

Володимир ЧЕПУРНИЙ,

старш. викладач

ORCID: 0000-0003-4633-8966

Наталія ЧЕПУРНА,

канд. техн. наук, доцент

ORCID: 0000-0001-8044-7563

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ПРОГРЕСИВНИЙ МЕТОД ЗВАРЮВАННЯ НЕПОВОРОТНИХ СТИКІВ СТАЛЕВИХ ТРУБ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ЗИМОВИХ ТЕПЛИЦЬ

У статті дано конструктивно-технологічні рішення систем опалення зимових теплиць. Представлено загальні трудовитрати монтажу систем опалення при будівництві тепличних комбінатів.

Проведено аналіз використання традиційних методів зварювання сталевих труб та визначено позитивні та негативні аспекти їх використання. Представлено технологічні особливості та режими зварювання традиційних способів з'єднання труб систем опалення теплиць. Наведено дані про основні необхідні зварювальні матеріали та обладнання. Відзначена висока матеріалосмність і трудомісткість, невисока продуктивність та залежність якості зварювальних робіт від рівня кваліфікації складу виконавців, що впливає на довгостроковість безпечної експлуатації систем опалення теплиць.

Розглянуто питання скорочення термінів будівництва тепличних комбінатів шляхом впровадження прогресивного методу зварювання сталевих труб при проведенні зварюально-монтажних робіт систем опалення теплиць. Рекомендовано використання автоматичного зварювання труб магнітокерованою дугою. Розробкою даної технології та зварюального обладнання займаються вчені Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона (м. Київ).

Представлено зразки розроблених зварювальних установок і детально описано сутність та технічні показники процесу автоматичного зварювання магнітокерованою дугою сталевих труб. Розглянуто технологічні аспекти забезпечення якості зварних з'єднань при автоматичному зварюванні магнітокерованою дугою та технологічні особливості режиму зварювання стиків труб систем опалення теплиць. Технологія зварювання магнітокерованою дугою має великий потенціал для модернізації зварювання сталевих труб, пропонуючи високу ефективність, якість та економічність порівняно з традиційними методами зварювання. Створення на базі даних зварювальних установок мобільних зварювальних комплексів та впровадження їх в будівництво тепличних комбінатів дозволяє покращити якість виконання зварюально-монтажних робіт, скоротити терміни вводу в експлуатацію систем опалення теплиць, а також раціональне використання трудових і економія матеріальних затрат.

Описані тенденції та напрямки подальшого впровадження сучасного вітчизняного зварюального обладнання та прогресивних технологій зварювання трубних систем опалення при будівництві теплиць та тепличних комбінатів.

Ключові слова: *тепличні комбінати, система опалення, методи зварювання труб, магнітокерована дуга*

Вступ. Однією з актуальних задач аграрної політики України є збільшення виробництва, розширення асортименту та підвищення якості овочевих і зелених культур в зимово – весняний період. Зниження вартості вирощування сільськогосподарської продукції в закритому ґрунті потребує зниження вартості та скорочення строків будівництва тепличних комбінатів.

Мета даної роботи – аналіз методів зварювання сталевих труб систем опалення зимових теплиць, з метою впровадження прогресивних технологій з використанням сучасного вітчизняного зварювального обладнання, яке забезпечить якість зварних стиків, скоротить терміни та підвищить продуктивність праці зварників.

Питаннями технології зварювання сталевих трубопроводів малих діаметрів та пошуку ефективних технологічних рішень для їх використання в теплицебудуванні займалися вітчизняні вчені: С.І. Кучук-Яценко, В.С. Качинський, В.Ю. Ігнатенко, П.В. Кузнецов. Створили технології та обладнання для пресового зварювання магнітокерованою дугою трубопроводів різного призначення в монтажних та стаціонарних умовах виконання робіт.

Актуальність проблеми. Збільшення експлуатаційного ресурсу трубопроводів систем опалення теплиць безпосередньо пов'язане з подальшим підвищенням якості зварних з'єднань за високої продуктивності зварювання. Одним зі шляхів розв'язання вказаних задач є використання прогресивних методів зварювання сталевих труб.

Основна частина. Зимові скляні теплиці – складна інженерна споруда з великою кількістю інженерних систем, які забезпечують необхідні режими вирощування сільськогосподарської продукції. Одною з основних інженерних систем теплиці є система опалення.

Опалення зимових теплиць виконується в вигляді реєстрів з гладких сталевих труб діаметром 32 – 60 мм з товщиною стінок 2 – 3 мм і містить наступні системи обігріву: нижній, верхній, підлотковий, зональний, боковий та торцевий. Загальна кількість труб системи опалення тепличного комбінату площею 6 гектарів складає 180000 – 240000 погонних метрів залежно від робочого проекту зимових теплиць. При монтажі труб нижнього обігріву необхідно зварити 8448 – 11700 стиків, верхнього 8760 – 12180 стиків, підлоткового 2208 – 3048 стиків труб діаметром 51 мм, зонального 4224 – 5844 стиків труб діаметром 32 мм, бокового та торцевого 852 – 1176 стиків труб діаметром 60 мм. Загальна кількість стиків реєстрів системи опалення складає 24528 – 33924 залежно від довжини сталевих труб, які використовуються при монтажі.

Відомо, що на зварювально-монтажні роботи систем опалення теплиць припадає до 25% загальних трудовитрат будівництва теплиць і значна частка загального терміну будівництва. Якість виконання зварювально - монтажних робіт залежить від своєчасної підготовки виробництва. А також важливим являється дотримання технічних умов і правил виконання зварювально-монтажних робіт [1].

При влаштуванні систем опалення зимових теплиць головною технологічною операцією є зварювання неповоротних стиків труб.

Труби системи опалення зимових теплиць з'єднуються в реєстри за допомогою зварювання. Традиційно для з'єднання неповоротних стиків труб систем опалення зимових теплиць у монтажних умовах найчастіше

використовують традиційні методи зварювання: ручне дугове та ручне газове зварювання.

Ручне газове зварювання системи опалення - це випробуваний спосіб з'єднання сталевих труб за допомогою полум'я газу. Використовується даний спосіб при виконанні монтажу системи опалення теплиці невеликої площі (до 0,5 га). Зварювання виконується газовим пальником з використанням витратних матеріалів: ацетилен (або пропан чи метан), кисень, зварювальний дріт та флюс (порошок або паста). Ручне газове зварювання є малопродуктивним з низькою якістю зварних з'єднань.

Найпоширенішим методом зварювання сталевих труб системи опалення теплиць є ручне дугове зварювання електродами з покриттям з основною рутилу або целюлози.

За допомогою ручної дугового зварювання можливо влаштувати систему опалення будь-яких діаметрів та конфігурації. При виконанні зварювальних робіт, в якості джерела зварювального струму, використовується зварювальне обладнання: зварювальний трансформатор, зварювальний випрямляч, зварювальний перетворювач або зварювальний інвертор. Зварювання стиків труб виконується металевими електродами з покриттям. Марка електрода підбирається залежно від матеріалу труби, а діаметр електрода – від товщини стінки труби. Залежно від діаметра електрода підбирається режим зварювання, тобто сила зварювального струму.

Якість зварних швів при ручному електродуговому зварюванні на пряму залежить від кваліфікації зварника, а тому в процесі виконання робіт потрібен систематичний контроль якості зварювального шва. Ручне дугове зварювання трудомісткий та малопродуктивний метод. Для виконання якісних зварних з'єднань труб необхідні висококваліфіковані зварники зі спеціальною підготовкою. Крім цього, під час виконання зварювання труб згаданим способом, в повітря надходить велика кількість шкідливих газів, які негативно впливають на здоров'я зварників та навколишнє середовище.

Ручне газове та електродугове зварювання покритими електродами потребують значні затрати часу на підготовчі операції, зварювання виконується на невеликих швидкостях, а відповідно з невисокою продуктивністю. Ці методи потребують значну кількість витратних зварювальних матеріалів, доставка яких на будівельний майданчик пов'язана зі значними транспортними витратами та складськими витратами, які повинні забезпечувати підтримання необхідних умов зберігання [2].

Зварювання труб визначає якість та експлуатаційну безпеку системи опалення. Саме тому при влаштуванні систем опалення теплиць існує проблема виконання зварювальних робіт з високою продуктивністю та стабільною якістю. Для вирішення даних задач необхідно впроваджувати механізоване або автоматичне зварювання труб при будівництві тепличних комбінатів, а саме при влаштуванні систем опалення теплиць.

У даний час для зварювання труб системи опалення зимових теплиць впроваджують використання прогресивних зварювальних установок пресового зварювання магнітокерованою дугою розробки Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона Академії наук України. Інститутом розроблено і впроваджено в виробництво декілька поколінь зварювальних установок типу ОБ-2398, МД-1,

“Бігуща дуга-1” МД101, МД103. У комплект даних зварювальних установок входять: джерело зварювального струму, зварювальна машина, шафа з мікропроцесором, пульт управління [3-4].



Рис. 1. Установка МД101: 1 – зварювальна машина; 2 – шафа з мікропроцесором; 3 – пульт управління



Рис. 2. Установка МД103: 1 – зварювальна машина; 2 – шафа з мікропроцесором; 3 – насосна гідравлічна станція.

Процес зварювання зварювальними установками виконується без використання витратних матеріалів (електродів, зварювального дроту, захисних газів), а сталеві труби (ДСТУ 8943:2019) перед зварюванням не потребують додаткової обробки торців.

Сутність процесу зварювання полягає в тому, що внаслідок взаємодії радіальної складової постійного магнітного поля та електричної дуги, між кромками труб електрична дуга приводиться в обертання зі швидкістю 160 м/сек. Під час обертання дуга нагріває кромки труб, які по закінченню нагрівання стискаються механічним способом з зусиллям 0,2 – 0,55 МПа і утворюють високоякісний зварний шов. Процес зварювання проходить в автоматичному режимі відповідно до заданих параметрів зварювання, а тому людський фактор не впливає на якість зварних стиків, як це відбувається при ручному електродуговому зварюванні. Час зварювання труб діаметром 32 – 60 мм з товщиною стінки труби 2 – 3 мм складає 5 – 17 секунд [5 - 8].

Процес зварювання автоматизований і не вимагає втручання зварника – оператора. Система автоматичного управління установки керує зварювальним процесом, контролює якість зварних стиків труб та забезпечує в процесі зварювання неперервну фіксацію основних параметрів процесу.

Перевагами даного методу є висока продуктивність, зниження споживання електроенергії, висока міцність та пластичність зварних з'єднань. При використанні пресового зварювання магнітокерованою дугою немає необхідності в застосуванні зварювальних матеріалів і захисних газів. Розміри внутрішнього та зовнішнього грата незначні і не перевищують значень діючих норм на зварні стики трубопроводів, а механічні властивості зварних з'єднань повністю задовольняють вимогам вітчизняних та міжнародних нормативних документів [9 – 13].

Для більш ефективного використання зварювальних установок під час виконання зварюально-монтажних робіт при влаштуванні систем опалення теплиць весь комплект обладнання монтується на мобільне шасі (платформу) та створюється мобільний зварювальний комплекс (МЗК).

В залежності умов виконання та обсяг зварювальних робіт МЗК створюють на базі автомобіля, трактора або навантажувача, а тому комплекс має високу мобільність на будівельному майданчику при виконанні зварювальних робіт, а також при передислокації об'єктом на об'єкт. Для виконання додаткових операцій МЗК комплектується механізмами подачі труб в зону монтажу та обрізання труб [14].

Висновки. Заміна традиційних методів зварювання на прогресивне автоматичне пресове зварювання магнітокерованою дугою неповоротних стиків сталевих труб дозволить значно покращити умови виконання зварних робіт, покращити стан повітря в робочій зоні, зменшити потребу в висококваліфікованих зварників, підвищити продуктивність праці, забезпечити отримання якісних з'єднань за меншої енергоємності процесу, скоротити термін виконання монтажу систем опалення теплиць, економити матеріальні та енергетичні ресурси.

Тому у найближчій перспективі бачиться доцільним і вкрай необхідним розширення використання цього прогресивного методу зварювання при влаштуванні систем опалення теплиць.

Список літератури:

1. Чепурна Н.В., Чепурний В.В., Кириченко М.А. Енергозберігаючі системи опалення сучасних промислових теплиць. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. 2015. Вип. 7. С.314 - 319.
2. Чепурний В.В., Чепурна Н.В. Аналіз сучасних способів зварювання сталених трубопроводів малих діаметрів. *Ефективні технології в будівництві: програма та тези доповідей VI Міжнародної науково-практичної конференції (КНУБА, м. Київ, 26-27 жовтня 2021 р.)*. К.: КНУБА, 2021. С. 362-363.
3. Pat. 6.211.489 в1 United States. Method of magnetically impelled arc butt welding / S. I. Kuchuk-Yatsenko, V. S. Kachinskiy, V. Yu. Ignatenko, M. P. Koval. Date of patent 03.04.2001.
4. Kuchuk-Yatsenko S.I., Kachinsky V.S., Ignatenko V.Yu. MIAB welding of solid parts. *The Paton Welding Journal*, 2005, 8, 31-33.
5. Kuchuk-Yatsenko S.I., Kachinsky V.S., Ignatenko V.Yu., Goncharenko E.I., Koval M.P. Magnetically-impelled arc butt welding of parts of automobile range of products. *The Paton Welding Journal*, 2010, 6, 28-31.
6. Kachinskiy V.S., Kuchuk-Yatsenko S.I., Ignatenko V.Yu., Koval, M.P. Magnetically-impelled arc butt welding of pipes of steel X70. *Australasion welding journal*, 2010, Vol. 55, 20–22.
7. Kachinskiy V.S., Kuchuk-Yatsenko S.I., Ignatenko V.Yu. Magnetically-impelled arc butt welding of automobile parts. *Australasion welding journal*. 2010, Vol. 55, 40–48.
8. Kachinsky V.S., Kuchuk-Yatsenko S.I. Joint formation in magnetically-impelled arc butt welding of thick-walled pipes from high-strength steels. *The Paton Welding Journal*. 2017, 8, 39-45. URL: <http://jnas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0001538683>
9. Kachinsky V.S., Kuchuk-Yatsenko S.I., Koval M.P., Goncharenko E.I. Technology and equipment for press magnetically-impelled arc welding of position joints of small-diameter pipes in site and stationary conditions. *The Paton welding journal*, 2016, 5-6, 29-34.
10. Kachynskiy V.S., Kuchuk-Yatsenko S.I., Koval M.P. Press magnetically-impelled arc welding of high-strength steel tubular parts of hydraulic cylinders. *The Paton Welding Journal*. 2020. № 1, 43-48. <https://doi.org/10.37434/tpwj2020.01.06>
11. Чепурний В.В., Чепурна Н.В. Підвищення ефективності монтажу сталевих технологічних трубопроводів малих діаметрів. *Ефективні технології в будівництві: програма та тези доповідей III Міжнародної науково-технічної конференції (КНУБА, м. Київ, 28 – 29 березня 2018 р.)*. К, 2018. С. 71-72.

Volodymyr CHEPURNYI, Nataliia CHEPURNА

Progressive method of welding irreversible joints of steel pipes of winter greenhouse heating systems

The article presents design and technological solutions for heating systems in winter greenhouses. It describes the total labour costs of installing heating systems during the construction of greenhouse complexes.

An analysis of the use of traditional methods of welding steel pipes is carried out, and the positive and negative aspects of their use are identified. The technological features and welding modes of traditional methods of connecting pipes in greenhouse

heating systems are presented. Data on the main necessary welding materials and equipment are provided. High material consumption and labour intensity, low productivity and the dependence of the quality of welding work on the level of qualification of the performers are noted, which affects the long-term safe operation of greenhouse heating systems.

The issue of reducing the construction time of greenhouse complexes by introducing a progressive method of welding steel pipes during welding and installation works on greenhouse heating systems is considered. The use of automatic pipe welding with a magnetically controlled arc is recommended. Scientists at the E.O. Paton Electric Welding Institute (Kyiv) are engaged in the development of this technology and welding equipment.

Samples of developed welding installations are presented and the essence and technical indicators of the process of automatic magnetically controlled arc welding of steel pipes are described in detail. The technological aspects of ensuring the quality of welded joints during automatic magnetically controlled arc welding and the technological features of the welding mode for joints of greenhouse heating system pipes are considered. Magnetically controlled arc welding technology has great potential for modernising the welding of steel pipes, offering high efficiency, quality and cost-effectiveness compared to traditional welding methods. The creation of mobile welding complexes based on welding equipment and their introduction into the construction of greenhouse complexes allows for improving the quality of welding and installation work, reducing the time required to commission greenhouse heating systems, as well as the rational use of labour and savings in material costs.

The trends and directions for the further implementation of modern domestic welding equipment and progressive technologies for welding pipe heating systems in the construction of greenhouses and greenhouse complexes are described.

Keywords: *greenhouse plants, heating system, pipe welding methods, magnetically controlled arc.*