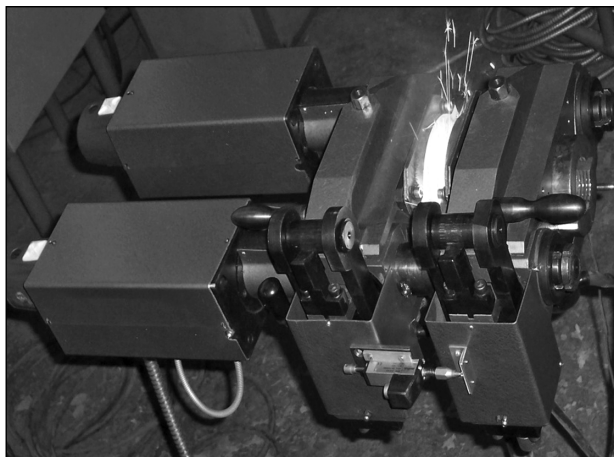
Рис. 2. Установка МДВ1 для пресового зварювання труб

Таблиця 1

| Найменування                                                                 | Значення        |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Максимальна площа поперечного перерізу труби, що зварюється, мм <sup>2</sup> | 750             |
| Максимальний зовнішній діаметр труби, що зварюється, мм                      | 64              |
| Зусилля осадки максимальне, кН (кГс)                                         | 60 (6000)       |
| Зусилля затискання максимальне, кН (кГс)                                     | 120 (12000)     |
| Продуктивність при зварюванні, стиків у годину                               | 100             |
| Напруга мережі живлення, В                                                   | 380             |
| Частота мережі живлення, Гц                                                  | 50              |
| Потужність, кВа                                                              | 50              |
| Маса установки; ВДУ; шафи, відповідно, кг                                    | 80; 280; 15     |
| Габаритні розміри, мм                                                        | 793 × 366 × 290 |



**Рис. 3.** Установка труб у затискні пристрої зварювальної машини



**Рис. 4.** Процес пресового зварювання труб діаметром  $51 \times 4$  мм дугою, керованою магнітним полем, на машині МДВ1

у магнітному полі, забезпечує отримання якісних зварних з'єднань, які за міцністю і пластичністю відповідають вимогам діючих технічних умов.

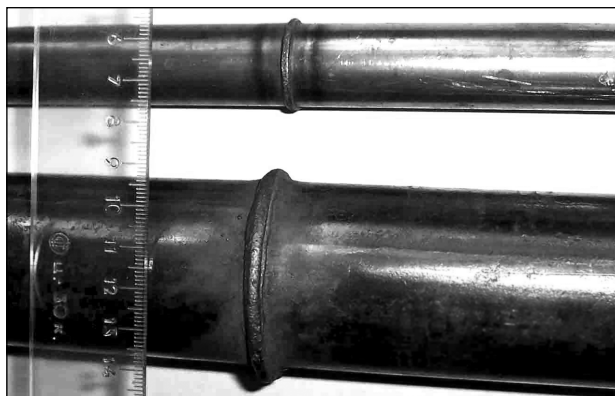
На рис. 6 представлені результати випробувань на згин планок, вирізаних із зварного з'єднання труб діаметром  $42 \times 4$  мм, та після випробувань на розрив труби діаметром  $51 \times 3,5$  мм (рис. 7).

Розроблений процес зварювання дасть можливість створювати з'єднання з мінімально можливим внутрішнім підсиленням після виконання осадки (рис. 8). Геометричні розміри підсилення швів (після зварювання) мають значення, які не перевищують встановлені по діючому БНіП III.42-80. Це дало можливість виключити трудомістку операцію зняття внутрішнього підсилення зварених швів. Керування процесом зварювання здійснюється автоматично в момент досягнення торцями деталей необхідної температури, що значно підвищує стабільність якості зварних з'єднань, виключає вплив коливань живильної електромережі, які викликають значні відхилення параметрів режиму зварювання.

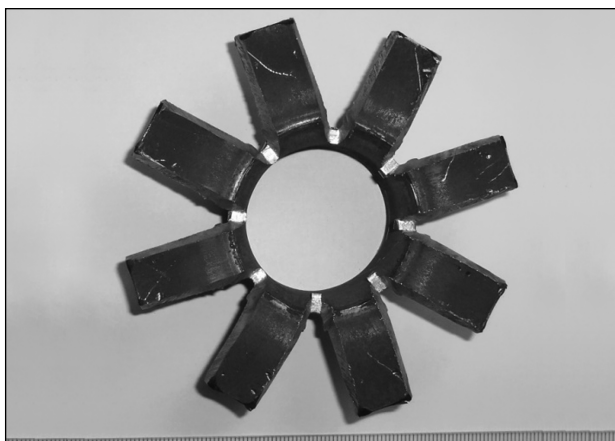
Процес ПЗМД дасть можливість за допомогою виготовленого мобільного устаткування якісно та швидко виконувати роботи по зварюванню труб. Процес зварювання виконується без додаткових зварювальних матеріалів, води для охолодження та захисного газу. Час зварювання відносно дуже малий (напр., час зварювання труби діаметром  $51 \times 2$  мм складає 7 с).

Таблиця 2

| Марка сталі | Розмір труб, мм | $\sigma_B$ , МПа |                  | КСВ, Дж/см <sup>2</sup> |                  |
|-------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
|             |                 | Основний метал   | Зварне з'єднання | Основний метал          | Зварне з'єднання |
| Сталь 20    | $32 \times 5$   | 488...509<br>502 | 478...501<br>490 | 94...100<br>98          | 88...94<br>90    |
| Сталь 20    | $51 \times 4$   | 488...509<br>502 | 476...499<br>488 | 92...100<br>97          | 86...94<br>90    |
| Сталь 20    | $57 \times 3$   | 485...505<br>496 | 474...498<br>486 | 90...100<br>95          | 84...92<br>88    |
| Сталь 35    | $51 \times 4$   | 538...565<br>551 | 528...554<br>541 | 56...64<br>60           | 52...96<br>70    |



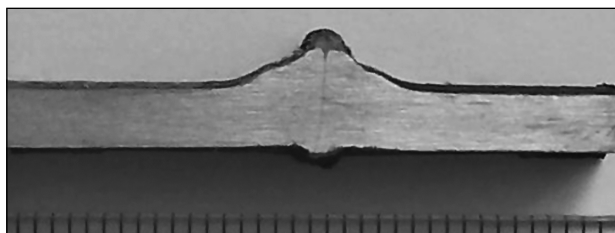
**Рис. 5.** Зразки зварних з'єднань труб діаметром 22 мм та 51 мм, виконаних методом ПЗМД



**Рис. 6.** Результати випробувань на згин зварних з'єднань труб діаметром 42 × 4 мм



**Рис. 7.** Зварне з'єднання труби діаметром 51 × 3,5 мм після випробувань на розрив



**Рис. 8.** Макрошліф зварного з'єднання труби діаметром 51 × 3,5 мм

Розроблена технологія ПЗМД дасть можливість значно підвищити продуктивність праці і створювати високоякісні зварні з'єднання в різних умовах виробництва. Застосування нової технології та обладнання при будівництві 1 га теплиць дозволяє підняти продуктивність праці в 5,3 рази, зекономити 2000 кг електродів, знизити витрати електроенергії на 5,2 тис. кВт/год та значно покращити умови праці.

Створений тип зварювальної установки МДВ1 забезпечить зварювання труб діаметром до 60 мм як у польових, так і в стаціонарних умовах в діапазоні температури навколишнього середовища  $-20 \div +40$  °С. На базі даної установки може бути створений мобільний зварювальний комплекс. Такий комплекс буде мати високу мобільність та хороші маневрові можливості і дозволить виконувати зварювання і монтаж трубопроводів на висоті до 5 м.

Розроблена мобільна установка для ПЗМД може бути впроваджена на об'єктах будівництва, агропромислового комплексу та промисловості при зварюванні труб. Створений комплекс мобільного устаткування, принципово нова технологія автоматичного пресового зварювання з використанням ударної технології виконання осадки за показниками продуктивності та якості відповідає світовим стандартам, а за деякими показниками і перевищує їх. Устаткування здатне забезпечити високі темпи зварювання неповоротних стиків труб з малим діаметром та трубопроводів в різних географічних і кліматичних умовах.

## ВИСНОВКИ

1. Виготовлена та проведена наладка дослідного зразка зварювальної мобільної машини для ПЗМД.
2. Розроблена технологія зварювання труб діаметром 20÷60 мм в монтажних умовах.
3. Проведено необхідні механічні випробування зразків труб з невеликим діаметром з метою визначення якості зварних з'єднань на рівні основного металу.

Розроблений процес ПЗМД дає можливість за допомогою виготовленого мобільного устаткування якісно та швидко виконувати роботи по зварюванню труб діаметром до 60 мм. За методом ПЗМД можна виконувати до 450 зварних з'єднань труб довжиною до 10 м за 7 годин в польових умовах. При цьому розроблена технологія зварювання та устаткування дасть змогу виконувати процес зварки без додаткових зварювальних матеріалів, води для охолодження та захисного газу.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Кучук-Яценко С.И., Качинский В.С. и др.* Прессовая сварка магнитоуправляемой дугой (ПСМД) труб из стали Х70 // Автоматическая сварка. — 2010. — № 7. — С. 33—35.
2. *Патент №89405* від 25.01.2010 р., Україна. Машина для стикового зварювання труб / Кучук-Яценко С.И., Качинский В.С. та ін.
3. *Патент №2003054687* від 23.05.2003 р., Україна. Машина для пресового зварювання з нагріванням дугою, керованою магнітним полем / Кучук-Яценко С.И., Качинский В.С. та ін.
4. *Патент №2003043513* від 18.04.2003 р., Україна. Машина для пресового зварювання з нагріванням дугою, керованою магнітним полем / Кучук-Яценко С.И., Качинский В.С. та ін.
5. *Кучук-Яценко С.И., Качинский В.С. и др.* Прессовая сварка толстостенных труб с нагревом дугой, управляемой магнитным полем // Автоматическая сварка. — 2002. — № 7. — С. 28—34.
6. *Кучук-Яценко С.И., Качинский В.С. и др.* Прессовая сварка с нагревом дугой, управляемой магнитным полем промышленных трубопроводов // Сварщик. — 2000. — № 6.
7. *Качинский В.С., Игнатенко В.Ю. и др.* Прессовая сварка с нагревом дугой, управляемой магнитным полем трубчатых деталей // Автоматическая сварка. — 1997. — № 7. — С. 39—41.

Стаття надійшла до редакції 12.05.11