

УДК 621.791.725

**Юрченко Ю. В.,**

*yuriiuurchenko14@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9253-009X, Researcher ID: NBY-2724-2025, аспірант, провідний інженер відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ*

**Сіора О. В.,**

*siora\_ov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1927-790X, Researcher ID: FYR-4062-2022, науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання імені Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ*

**Соколовський М. В.,**

*m\_sokolovskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0003-3243-5060, Researcher ID: HLH-2412-2023, молодший науковий співробітник відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ*

**Бернацький А. В.,**

*bernatskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0002-8050-5580, Researcher ID: S-7462-2019, кандидат технічних наук, старший дослідник, завідувач відділу «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії наук України, м. Київ*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗВАРЮВАННЯ НА МІКРОТВЕРДІСТЬ СТИКОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ AISI 304**

**Анотація.** Лазерне зварювання є одним із найбільш перспективних методів з'єднання корозійностійких сталей аустенітного класу, що широко застосовуються у відповідальних конструкціях сучасної промисловості. Особливу увагу при цьому приділяють забезпеченню стабільних механічних властивостей зварних з'єднань, зокрема рівномірному розподілу мікротвердості, який визначається умовами тепловкладення та кристалізації металу. Метою даної роботи є дослідження впливу параметрів лазерного зварювання на мікротвердість стикових зварних з'єднань корозійностійкої сталі AISI 304 товщиною 1,5 мм. Для цього виконано стикові з'єднання на трьох режимах лазерного зварювання з однаковою погонною енергією 60 Дж/мм та розфокусуванням лазерного випромінювання 0 мм, але з різними значеннями потужності та швидкості зварювання:  $P = 1,5 \dots 2,5 \dots 3,5$  кВт та  $V = 1,5 \dots 2,5 \dots 3,5$  м/хв. Мікротвердість визначали методом Віккерса як у поперечному перерізі зварних з'єднань так і вертикально вздовж осі шва. Встановлено, що всі досліджені зразки характеризуються дисперсною литою структурою металу шва з чітко окресленою лінією сплавлення та збереженням структури прокату в зоні термічного впливу й основному металі. Результати вимірювань показали нерівномірний розподіл мікротвердості як у поперечному, так і у вертикальному напрямках. Для всіх режимів характерне підвищення мікротвердості в металі шва порівняно з основним металом, що зумовлено швидкою кристалізацією і формуванням дрібнішої мікроструктури. Максимальні значення мікротвердості у зоні шва досягають 2540–2640 МПа залежно від режиму зварювання. Показано, що при режимі з меншою потужністю лазерного випромінювання ( $P = 1,5$  кВт) формується найбільш рівномірний розподіл мікротвердості як по ширині, так і по висоті шва. Зі збільшенням потужності до 2,5 та 3,5 кВт зростає неоднорідність розподілу мікротвердості, при цьому у зоні термічного впливу та нижній частині шва з'являються локальні ділянки її зниження, що може бути пов'язано з локальним перегріванням та уповільненим охолодженням металу. Аналіз показав, що максимальні значення мікротвердості зазвичай спостерігаються у верхній частині шва, тоді як у напрямку до кореня можливе поступове зменшення мікротвердості.

**Ключові слова:** лазерне зварювання, корозійностійкі сталі, AISI 304, тонкостінні вироби, стикові зварні з'єднання, мікротвердість.

**Yurchenko Yu. V.,**

yuriyyurchenko14@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9253-009X, Researcher ID: NBY-2724-2025,  
Post-graduate student, Lead Engineer of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and  
Laser Welding, E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

**Siora O. V.,**

siora\_ov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-1927-790X, Researcher ID: FYR-4062-2022,  
Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,  
E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

**Sokolovskiy M. V.,**

m\_sokolovskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0003-3243-5060, Researcher ID: HLH-2412-2023,  
PhD, Junior Researcher of the Department of the Specialized High-Voltage Engineering and Laser Welding,  
E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

**Bernatskiy A. V.,**

bernatskiy@paton.kiev.ua, ORCID ID: 0000-0002-8050-5580, Researcher ID: S-7462-2019,  
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of the Specialized High-Voltage  
Engineering and Laser Welding, E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences  
of Ukraine, Kyiv

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF LASER WELDING PARAMETERS ON THE MICROHARDNESS OF BUTT WELDED JOINTS OF STAINLESS STEEL AISI 304**

**Abstract.** Laser welding is one of the most promising methods for joining austenitic stainless steels, which are widely used in critical structures in modern industry. Particular attention is paid to ensuring stable mechanical properties of welded joints, in particular, uniform microhardness distribution, which is determined by the conditions of heat input and metal crystallization. The purpose of this work is to study the influence of laser welding parameters on the microhardness of butt welded joints of AISI 304 stainless steel with a thickness of 1.5 mm. For this purpose, butt joints were made in three laser welding modes with the same linear energy of 60 J/mm and laser beam defocusing of 0 mm, but with different values of power and welding speed:  $P = 1.5 \dots 2.5 \dots 3.5$  kW and  $V = 1.5 \dots 2.5 \dots 3.5$  m/min. Microhardness was determined using the Vickers method both in the cross section of welded joints and vertically along the weld axis. It was found that all the samples studied are characterized by a dispersed cast structure of the weld metal with a clearly defined fusion line and preservation of the rolled structure in the heat-affected zone and base metal. The measurement results showed an uneven distribution of microhardness in both the transverse and vertical directions. All modes are characterized by an increase in microhardness in the weld metal compared to the base metal, which is due to rapid crystallization and the formation of a finer microstructure. The maximum microhardness values in the weld zone reach 2540–2640 MPa depending on the welding mode. It has been shown that at a lower laser power ( $P = 1.5$  kW), the most uniform distribution of microhardness is formed both across the width and height of the weld. With an increase in power to 2.5 and 3.5 kW, the heterogeneity of microhardness distribution increases, with local areas of microhardness reduction appearing in the heat-affected zone and the lower part of the weld, which may be associated with local overheating and slow cooling of the metal. The analysis showed that the maximum microhardness values are usually observed in the upper part of the weld, while a gradual decrease in microhardness is possible towards the root.

**Key words:** laser welding, stainless steels, AISI 304, thin-walled products, butt welded joints, microhardness.

**JEL Classification:** L 23; O 31; O 32

**DOI:** <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2026-45-04>

**Постановка проблеми.** Зварювання є одним із ключових технологічних процесів сучасного машинобудування та металургії, що забезпечує

створення нероз'ємних з'єднань із заданими механічними, корозійними та експлуатаційними характеристиками. Воно широко застосовується

під час виготовлення відповідальних конструкцій у хімічній, енергетичній, харчовій, нафтогазовій та транспортній галузях, зокрема для виробництва, теплообмінників, резервуарів, трубопроводів, корпусів енергетичного обладнання, ємностей для харчових продуктів, нафтогазопровідної арматури, а також елементів кузовів транспортних засобів, де висувуються підвищені вимоги до надійності та довговічності зварних з'єднань [1, 2]. Особливе місце серед конструкційних матеріалів посідають корозійностійкі сталі аустенітного класу, що поєднують високу пластичність, міцність і стійкість до агресивних середовищ. Для з'єднання матеріалів застосовують різні методи зварювання, зокрема дугове зварювання, зварювання тертям з перемішуванням, TIG-зварювання, електронно-променевого, а також лазерне зварювання [3–5]. Кожен із цих методів має свої технологічні особливості та обмеження, пов'язані з тепловкладенням, формуванням структури шва і зони термічного впливу. Серед сучасних методів саме лазерне зварювання вважається одним із найбільш перспективних для з'єднання аустенітних корозійностійких сталей. Це зумовлено перевагами процесу, такими як висока густина енергії, значно менша ширина зварного шва та зони термічного впливу порівняно з іншими методами зварювання, мінімальні деформації й залишкові напруження [6, 7]. Завдяки цим перевагам лазерне зварювання успішно застосовується для з'єднання сталей, сплавів і різномірних матеріалів. Водночас експлуатаційна надійність зварних з'єднань корозійностійких сталей значною мірою визначається їх мікроструктурою та розподілом мікротвердості в металі шва і зоні термічного впливу. Забезпечення оптимального рівня мікротвердості є важливим завданням, оскільки її надмірне підвищення або зниження може призводити до зниження пластичності, тріщиноустійкості та корозійної стійкості з'єднання. Одним із ефективних шляхів забезпечення необхідної мікротвердості зварних з'єднань є оптимізація параметрів лазерного зварювання, зокрема потужності лазерного випромінювання, швидкості зварювання, розфокусування променя та швидкості зварювання [8]. Раціональний вибір цих параметрів дозволяє формувати однорідну мікроструктуру та забезпечити задані механічні властивості зварних з'єднань корозійностійких аустенітних сталей [9].

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

У сучасних наукових дослідженнях особлива увага приділяється аналізу розподілу мікротвердості в металі шва та зоні термічного впливу, а також встановленню залежності цих характеристик від параметрів зварювання, що зумовлює актуальність огляду літературних джерел, присвячених мікротвердості зварних з'єднань корозійностійких сталей.

У роботі [9] було досліджено мікротвердість зварних з'єднань зі сталі AISI 304 товщиною 3 мм зварених волоконним лазером. Встановлено, що розподіл мікротвердості по поперечному перерізу зварного з'єднання є нерівномірним: максимальні значення спостерігаються у верхній частині шва, а в середній зоні та поблизу кореня вони знижуються. Мікротвердість металу зони плавлення перевищує показники основного металу і досягає близько 250,5 HV<sub>0,2</sub>, що приблизно на 48 HV<sub>0,2</sub> більше за середнє значення підкладки (202 HV<sub>0,2</sub>). Підвищення мікротвердості пояснюється формуванням дрібнозернистої структури внаслідок швидкого затвердіння під час лазерного зварювання.

У роботі [6] дослідники також проводили зварювання сталі AISI 304 товщиною 1 мм за допомогою CO<sub>2</sub> лазера. Було встановлено, що твердість зварних з'єднань сталі AISI 304 змінюється по поперечному перерізу та залежить від режимів лазерного зварювання. У зоні плавлення та зоні термічного впливу твердість є вищою, ніж у основному металі, що зумовлено меншим тепловкладенням і високою швидкістю охолодження.

Дослідження [10], яке стосувалося лазерного зварювання сталі AISI 304 товщиною 2 мм встановлено, що основний метал сталі AISI 304 має мікротвердість у межах 160–169 HV<sub>0,2</sub>. У зоні плавлення спостерігається зниження мікротвердості до значень нижче 140 HV<sub>0,2</sub>. Найменше зниження було зафіксовано для зразка, звареного при погонній енергії 480 Дж/мм. Отримані результати свідчать, що параметри лазерного зварювання, насамперед тепловкладення, суттєво впливають на мікротвердість металу шва і, відповідно, на механічні властивості з'єднання.

Результати огляду наукових робіт підтверджують, що дослідження розподілу мікротвердості є важливим інструментом оцінювання якості зварних з'єднань і дозволяє встановити вплив технологічних параметрів на локальні механічні властивості. Детальний аналіз мікротвердості дає

можливість обґрунтовано оптимізувати режими лазерного зварювання, забезпечити стабільність структури та підвищити експлуатаційну надійність виробів із корозійностійких аустенітних сталей.

**Постановка завдання.** Під час лазерного зварювання тонколистових виробів важливим фактором є забезпечення стабільних характеристик металу шва, зокрема рівномірного розподілу мікротвердості, що безпосередньо залежить від параметрів процесу. Водночас вплив режимів лазерного зварювання на формування мікротвердості стикових з'єднань корозійностійкої сталі AISI 304 товщиною 1,5 мм потребує додаткового дослідження. У зв'язку з цим набуває актуальності встановлення закономірностей зміни мікротвердості залежно від параметрів лазерного зварювання, що і є метою даної роботи.

**Виклад основного матеріалу.** Для дослідження мікротвердості було виконано стикові зварні з'єднання зразків зі сталі AISI 304 розміром 300×200×1,5 мм. Крайки зразків були оброблені фрезеруванням для стикування без зазору та перед зварюванням знежирювали ацетоном. Лазерне зварювання виконувалося з однаковою погонною енергією 60 Дж/мм на трьох режимах, де  $P$  – потужність лазерного випромінювання,  $V$  – швидкість зварювання,  $\Delta F$  – величина розфокусування лазерного випромінювання: 1)  $P = 1,5$  кВт;  $V = 1,5$  м/хв;  $\Delta F = 0$  мм; 2)  $P = 2,5$  кВт;  $V = 2,5$  м/хв;  $\Delta F = 0$  мм; 3)  $P = 3,5$  кВт;  $V = 3,5$  м/хв;  $\Delta F = 0$  мм (далі Зразок 1, Зразок 2, Зразок 3 відповідно). В якості захисного газу використовувався високочистий аргон з витратою  $Q_{\text{корінь}} = 10$  л/хв,  $Q_{\text{сопло}} = 25$  л/хв,  $Q_{\text{хвіст}} = 20$  л/хв.

Хімічний склад сталі AISI 304 згідно ASTM A480/A480M-22a наведено в Табл. 1.

Як джерело лазерного випромінювання використовувався Nd:YAG-лазер "DY044" з потужністю випромінювання до 4,4 кВт та довжиною хвилі випромінювання  $\lambda = 1,06$  мкм, фірми "Rofin-Sinar" (виробництва Німеччини). Пост для лазерного зварювання зображено на рис. 1.

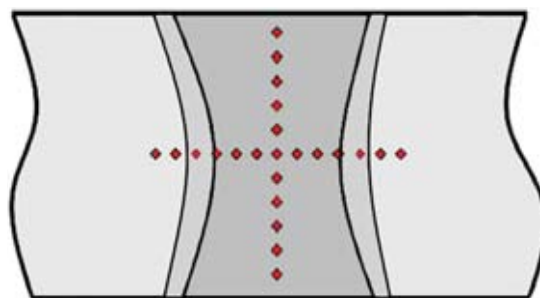
Твердість фазових складових вимірювали по методу Віккерса, на мікротвердомірі М-400,

фірми "Leco". Навантаження складало 1Н (100 гр.), час прикладення навантаження 10 с, крок вимірювання 100 мкм.



**Рис. 1.** Пост для лазерного зварювання

Мікротвердість зварних з'єднань вимірювали, як у поперечному перерізі в середній частині шва через лінію ОМ–ЗТВ–шов–ЗТВ–ОМ, так і вертикально по осі шва. Схема вимірювання мікротвердості зразків наведено на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема вимірювання мікротвердості зразків

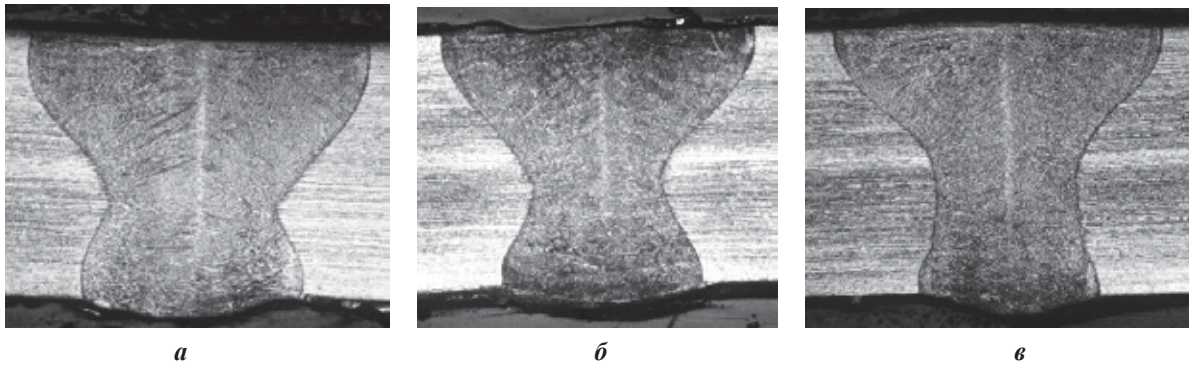
Підготовку шліфів зварних з'єднань виконували за допомогою високошвидкісних полірувальних кругів з використанням алмазних паст різної дисперсності до 14 класу чистоти поверхні. Виявлення структури металу зразків провели шляхом електролітичного травлення у 20 % водному розчині сірчанокислого амонію  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

Загальний вигляд зразків після травлення зображено на рис. 3.

Таблиця 1

**Хімічний склад сталі AISI 304, % мас**

Марка	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
AISI 304	≤0,08	≤0,8	≤2	9–11	≤0,02	≤0,035	17–19	≤0,3	Осн.



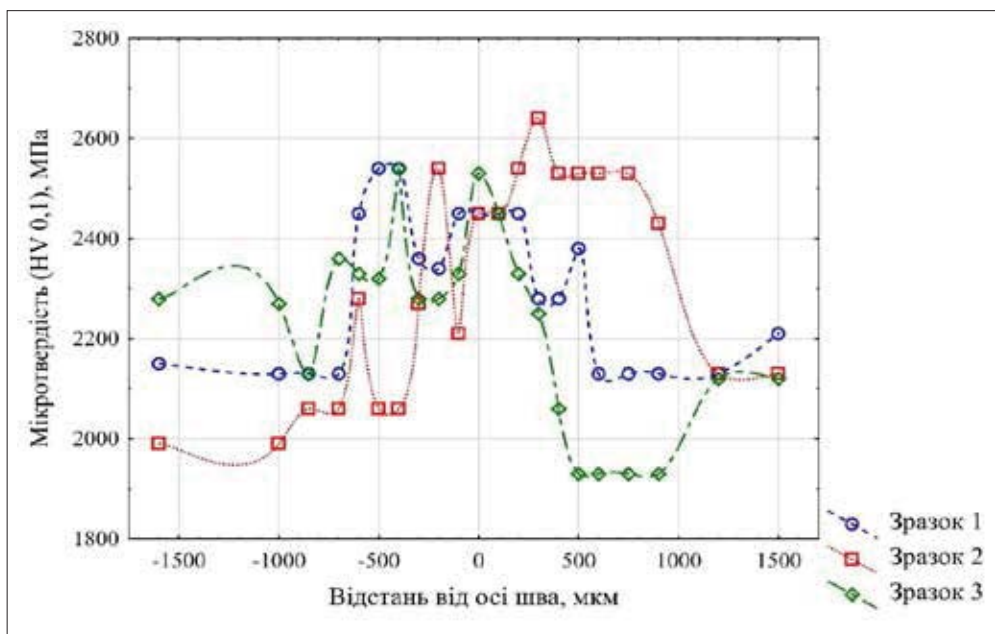
**Рис. 3.** Загальний вигляд стикових зварних з'єднань,  $\times 50$ : а) Зразок 1; б) Зразок 2, в) Зразок 3

Усі три зразки характеризуються дисперсною литою структурою металу шва з формуванням трьох характерних зон: центральної комірчастої, зони стовбчастих кристалітів та зони округлих зерен біля лінії сплавлення. Також лінія сплавлення зразків чітко окреслена по всій висоті зварного з'єднання та характеризується взаємним затіканням металу шва й основного металу. Важливою спільною ознакою для всіх зразків є збереження яскраво вираженої структури прокату як у металі ЗТВ, так і в основному металі.

На рис. 4 показаний графік розподілу мікротвердості в середній частині швів. З нього видно, що мікротвердість зварних з'єднань змінюється нерівномірно при переході від основного металу через зону термічного впливу до металу шва і назад до основного металу. Для Зразка 1 ( $P = 1,5$  кВт;  $V = 1,5$  м/хв) основний

метал характеризується відносно стабільними значеннями мікротвердості на рівні приблизно 2060–2210 МПа. У зоні термічного впливу твердість дещо підвищується до близько 2130 МПа, що свідчить про помірний вплив термічного циклу зварювання. У зоні шва спостерігається чітке зростання мікротвердості з максимальними значеннями до 2540 МПа, після чого при віддаленні від центру шва твердість поступово зменшується.

Для Зразка 2 ( $P = 2,5$  кВт;  $V = 2,5$  м/хв) мікротвердість основного металу перебуває в межах 1990–2130 МПа. У зоні термічного впливу зафіксовано більш виражене підвищення твердості порівняно із Зразком 1, а максимальні значення досягають близько 2530 МПа. Найвищі показники мікротвердості спостерігаються в зоні шва та поблизу лінії сплавлення, де вони сягають



**Рис. 4.** Мікротвердість в середній частині швів

приблизно 2640 МПа, що вказує на інтенсивне зміцнення металу внаслідок дії лазерного зварювання. Перехід від шва до основного металу є поступовим, без різких змін твердості.

Зразок 3 ( $P = 3,5$  кВт;  $V = 3,5$  м/хв) відрізняється підвищеною мікротвердістю основного металу, яка становить близько 2270–2280 МПа. У зоні термічного впливу спостерігається неоднорідний характер розподілу твердості: поблизу шва вона зростає до 2330–2360 МПа, тоді як у віддалених ділянках ЗТВ знижується до приблизно 1930 МПа, що свідчить про формування локальної зони пом'якшення. У зоні шва мікротвердість змінюється в діапазоні 2280–2540 МПа з максимальними значеннями в центральній частині шва. Отримані результати вимірювання мікротвердості показують, що для всіх зразків характерне підвищення мікротвердості металу шва порівняно з основним металом, однак рівень і рівномірність цього підвищення суттєво залежать від режимів зварювання.

На рис. 5 показано графік вимірювання мікротвердості по осі зварних з'єднань. Мікротвердість Зразка 1 ( $P = 1,5$  кВт;  $V = 1,5$  м/хв) у верхній частині шва, поблизу поверхні, сягає максимальних значення на рівні 2540 МПа. У міру заглиблення в шов твердість поступово знижується до 2280–2360 МПа. Водночас у середній частині спостерігається повторне підвищення мікротвердості до 2470–2510 МПа, після чого ближче до кореня шва твердість зменшується до 2210 МПа. Такий розподіл свідчить про відносно стабільну

швидкість кристалізації і відсутність різко виражених зон пом'якшення.

Для Зразка 2 ( $P = 2,5$  кВт;  $V = 2,5$  м/хв) у верхній частині шва також зафіксовано підвищені значення мікротвердості – до 2530 МПа. У центральній частині шва твердість знижується до 2190–2280 МПа, що вказує на повільніші швидкості кристалізації порівняно зі Зразком 1. Далі, у напрямку до кореня шва, мікротвердість знову зростає до 2380–2450 МПа, а безпосередньо біля кореня зменшується до 2220 МПа. Такий характер розподілу свідчить про нерівномірність температурного розподілу по товщині металу.

У Зразка 3 ( $P = 3,5$  кВт;  $V = 3,5$  м/хв) мікротвердість у верхній частині шва є нижчою порівняно з попередніми зразками та становить близько 2210 МПа. У центральній зоні спостерігається помірне підвищення до 2280–2360 МПа, після чого в нижній частині шва зафіксовано зниження мікротвердості до мінімальних значень 2060 МПа. Наближаючись до кореня шва твердість знову зростає до 2210 МПа. Наявність зони знижених значень мікротвердості у нижній частині шва може свідчити про локальне перегрівання та уповільнене охолодження металу.

Розподіл мікротвердості у вертикальному напрямку показує, що зі зростанням потужності лазерного випромінювання зменшується рівномірність твердості вздовж осі шва та з'являються локальні зони пом'якшення, особливо в нижній частині зварного з'єднання.

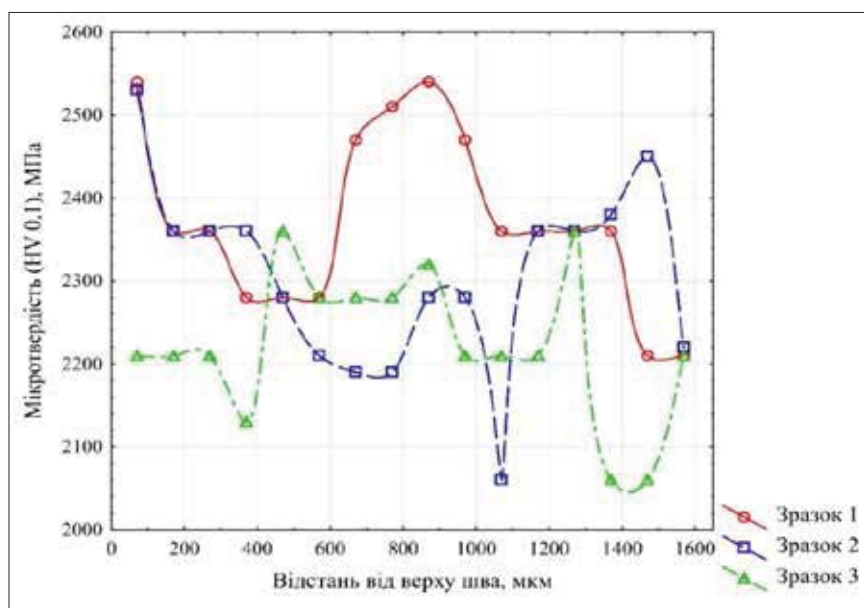


Рис. 5. Мікротвердість по осі шва

**Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.** У роботі досліджено вплив режимів лазерного зварювання на формування мікротвердості зварних з'єднань корозійностійкої сталі AISI 304. Встановлено, що розподіл мікротвердості є нерівномірним як у поперечному перерізі, так і вздовж осі шва, причому в більшості випадків максимальні значення спостерігаються в зоні плавлення, що зумовлено швидкою кристалізацією і формуванням дрібнішої мікроструктури. Показано, що зі збільшенням потужності лазерного випромінювання та відповідно тепловкладення зростає неоднорідність розподілу мікротвердості і можуть формуватися локальні зони зниження твердості, особливо в корені шва. Найбільш рівномірні значення мікротвердості отримано при режимі лазерного зварювання  $P = 1,5$  кВт;  $V = 1,5$  м/хв, що свідчить про більш сприятливі умови формування структури. Отримані результати підтверджують, що параметри лазерного зварювання істотно впливають на мікротвердість зварних з'єднань і повинні підбиратися з урахуванням забезпечення стабільних значень мікротвердості по всій товщині металу. Подальші перспективи досліджень, на думку авторів, доцільно спрямувати на випробування зварних з'єднань на одноосовий статичний розтяг та трьохточковий згин з метою комплексної оцінки їх механічних властивостей.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Buang A. S., Abu Bakar M. S., Rohani M. Z. A Review Of Trend Advanced Welding Process And Welding Technology In Industries . *International Journal Of Technical Vocational And Engineering Technology*. 2024. Vol. 5, no.1, 133–145. URL: <https://journal.pktm.com.my/index.php/ijtv/article/view/103> (дата звернення: 10.02.2026).
2. Korzhyk V., Khaskin V., Grynyuk A., Ilyashenko E., Bernatskyi A., Peleshenko S. Features of laser-plasma welding of corrosion-resistant steel AISI 304 with laser application. *The Paton Welding Journal*. 2021. No. 12, P. 9–17. URL: <https://doi.org/10.37434/tpwj2021.12.02> (дата звернення: 10.02.2026)
3. Yurchenko Y., Siora O., Sokolovskyi M., Hryn A., Frolov M., Bernatskyi A. Influence of laser welding parameters on the geometry of welded joints of thin-sheet stainless steel AISI 304. *Advances in mechanical engineering and transport*. 2025. Vol. 2, no. 25, P. 87–96. URL: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i25.1914> (дата звернення: 10.02.2026)
4. Юрченко Ю., Сіора О., Соколовський М., Гардер Д., Бернацький А. Лазерне зварювання

тонкостінних виробів з віссю обертання типу труба-штуцер виготовлених з корозійностійких високолегованих сталей. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2025. Т. 1, № 287, С. 12–20. URL: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-287-1-12-20> (дата звернення: 10.02.2026).

5. Юрченко Ю. В., Сіора О. В., Соколовський М. В., Набок Т. М., Бернацький А. В. Відпрацювання технології лазерного зварювання тонкостінних циліндричних виробів зі сталі 12X18H10T. *Shipbuilding & Marine Infrastructure* 2025. Т. 1, С. 15–26. URL: [https://doi.org/10.15589/smi2025.1\(20\).02](https://doi.org/10.15589/smi2025.1(20).02) (дата звернення: 10.02.2026).

6. Pankaj P., Tiwari A., Bhadra R., Biswas P. Experimental investigation on CO2 laser butt welding of AISI 304 stainless steel and mild steel thin sheets. *Optics & Laser Technology*. 2019. Vol. 119, 105633. URL: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105633> (дата звернення: 10.02.2026).

7. Oyetunji A., Kutelu B. J., Akinola A. O. Effects of welding speeds and power input on the hardness property of type 304L austenitic stainless steel heat-affected zone (HAZ). *Journal of Metallurgical Engineering*. 2013. Vol. 2, no. 4, P. 124–129. URL: [https://www.academia.edu/download/47743516/ME10072\\_2\\_4\\_124\\_129.pdf](https://www.academia.edu/download/47743516/ME10072_2_4_124_129.pdf) (дата звернення: 10.02.2026).

8. Prabakaran M., Kannan G. Optimization of CO2 laser beam welding process parameters to attain maximum weld strength in dissimilar metals. *Materials Today Proceedings*. 2018. Vol. 5, no. 2, P. 6607–6616. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.316> (дата звернення: 10.02.2026).

9. Cui C., Cui X., Ren X., Liu T., Hu J., Wang Y. Microstructure and microhardness of fiber laser butt welded joint of stainless steel plates. *Materials & Design (1980-2015)*. 2013. Vol. 49, P. 761–765. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.02.059> (дата звернення: 10.02.2026)

10. Kurc-Lisiecka A., Lisiecki A. Laser welding of stainless steel. *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*. 2020. Vol. 1, no. 98, P. 32–40. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0815> (дата звернення: 10.02.2026).

#### REFERENCES

1. Buang, A. S., Abu Bakar, M. S., & Rohani, M. Z. (2024). A Review Of Trend Advanced Welding Process And Welding Technology In Industries . *International Journal Of Technical Vocational And Engineering Technology*, 5 (1), pp. 133–145. <https://journal.pktm.com.my/index.php/ijtv/article/view/103>
2. Korzhyk, V., Khaskin, V., Grynyuk, A., Ilyashenko, E., Bernatskyi, A., & Peleshenko, S. (2021). Features of laser-plasma welding of cor-

rosion-resistant steel AISI 304 with laser application. *The Paton Welding Journal*, 12, 9–17. <https://doi.org/10.37434/tpwj2021.12.02>

3. Yurchenko, Y., Siora, O., Sokolovskyi, M., Hryn, A., Frolov, M., Bernatskyi, A. (2025). Influence of laser welding parameters on the geometry of welded joints of thin-sheet stainless steel AISI 304. *Advances in mechanical engineering and transport*, 2 (25), 87–96. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i25.1914>

4. Yurchenko, Yu., Siora, O., Sokolovskyi, M., Harder, D. Bernatskyi, A. (2025). Lazerne zvariuvannia tonkostinnykh vyrobiv z vissiu obertannia typu truba-shtutser vyhotovlenykh z koroziiinostiikykh vysokolehovanykh stalei. *Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 1 (287), pp. 12–20. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-287-1-12-20>

5. Yurchenko, Yu. V., Siora, O. V., Sokolovskyi, M. V., Nabok, T. M., Bernatskyi, A. V. (2025). Vidpratsiuvannia tekhnolohii lazernoho zvariuvannia tonkostinnykh tsylindrychnykh vyrobiv zi stali 12Kh18N10T. *Shipbuilding & Marine Infrastructure*, 1, pp. 15–26. [https://doi.org/10.15589/smi2025.1\(20\).02](https://doi.org/10.15589/smi2025.1(20).02)

6. Pankaj, P., Tiwari, A., Bhadra, R., & Biswas, P. (2019). Experimental investigation on CO2 laser butt

welding of AISI 304 stainless steel and mild steel thin sheets. *Optics & Laser Technology*, 119, 105633. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105633>

7. Oyetunji, A., Kutelu, B. J., Akinola, A. O. (2013). Effects of welding speeds and power input on the hardness property of type 304L austenitic stainless steel heat-affected zone (HAZ). *Journal of Metallurgical Engineering*, 2 (4), pp. 124–129. [https://www.academia.edu/download/47743516/ME10072\\_2\\_4\\_124\\_129.pdf](https://www.academia.edu/download/47743516/ME10072_2_4_124_129.pdf)

8. Prabakaran, M., & Kannan, G. (2018). Optimization of CO<sub>2</sub> laser beam welding process parameters to attain maximum weld strength in dissimilar metals. *Materials Today Proceedings*, 5 (2), pp. 6607–6616. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.316>

9. Cui, C., Cui, X., Ren, X., Liu, T., Hu, J., & Wang, Y. (2013). Microstructure and microhardness of fiber laser butt welded joint of stainless steel plates. *Materials & Design (1980-2015)*, 49, pp. 761–765. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.02.059>

10. Kurc-Lisiecka, A., Lisiecki, A. (2020). Laser welding of stainless steel. *Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*, 1 (98), pp. 32–40. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0815> (date of access: 24.01.2026).

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



Дата першого надходження статті до видання: 24.02.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 23.03.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.05.2026