

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації

Ілляшенка Євгенія Володимировича

за темою: «Гібридне зварювання сталей з використанням плазмової дуги та
випромінювання волоконного лазера»

поданої на здобуття наукового ступеню **доктора філософії**

за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-технічної задачі дослідження особливостей процесу гібридного лазерно-плазмового зварювання сталей з використанням волоконного джерела лазерного випромінювання. Впливу його застосування на проявлення синергетичного ефекту та ефективності процесу зварювання. А також особливостей структуро-утворення, зміни механічних властивостей зварних з'єднань та характеру напружено-деформованого стану.

В результаті проведених досліджень отримані наступні результати, що мають **наукову новизну і практичну цінність**.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше встановлено, що в процесі зварювання нелегованих і легованих (нержавіючих) сталей при використанні плазмової дуги і випромінювання волоконного лазера, в порівнянні із плазмовим зварюванням, має місце зростання напруги на дузі на величину 1-3 В, а також збільшення поглинутої металом енергії на 6% відносно суми окремої дії складових, при цьому спостерігається збільшення в 2,06-2,25 рази площі поперечного перерізу провару порівняно із сумою площ перерізів лазерного і плазмового проварів, а також підвищення глибини проплавлення на 20-30% відносно лазерного зварювання.

2. Отримало подальший розвиток уявлення про вплив типу лазерного випромінювання на ефективність процесу гібридного лазерно-

плазмового зварювання, а саме показано, що використання випромінювання волоконного лазера при потужності лазера і плазми по ~ 2 кВт глибина провару нержавіючої сталі збільшується, порівняно із застосуванням діодного лазера – на 60%, Nd:YAG-лазера – на 30%, CO₂-лазера – на 40%.

3. Отримало подальший розвиток уявлення про особливості формування структури зварних з'єднань, отриманих з використанням волоконного лазера, а саме – на прикладі нержавіючої сталі показано, що при гібридному лазерно-плазмовому зварюванні в металі шва, по лінії сплавлення і в зоні термічного впливу формується зеренна структура, близька до лазерного зварювання із розмірами в 2-3 рази меншими, ніж при плазмовому зварюванні, при цьому для гібридного процесу в зварному шві спостерігається видовження зерен (в $\sim 1,7$ раз) та підвищення мікротвердості (на 20...40%) порівняно із лазерним зварюванням.

4. Одержало подальший розвиток уявлення про структуроутворення при гібридному лазерно-плазмовому зварюванні нержавіючої сталі, зокрема виявлено формування субзеренної структури в зварному шві з розмірами субзерен меншими порівняно із лазерним (в 1,6 разів) та плазмовим (в 2 рази) зварюванням, при цьому у всіх зонах зварного з'єднання, отриманого лазерно-плазмовим способом, спостерігається формування безградієнтних комірчастих структур переважно рівноосної форми, а при лазерному зварюванні в металі шва формуються субструктури подовженої форми.

5. Отримало подальший розвиток уявлення про особливості протікання термодформаційних процесів при формуванні зварних швів із використанням концентрованих джерел енергії, а саме встановлено, що в стикових з'єднаннях із нержавіючої сталі товщиною 2 мм характер розподілу напружень при лазерно-плазмовому зварюванні близький до розподілу при лазерному зварюванні, при цьому пікові значення напружень сконцентровані в зоні термічного впливу і в більшій мірі залежать від погонних енергій зварювання, ніж від максимальної температури нагріву зварювальної ванни.

Практичне значення отриманих результатів.

Виявлені в роботі особливості та закономірності лазерно-плазмового зварювання дозволили розширити уявлення про процес гібридного зварювання і на основі цього розробити рекомендації по проектуванню зварювальних головок та плазмотронів для лазерно-плазмових процесів та передового зварювального обладнання, розробити та оптимізувати технологічні параметри лазерно-плазмового зварювання сталей.

Практична цінність роботи полягає у наступному:

1. За результатами роботи оптимізовано технології лазерно-плазмового зварювання низьковуглецевих низьколегованих та нержавіючих сталей товщиною 2-6 мм з використанням присаджувального дроту та без нього за критерієм якісного формування швів при мінімальному вкладанні погонної енергії.
2. Було розроблено технологічні прийоми гібридного лазерно-плазмового зварювання, які дозволяють отримувати зварні з'єднання з нержавіючих сталей в діапазоні 2...6 мм, з міцністю до 97% від міцності основного металу.
3. Розроблено технологію двостороннього лазерно-плазмового зварювання сталі AISI 304 товщиною 10 мм в інтервалі потужності лазерного випромінювання до 2 кВт.
4. Модернізовано та розроблено нові дослідно-промислові конструкції плазмотронів для гібридного-лазерно плазмового зварювання сталей.
5. Розроблено два зразка дослідно-промислових установок блочно-модульного типу для автоматичного гібридного лазерно-плазмового зварювання, які в залежності від потреб виробництва, можуть базуватися на зварювальних маніпуляторах та антропоморфних роботах.

Особистий внесок здобувача.

При безпосередній участі автора отримані результати досліджень та проведено їх аналіз, на основі чого сформульовано положення наукової новизни, згідно відображеним в дисертаційній роботі матеріалами. Автором спільно з науковим керівником сформульовано мету роботи, поставлені задачі для проведення досліджень та прийнято методики їх вирішення. Автором виконано аналітичний огляд, узагальнено результати та сформульовано основні висновки. За участю автора були організовані та проведені експериментальні та теоретичні та дослідження процесів ефективності передачі енергії при гібридному, лазерному та плазмовому зварюванні, розвинено уявлення про механізм синергетичного ефекту при використанні волоконного лазера в гібридному процесі, визначено особливості його проявлення при зварюванні різних товщин. Здобувачем самостійно було проведено дослідження термічних циклів при зварюванні та на основі цього розроблено розрахункову методику прогнозування напружено-деформованого стану зварних з'єднань. Автор провів проектування універсальних головок для лазерно-плазмових процесів та модернізацію пристосувань для газового захисту зварних швів. При особистій участі автора було розроблено та впроваджено два комплекси для гібридного лазерно-плазмового зварювання тонколистових з'єднань (до 1,5 кВт потужності лазерного випромінювання і 50 А струму плазмової дуги) та при підвищеній потужності лазерного випромінювання (до 6 кВт) і плазмової дуги (до 320 А).

Повнота опублікування результатів дисертації. За темою дисертації опубліковано 32 роботи, з них 4 статті у науково періодичних виданнях, що входять до наукометричної бази Scopus, 6 статей у фахових виданнях України, 5 статей у науково періодичних виданнях інших держав, 15 публікації у збірниках наукових праць і матеріалах конференцій, отримано 1 патент України на корисну модель та 1 патент України на винахід.

Перелік робіт, в яких опубліковано основні результати дисертації
Статті у науково періодичних виданнях, що входять до наукометричної бази даних Scopus:

1. Forecasting the results of hybrid laser-plasma cutting of carbon steel/ Korzhyk V., Khaskin V., Perepychay A., **Illiashenko. E.**, Peleshenko S.// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, № 21 (104), 2020. – P. 6-14.

DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199830>

2. Comparison of the features of the formation of joints of aluminum alloy 7075 (Al-Zn-Mg-Cu) by laser, microplasma, and laser - microplasma welding/ Volodymyr Korzhyk, Vladyslav Khaskin, Andrii Grynyuk, Sviatoslav Peleshenko, Viktor Kvasnytskyi, Nataliia Fialko, Olena Berdnikova, **Illiashenko Yevhenii**, Volodymyr Shcheretskiy, Yuhui Yao // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, №12 (115), 2022, - P. 38-47. DOI: [10.15587/1729-4061.2022.253378](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253378)

3. An Approach to Calculate Features of Laser Radiation Absorption in Beryllium and Aluminum Alloys for Smart Welding Processes/ V. Korzhyk, V. Khaskin, S. Peleshenko, V. Shcheretskiy, **Illiashenko Yevhenii**// International Conference on Smart Technologies in Urban Engineering (STUE-2022), Kharkiv, Ukraine, June 9-11, 2022.

4. Features of structure formation when surfacing steel (iron) on titanium with plasma sprayed coatings in the technology of obtaining butt joint of bimetallic plates “titanium – steel”/ Volodymyr Korzhyk, Vladyslav Khaskin, Oleg Ganushchak, Dmytro Strohonov, **Yevhenii Illiashenko**, Chunfu Guo, Andrii Grynyuk, Sviatoslav Peleshenko, Andrii Alosyn//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies № 2/12 (122), 2023 – P. 6-16. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.275510>

Статті у наукових фахових виданнях України:

5. Підвищення ефективності лазерного зварювання шляхом зворотнопоступального переміщення фокуса/ В.Ю. Хаскін, В.М. Коржик, Ch. Dong, **Є.В. Ілляшенко**// Автоматичне зварювання №1, 2020 – Р. 57-63. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.01.08>

6. Особливості прояву синергетичного ефекту при лазерно-плазмовому зварюванні сталі SUS304 з використанням випромінювання дискового лазера/ В.Ю. Хаскін, В.М. Коржик, А.В. Бернацький, А.М. Войтенко, **Є.В. Ілляшенко**, Д. Cai// Журнал «Автоматичне зварювання», № 4, 2020, – Р. 29-33. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2020.04.04>

7. Підвищення ефективності роботизованого виготовлення сталевих фермових зварних конструкцій/Коржик В.М., Гринюк А.А., Хаскін В.Ю., **Ілляшенко Є.В.**, Клочков І.М., Ганущак О.В., Yu Xuefen, Liuyi Huang// Журнал «Автоматичне зварювання», № 5, 2021, – Р. 15-20.
DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.05.02>

8. Особливості лазерно-плазмового зварювання корозійностійкої сталі AISI 304 з використанням лазера/ В.М. Коржик, В.Ю. Хаскін, А.А. Гринюк, **Є.В. Ілляшенко**, А.В. Бернацький, С.І. Пелешенко// Журнал «Автоматичне зварювання», № 12, 2021, – Р. 18-26.
DOI: <https://doi.org/10.37434/as2021.12.02>

9. Вибір параметрів лазерного зварювання тонкостінних виробів із легких сплавів з ненаскрізним проплавленням/ В.М. Коржик, В.Ю. Хаскін, С.І. Пелешенко, А.А. Гринюк, Dong Chunlin, **Є.В. Ілляшенко**, Yao Yuhui// Журнал «Автоматичне зварювання», №5, 2022 – Р. 22-32. DOI: <https://doi.org/10.37434/as2022.05.04>

10. Technological processes of welding high precision thin-walled products from aluminum alloys using a laser heating source/ Korzhyk Volodymyr, Peleshenko Sviatoslav, Kvasnytskyi Viktor, Khaskin Vladyslav, **Ilyashenko Yevhenii**, Lepilina Kseniya, Aloshyn Andrii.// Міжнародний науковий журнал «Інтернаука» International Scientific Journal «Internauka» № 12 (131), 2022 – P. 47-54. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2022-12>

Статті у науково періодичних виданнях інших держав:

11. Laser cutting of thin sheet carbon steel for automotive industry/Khaskin V., Korzhyk V., Han S., Luo Z., Cai D., **Ilyashenko E.** // Colloquium-journal №8 (32), 2019 – P. 54-59.

12. Analysis of the main mechanisms and regularities of the synergistic effect in hybrid laser-arc processes/Krivtsun I., Khaskin V., Korzhyk V., **Ilyashenko E.**, Dong Chunlin, Luo Ziyi.//Colloquium-journal №18 (42), 2019 – P. 10-21. DOI: [10.24411/2520-6990-2019-10596](https://doi.org/10.24411/2520-6990-2019-10596)

13. Development of technological equipment for welding high-precision thin-walled products from aluminum alloys using a laser heating source/ Korzhyk V., Kvasnytskyi V., Peleshenko Sv., Khaskin V., **Ilyashenko Ye.**, Lepilina K., Aloshyn A., Aloshyn A.// Norwegian Journal of development of the International Science №95, 2022 – P. 73-77. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7258962>

14. Features of physical and metallurgical processes during welding of thin-walled aluminum alloy structures using laser radiation/Peleshenko S., Kvasnytskyi V., Khaskin V., Korzhyk V., **Ilyashenko Ye.**, Lepilina K., Aloshyn A.//Danish scientific journal №65/2022 – P. 50-59. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7271299>

15. Equipment for plasma-arc and hybrid welding, 3d printing and coating technologies/Strohonov D., **Ilyashenko Y.**, Voytenko O., Skachkov I., Korzhyk V., Khaskin V., Aloshyn A., Ganushchak O., Peleshenko S., Dolyanivska O.//Science of the Europe № 112, 2023 – P. 56-62. DOI: [10.5281/zenodo.7708524](https://doi.org/10.5281/zenodo.7708524)

Патенти:

16. Спосіб багатопрохідного лазерно-дугового зварювання/ Коржик В.М., Хаскін В.Ю., Пелешенко С. І., **Ілляшенко Є.В.** // Патент України на корисну модель UA 139275 від 26.12.2019.

17. Спосіб одержання тривимірних металевих фермових виробів/ Коржик В.М., Хаскін В.Ю., Пелешенко С. І., **Ілляшенко Є.В.** // Патент України на винахід UA 127109 від 26.04.2023.

Матеріали, що засвідчують апробацію дисертації:

18. Гибридная лазерно-микро-плазменная сварка нержавеющей сталей/ Кривцун И.В., Коржик В.Н., Хаскин В.Ю., Ло З., **Илляшенко Е.В.** // IX Міжнародна конференція Променеві технології в зварюванні і обробці матеріалів, 2019, – Р. 49-55.

19. Повышение эффективности лазерных сварочных процессов путем сканирования фокуса излучения/ Хаскин В.Ю., Коржик В.Н., Донг Ч **Илляшенко Е.В.** / IX Міжнародна конференція Променеві технології в зварюванні і обробці матеріалів, 2019, – Р. 103-109.

20. Устранение хампинг-эффекта при лазерно-дуговой сварке сталей повышенной прочности / Хаскин В.Ю., Коржик В.Н., Цай Д., Хан Ш. **Илляшенко Е.В.** // IX Міжнародна конференція Променеві технології в зварюванні і обробці матеріалів, 2019, – Р. 110-114.

21. Creation of scientific foundations and development of hybrid welding processes with the use of laser radiation /I. Krivtsun, V. Korzhyk, Feng Changgen, V. Khaskin, S. Peleshenko, **E. Ilyashenko** // Proceedings of Papers From the 394th Young Scientists Forum of China Association for Science and Technology “Application and Innovation of Modern Welding Technology”, October 20-21, 2020, Hangzhou, China – Р. 340-355.

22. Розробка підходів до створення плазмотронів для гібридного лазерно-плазмового різання/ **Ілляшенко Є.В.**, Коржик В.М., Гринюк А.А., Хаскін В.Ю., Гос І.Д., Бабич О.А., Попов Є.В. // Міжнародна конференція

«Інноваційні технології та інжиніринг у зварюванні» КПІ імені Ігоря Сікорського», 2021 – Р. 33-38.

23. Optimization of laser and hybrid laser-GMAW welding of high-strength steels by strength characteristics / Korzhyk V., Khaskin V., Grynyuk A., Babych O., **Iliashenko Ye.**, Oleinychenko T., Ganushchak O., Popov Ye. // The 11th International scientific and practical conference “European scientific discussions”, 2021 – Р. 61-63.

24. Дослідження процесу лазерного зварювання тонколистових високоміцних алюмінієвих сплавів / Коржик В.М., Хаскін В.Ю., Гринюк А.А., **Ілляшенко Є.В.**, Пелешенко С.І., Квасницький В.В., Щерецький В.О. // X Міжнародна конференція Променеві технології в зварюванні і обробці матеріалів, 2021, – Р. 18-19.

25. Особливості формоутворення зварних швів при лазерно-плазмовому зварюванні / Коржик В.М. Хаскін В.Ю. Гринюк А.А. **Ілляшенко Є.В.**, Строгонов Д.В. Гос І.Д. // X Міжнародна конференція Променеві технології в зварюванні і обробці матеріалів, 2021– Р. 19-20.

26. Application of laser recovery surface / Korzhyk V., Khaskin V., Grynyuk A., Peleshenko S., Babych O., **Iliashenko Ye.**, Oleinychenko T., Ganushchak O., Popov Ye. // The 3 rd International scientific and practical conference — Topical issues of modern science, society and education. Kharkiv, Ukraine, 2021, – Р. 229-232.

27. Achievements of the E.O. Paton Electric Welding Institute in the field of welding thin sheet alloys for automotive applications / Korzhyk V., Khaskin V., Grynyuk A., Peleshenko S., **Iliashenko Ye.**, Shcheretskiy V., Ganushchak O. // The 5th International scientific and practical conference “Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects”, MDPC Publishing, Berlin, Germany, 2021 – Р. 167-174.

28. Estimation of influence of duration of current flow at direct and inverse polarity on quality of formation and geometrical parameters of seams / Korzhyk V., Grynyuk A., Khaskin V., Peleshenko S., Shcheretskiy V., Hos I., **Iliashenko Ye.**,

Voitenko O., Konoreva O. // The 6th International scientific and practical conference “Science, innovations and education: problems and prospects” (January 13-15, 2022) CPN Publishing Group, Tokyo, Japan, 2022 – P. 185-190.

29. Development of equipment for research of hybrid laser-arc welding processes of pipe steel/Korzhyk V., Khaskin V., Peleshenko S., Grynyuk A., Dong Chunlin, **Ilyashenko Y.** // The 10th International scientific and practical conference “Modern science: innovations and prospects” (June 25-27, 2022) SSPG Publish, Stockholm, Sweden, 2022, – P. 94-98.

30. Laser welding of thin-sheet stainless steel joints with variable size of gap between cracks / Korzhyk V., Khaskin V., Chunlin Dong, **Ilyashenko Y.**, Peleshenko S., Grynyuk A., Yuhui Yao, Al’oshin A., Al’oshin A.A. // SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF», ENERGETICS, №118. - P. 292-297.

31. Одержання тонколистових конструкцій зі сталей та алюмінієвих сплавів лазерним зварюванням із супутнім плазмовим підігрівом / Коржик В.М., Хаскін В.Ю., Гринюк А.А., Пелешенко С.І., Ілляшенко Є.В., Тунік А.Ю., Альошин А.О.// Зварювання та технічна діагностика для відновлення економіки України, 2022. – P. 40.

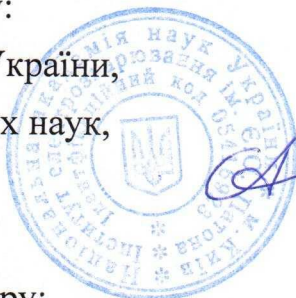
32. Development of plasma-arc welding, 3d printing and coating technologies for the construction and development of the industry of Ukraine / **Ilyashenko Yevhenii**, Voytenko Oleksandr, Strogonov Dmytryi, Skachkov Ihor, Korzhyk Volodymyr // The 8th International scientific and practical conference “Trends, theories and ways of improving science” (February 28 – March 03, 2023) Madrid, Spain. International Science Group, 2023 – P. 484-488.

Виходячи з аналізу вищенаведених робіт, можна зробити висновок про успішне виконання встановлених вимог щодо необхідної кількості наукових публікацій перед представленням до захисту дисертаційної роботи Ілляшенка Є.В., а також про достатню повноту висвітлення наукових та практичних результатів досліджень в опублікованих матеріалах.

Розглянута дисертація Ілляшенка Євгенія Володимировича за темою «Гібридне зварювання сталей з використанням плазмової дуги та випромінювання волоконного лазера», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», є завершеним науковим дослідженням і відповідає вимогам, викладеним у постанові КМУ від 12 січня 2022 р. № 44 «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Робота містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які мають певне науково-практичне значення в галузі матеріалознавства, базується на достатній кількості наукових публікацій, не містить текстових запозичень без посилання на джерело (плагіату), і може бути прийнята до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 «Матеріалознавство».

Голова семінару:

академік НАН України,
доктор технічних наук,
професор



Сергій АХОНІН

Секретар семінару:

провідний інженер

Дмитро СТРОГОНОВ