структури . Проведені раніше експерименти показали значне зниження розмірів пор і їх більш рівномірне розташування в об'ємі металу зварних швів, зменшення параметра кристалічної ґратки.

Отримані експериментальні дані показали, що при підводному зварюванні порошковим дротом з (ЗЕВ) в установленому діапазоні вміст водню в наплавленому металі знижується в 2,5 рази, а максимальний розмір пор зменшаються в 5...15 разів. Шо сприяє покращенню якості зварювання під водою міцністі та тріщиностійкісті. [6-8].

Список посилань

1. Рижов Р. М., Кузнецов В. Д. Магнітне керування якістю зварних з'єднань. — К.: Екотехнологія, 2010. — 287 с.

2. Рыжов Р. Н., Максимов С. Ю., Прилипко Е. А. Влияние внешних электромагнитных воздействий на пористость швов при подводной мокрой сварке // Вест. НТУУ «КПИ». – 2006. – № 48. – С. 226 –229.

3. Andres U. Ts. Measurements of the ejecting electromagnetic force in a conducting liquid // Izmeritel'naya Tekhnika. – 1963. – № 5. – P. 29–31.

4. Kolin A. An electromagnetokinetic phenomenon involving migration of neutral particles // Science. – 1953. – 117. – P. 134–137.

5. Горобец О. Ю., Максимов С. Ю., Прилипко Е. А. Анализ гидродинамических процессов при сварке под водой с электромагнитным воздействием // Сб. тр. 4 междун. конф. «Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах» (27–30 мая 2008 г., пос. Кацивели, Крым): Киев, 2008. – С. 9–12.

6. Применение внешних электромагнитных воздействий для улучшения механических свойств швов при подводной мокрой сварке / Р. Н. Рыжов, В. А. Кожухарь, С. Ю. Максимов, Е. А. Прилипко // Автомат. сварка. – 2004. – № 11. – С. 53–54.

7. Влияние внешнего электромагнитного воздействия на содержание водорода при мокрой подводной сварке / С.Ю.Максимов, Р.Н.Рыжов, Е.А.Прилипко, В.А. Кожухарь // Автоматическая сварка. – 2003. – №6. – С. 55-56.

8. Влияние внешних электромагнитных воздействий на микроструктуру и химический состав швов при подводной мокрой сварке / С.Ю.Максимов, Р.Н.Рыжов, Е.А.Прилипко // Автоматическая сварка. – 2005. – №11. – С.41-42.

УДК 621.791.725

Юрченко Ю.В., аспірант, пров. інженер
yurchenko@paton.kiev.ua
Сіора О.В., наук. співробітник
siora@paton.kiev.ua
Соколовський М.В., аспірант, пров. інж.
m_sokolovskyi@paton.kiev.ua
Курило В.А., зав. групи
vladkurilo@ukr.net
Бернацький А.В., канд. техн. наук, с.д., зав. відділу
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, bernatskyi@paton.kiev.ua

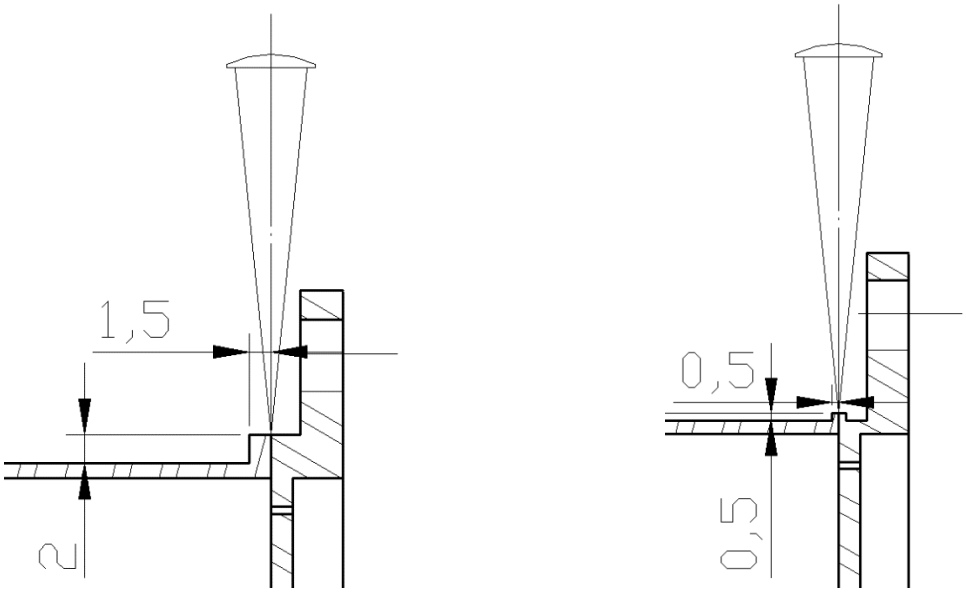
ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРІЇ ЗВАРЮВАНИХ КРАЙОК ТОНКОСТІННОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ДЕТАЛІ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Тонкостінні деталі з кільцевими зварними з'єднаннями широко застосовуються в авіаційній, космічній, енергетичній, харчовій, хімічній та медичній галузях [1]. Через високі вимоги до герметичності та міцності таких виробів особливо важливо забезпечити якість зварних з'єднань. Одним із найбільш використовуваних матеріалів для таких деталей є корозійностійка сталь AISI 304, яка поєднує хорошу зварюваність, стійкість до агресивних середовищ та стабільні механічні властивості в широкому діапазоні температур. У

промисловості України для з'єднання циліндричних тонкостінних деталей переважно використовуються TIG-, плазмове та електронно-променеве зварювання [2]. Водночас кожен із цих методів має певні технологічні обмеження. Натомість лазерне зварювання демонструє високий потенціал завдяки мінімальній зоні термічного впливу, низькому рівню залишкових деформацій і можливості автоматизації без використання вакуумних камер, як під час електронно-променевому зварюванні. Проте при реалізації лазерного та електронно-променевого зварювання виникають труднощі, пов'язані з малою товщиною стінок та обмеженим об'ємом зони переплавленого металу. Це може спричинити дефекти такі як прожоги, непровари і пори, що знижують надійність зварних з'єднань. Особливої уваги потребує питання конструкції зварного з'єднання, яка здатна забезпечити якісне зварне з'єднання. З огляду на зазначене, актуальним є дослідження впливу геометрії зварюваних крайок на якість з'єднання. Метою даної роботи стало визначення оптимальних конструктивних рішень стиків для лазерного зварювання тонкостінних циліндричних деталей з корозійностійкої сталі.

Для лазерного зварювання кільцевих з'єднань тонкостінних деталей використовувалось прецизійне технологічне оснащення у вигляді обертача з високою точністю позиціювання. Зварювання виконувалося в імпульсному режимі з частотою 1000 Гц і максимальною потужністю лазерного випромінювання 200 Вт. Як захисне середовище зони зварювання використовувався високочистий аргон з витратою 12 л/хв. Для запобігання утворенню кратерів на початку та в кінці зварного з'єднання застосовувався метод поступового нарощування та зниження потужності випромінювання на початку та в кінці процесу зварювання відповідно. Увесь процес проводився безперервно, без зупинок між командами програми. Об'єктом дослідження був корпус датчика, виготовлений із корозійностійкої сталі AISI 304.

У якості першої конструктивної схеми зварного з'єднання була обрана конфігурація типу «кришка з відбортовкою», де відбортовка формувалася безпосередньо на кришці деталі датчика (рис. 1, а).



а) б)

Рис. 1 – Схеми зварюваних крайок а) «кришка з відбортовкою» і б) «кришка та фланець з відбортовками» корпуса датчика

Після проведення зварювання було зафіксовано розгерметизацію в зоні встановлення контактів датчиків у фланці. Причиною став локальний перегрів, зумовлений надмірним об'ємом переплавленого металу в зоні зварного з'єднання. Для усунення цього недоліку

було прийнято рішення змінити геометрію зварюваних крайок та забезпечити додаткове охолодження корпусу зі сторони місця кріплення контактів.

У наступному варіанті конструкції з'єднання відбортовки формувалися як на кришці, так і на фланці, при цьому їх геометрія була обрана у вигляді виносних відбортовок розміром 0,5×0,5 мм (Рис. 1,б). Для захисту місця кріплення контактів датчиків від термічного впливу застосовано алюмінієву проставку з термопастою, що притискалась з боку фланця. З метою зниження тертя при обертанні під час зварювання між проставкою та задньою бабкою встановлювалася металева кулька у спеціальну виїмку.

У результаті проведеного лазерного зварювання вдалося сформувати якісне та герметичне зварне з'єднання без проявів локального перегріву навколишнього металу та зони кріплення датчиків у фланці. Отримані результати підтвердили ефективність обраної конструктивної схеми крайок зварного з'єднання, а також доцільність застосованих технологічних заходів, зокрема оптимізації геометрії зварюваних крайок і впровадження додаткового охолодження. Таким чином, прийняті рішення є технічно обґрунтованими та можуть бути рекомендовані для використання у виготовленні аналогічних прецизійних зварних деталей.

Список посилань

1. McNair S. A. M., et al. Manufacturing technologies and joining methods of metallic thin-walled pipes for use in high pressure cooling systems / McNair S. A. M., et al. // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2021. – Vol. 118, No 3–4. –P. 667–681. – Mode of access: https://doi.org/10.1007/s00170-021-07982-8 (date of access: 07.05.2025)

2. Б. Є. Патон. Сучасні дослідження та розробки ІЕЗ ім. Є. О. Патона в галузі зварювання та споріднених технологій / Б. Є. Патон. // Современная электрометаллургия. – 2018. – Т. 4, Вип. 133. – С. 5–18. – Режим доступу: http://dx.doi.org/10.15407/as2018.11-12.01 (дата звернення: 07.05.2025)

УДК 621.791.75; 621.791.947.5

Шваб С.Л., канд. техн. наук, ст. досл.
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, serg.schwab@gmail.com
Ворон М.М., канд. техн. наук, ст. досл.
ФТІМС НАН України, mykhailo.m.voron@gmail.com

МЕТАЛОПОРОШКОВІ ДРОТИ НА ОСНОВІ ТИТАНУ, ЯК ПРИСАДНИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Актуальність застосування металопорошкових дротів на основі титану для адитивних технологій обумовлена потребою в ефективному виробництві складних високонавантажених конструкцій з оптимізованими характеристиками. Титан та його сплави знаходять широке застосування в авіаційній, космічній, медичній та енергетичній галузях завдяки поєднанню високої питомої міцності, корозійної стійкості та біосумісності. Використання металопорошкових дротів як сировини в адитивному виробництві, зокрема у технологіях спрямованої енергетичної дії (DED) та дугового адитивного виготовлення (WAAM), забезпечує високу продуктивність процесу, зменшення відходів матеріалу, а також дає змогу виготовляти великогабаритні деталі зі складною геометрією. Крім того, така форма подачі матеріалу дозволяє краще контролювати хімічний склад та структуру відновленого металу, що є критично важливим для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик виробів з титану. З огляду на інтенсифікацію розвитку адитивних технологій, розширення номенклатури металопорошкових дротів на основі титану є одним з ключових напрямів сучасного матеріалознавства та інженерії.

Раніше [1] були розроблені металопорошкові дроти на основі високоміцних титанових сплавів. Запропонований дріт ППТ-22 в комплексі з термічною обробкою дає можливість отримати рівноміцне зварне з'єднання з двофазного сплаву системи Ti-5Al-5Mo-5V-1Fe-1Cr.