

**Юрченко Ю. В., Сіора О. В., Курило В. А., Соколовський М. В.,
Гардер Д. А., Лукашенко В. А., Фролов М. О, Бернацький А. В.
(ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України, Київ)**

**РОЗРОБКА ДОПОМІЖНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ТА
ВІДПРАЦЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ
ТОНКОСТІННИХ З'ЄДНАНЬ З КОРОЗІЙНОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ**

E-mail: yuriyyurchenko14@gmail.com

Лазерне зварювання сьогодні розглядається як один із ключових напрямів розвитку сучасних технологій з'єднання матеріалів. Воно поєднує високу точність та швидкість процесу з мінімальним тепловим впливом на зону зварювання, що забезпечує високу якість зварного з'єднання, мінімальну зону термічного впливу та мінімальні деформації деталей. Завдяки цьому дана технологія отримала широке поширення у високотехнологічних сферах, де до зварних з'єднань висуваються підвищені вимоги щодо міцності, герметичності та довговічності. Серед таких сфер – атомна енергетика, авіабудування, автомобілебудування, космічна галузь, суднобудування та інші напрямки сучасного машинобудування [1].

Особливий інтерес викликає застосування лазерного зварювання при роботі з тонколистовими корозійностійкими сталями, адже такі матеріали широко використовуються у конструкціях, де важливе поєднання малої ваги та високої міцності. Підвищений попит на легкі й водночас надійні вироби зумовлює необхідність забезпечення стабільної якості зварних з'єднань при мінімальних деформаціях і залишкових напруженнях. Це робить дослідження процесів зварювання тонкостінних деталей особливо актуальними для сучасного машинобудування та приладобудування.

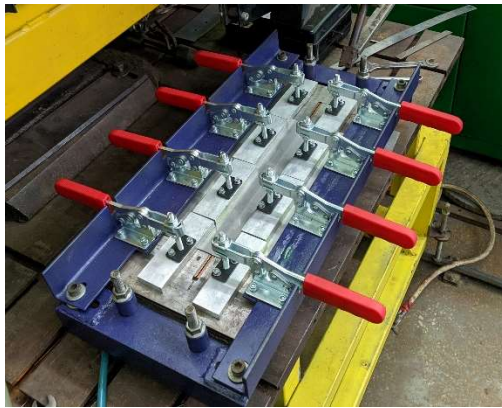
Попри очевидні переваги, застосування лазерного зварювання тонкостінних деталей супроводжується низкою специфічних технологічних труднощів. На основі аналізу наукових джерел і практичного досвіду авторів [2] було визначено найбільш характерні проблеми лазерного зварювання тонкостінних деталей, що потребують вирішення:

1. *Стикування зварюваних крайок.* Недостатнє прилягання або наявність зазорів між зварюваними поверхнями може призвести до несплавлення, дефектів зварного з'єднання та зниження його міцності.
2. *Затискання деталей.* Під час затискання зварюваних деталей, велика ймовірність утворення вигину по центру плоскої деталі, через це можливе нестикування зварюваних кромок і утворення несплавлень.
3. *Тепловідведення.* Через малу товщину матеріалу надлишкове тепловкладення може викликати локальні перегріву, прожоги, залишкові напруження та деформації зварної деталі.
4. *Газовий захист зони зварювання.* Неякісний газовий захист може стати причиною утворення пор, кольорів мінливості та окиснення шва, що негативно впливає на механічні властивості з'єднання.
5. *Складність формування шва на підкладці.* Для повноцінного провару необхідно забезпечити виведення лазерного випромінювання зі зворотного боку зварного з'єднання.

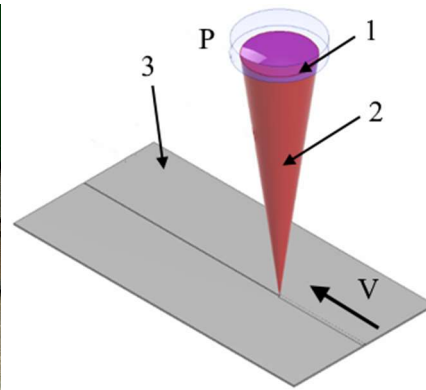
Метою даної роботи є розробка допоміжного технологічного оснащення для лазерного зварювання тонкостінних з'єднань з корозійностійкої сталі та відпрацювання технології їх зварювання.

Для вирішення вище перелічених проблем було розроблено та виготовлено допоміжне технологічне оснащення, що являє собою затискний кондуктор.

Затискний кондуктор являє собою модульну конструкцію та дозволяє зварювати деталі довжиною до 450 мм (рис. 1). Основа в якій виготовлений канал з мідними вставками, для забезпечення газового захисту зворотної сторони зварного з'єднання. Рама на якій закріплюються 8 притискачів з планками, що дозволяють індивідуально відрегулювати силу притискання для кожної зони, що в свою чергу дозволяє забезпечити рівномірне притискання зварюваних крайок на всій довжині зварюваної деталі.



а



б

1 – лінза; 2 – лазерний промінь; 3 – зварювана деталь

Рис. 1. Затискний кондуктор (а) для лазерного зварювання, схема зварювання на затискному кондукторі (б)

Для відпрацювання технології лазерного зварювання тонкостінних виробів з корозійностійких сталей був проведений багатофакторний експеримент за реплікою 2^{3-1} . Незалежними змінними обрані: потужність лазерного випромінювання, швидкість зварювання, величину розфокусування лазерного випромінювання. У якості функції відгуку було обрано площу зварного шва. Матеріал, що використовувався для відпрацювання технології було обрано корозійностійку сталь AISI 321 товщиною 1,5 мм в якій виконали провари за таблицею багатофакторного експерименту.

Для вимірювання площі зварних з'єднань було підготовано їх шліфи та досліджено на оптичному мікроскопі МБС-9 з цифровою камерою SIGETA LCMOS14000KPA зі збільшенням $\times 50$. В результаті мікроскопічних досліджень було обрано три оптимальних режими зварювання з однаковою погонною енергією.

Наступним етапом було зварювання на оптимальних режимах стикових зварних з'єднань. В якості матеріалу було обрано корозійностійку сталь AISI 304 товщиною 1,5 мм. Зварювані крайки було підготовано за допомогою фрезерувальних робіт. Зварні з'єднання були атестовані візуальним контролем на наявність дефектів згідно з ДСТУ EN ISO 13919-1:2015. Перевірялися:

несплавлення, непровар, підріз, надмірна випуклість і проплавлення, протікання металу, увігнутість кореня шва, його підріз та бризки металу. За результатами візуального та рентгенографічного контролів перерахованих дефектів не виявлено.

Таким чином розроблено та створено допоміжне технологічне оснащення для лазерного зварювання тонкостінних плоских з корозійностійких сталей. За результатами експериментів встановлено, що створене технологічне оснащення забезпечує отримання якісних бездефектних зварних з'єднань. Крім цього, було відпрацьовано технологію лазерного зварювання тонкостінних з'єднань з корозійностійких сталей та підібрано оптимальні режими зварювання.

Література

1. Б. Є. Патон. Сучасні дослідження та розробки ІЕЗ ім. Є. О. Патона в галузі зварювання та споріднених технологій / Б. Є. Патон // Современная электрометаллургия. – 2018. – 4, №133. – С. 5–18.
2. 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. – 118, № 3–4. –P. 667–681.

Ямшинський М. М., Лютий Р. В.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ)

**ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБОК КАФЕДРИ У ПРОМИСЛОВЕ
ВИРОБНИЦТВО**

E-mail: rvl2005@ukr.net

Протягом 100-річної історії кафедрою ливарного виробництва КПІ ім. Ігоря Сікорського було виконано величезний обсяг наукової роботи. Сьогодні її показниками є індекс Хірша, кількість друкованих аркушів та обсяги фінансування. Якщо ж згадати вчених, якими зараз пишається Київська політехніка, вони не мали великої кількості публікацій, але всесвітньо відомі за свої винаходи та їх суспільне значення. Достатньо навести приклади Є. О. Патона, С. П. Корольова,