

ВИСНОВОК
про наукову новизну, теоретичне та практичне
значення результатів дисертації
ПРУССА МАКСИМА РОМАНОВИЧА
на тему:
«Технологічне забезпечення максимальної продуктивності газолазерного
різання легованих сталей випромінюванням потужних оптоволоконних
лазерів »
для здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

Публічна презентація наукових результатів дисертації відбулася на засіданні кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління (далі – ПХВВНП) Черкаського державного технологічного університету (далі – ЧДТУ) 24 червня 2025 року, протокол № 12.

ПРИСУТНІ:

Осипенко В.І., завідувач кафедри ПХВВНП, д.т.н., професор;
Канашевич Г.В. завідувач кафедри ТОМВ, д.т.н., професор;
Плахотний О.П., професор кафедри енерготехнологій, д.т.н., доцент;
Мізнік Л.М., доцент кафедри ПХВВНП, к.т.н., доцент;
Філімонова Н.В., доцент кафедри ПХВВНП, к.т.н., доцент;
Мисник Л.Д., доцент кафедри ПХВВНП, к.т.н., доцент;
Тімченко О.В., старший викладач кафедри ПХВВНП;
Хандюк М.В., старший викладач кафедри ПХВВНП;
Губар Є.Я., доцент кафедри ТОМВ, к.т.н., доцент;
Коваленко Ю.І., доцент кафедри ТОМВ, к.т.н., доцент;
Хижняк Є.В., старший викладач кафедри ТОМВ;
Шевченко С.Б., директор ТОВ «Араміс»;
Носов О.С., начальник цеху 224 ТОВ «НВК Фотоприлад»
Горобець І.О., завідувач лабораторіями кафедри ПХВВНП;
Клинковська Л.О., провідний спеціаліст кафедри ПХВВНП;
Середюк С.П., аспірант кафедри ПХВВНП;
Несен П.О., аспірант кафедри ПХВВНП;
Прусс М.Р., аспірант кафедри ПХВВНП;

Тему дисертації було затверджено на засіданні вченої ради факультету комп'ютеризованих технологій машинобудування і дизайну 05 жовтня 2023 року (протокол №2). Науковий керівник: д.т.н., професор Осипенко Василь Іванович – призначений наказом ЧДТУ №243/01 від 06.08.2021.

1. Актуальність теми дослідження.

В умовах сьогодення з розвитком сучасних технологій в галузі машинобудування різання нержавіючих сталей різної товщини за допомогою потужних оптоволоконних лазерів достатньо широко використовується промисловими підприємствами України. Накопичена компанією «Араміс» за останні 5 років статистика показує, що досить високі вимоги до продуктивності процесу та шорсткості бокової поверхні є найбільш затребуваним промисловістю сучасної України. Виробники, які використовують у своєму виробництві дану технологію, особливо зацікавлені в досягненні високої якості різання, щоб можна було виключити повторну обробку відрізаних деталей, високої швидкості різання для максимізації продуктивності та доброї відтворюваності процесу. Вимоги по шорсткості, як правило, включають обмеження висоти мікронерівностей та виключення наявності застиглої рідкої фази у вигляді ґрату. В окремих випадках вводяться обмеження на конусність бокових поверхонь та різницю ширини різу в верхній та нижній площинах поперечного перетину поверхні різання відповідно до вимог стандарту ISO 9013:2017.

Таким чином технічні та економічні критерії, що впливають на вибір відповідної лазерної системи для конкретного лазерного різання, зараз набувають великого значення. Підвищення ефективності процесу, якості та гнучкості допомагають зменшити витрати. Провідний виробник лазерних технологічних установок в Україні компанія «Араміс» започаткувала випуск лінійки установок, укомплектованих оптоволоконними лазерами потужністю 12 кВт. Публікацій присвячених дослідженням режимів газолазерного різання нержавіючих сталей з використанням такої потужності відносно небагато. Окрім того принципи та результати наведені в відомих наукових публікаціях не завжди можна визнати достатньо експериментально обґрунтованими. Навіть конкретні технологічні рекомендації надані відомими дослідницькими центрами, за використання підприємствами України, вимагають від українських виробників лазерних технологічних установок суттєвої корекції. Це стосується як продуктивності процесу так і якості бокової поверхні. Ефективна корекція можлива лише як результат добре спланованих, системних експериментальних досліджень процесу газолазерного різання нержавіючих сталей та встановленням конкретних технологічних умов, що забезпечують

високу продуктивність процесу за відповідної вимогам споживача якості бокових поверхонь.

З врахуванням цього, робота присвячена технологічному забезпеченню продуктивного та якісного газолазерного різання нержавіючих сталей на лінійці установок, укомплектованих оптоволоконними лазерами потужністю 12 кВт є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертаційної роботи відповідає основним цілям проекту Стратегії розвитку промислового комплексу України від 2018 року на період до 2025 року. Зокрема: «Модернізація та зростання промислового виробництва», «Підвищення ресурсоефективності промисловості», «Сприяння цифровізації промисловості».

При формулюванні теми та завдань досліджень було також враховано матеріали підсумкового документу саміту ООН щодо прийняття порядку денного у сфері розвитку на період після 2015 року «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року». Затверджено 17 Цілей Сталого Розвитку та 169 завдань. Згідно з ціллю 8 «Сприяння безперервному, всеохопному і сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх», завдання дисертаційного дослідження розроблено з урахуванням галузевої специфіки розвитку України в машинобудівній галузі.

Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності вибору раціональних параметрів технологічних процесів різання нержавіючих сталей на лінійці установок, укомплектованих оптоволоконними лазерами потужністю 12 кВт, які гарантовано, з високим рівнем відтворюваності, забезпечують максимальну продуктивність процесу та відповідність вимогам замовників до якості деталей.

Досягнення означеної мети передбачає виконання наступних завдань:

1. Провести аналіз відомих результатів досліджень процесу газолазерного різання нержавіючих сталей випромінюванням потужних оптоволоконних лазерів.

2. Підібрати та розробити комплекс методик, приладів та обладнання для проведення системних експериментальних досліджень газодинамічних процесів в зоні різання та оцінки якості поверхонь різу згідно вимог стандарту ISO 9013:2017.

3. Провести системний комплекс досліджень та отримати достатньо точні експериментальні дані про закономірності зміни діаметра струменя та величини ріжучого тиску асистуючого газу на поверхні деталі за використання

конкретного типу сопла, моделі технологічної установки та параметрів процесу газолазерного різання.

4. Експериментально обґрунтувати раціональні параметри режимів різання нержавіючих сталей випромінюванням оптоволоконного лазера потужністю 12 кВт за використання в якості асистуючих газів азоту та повітря, які забезпечують високі рівні продуктивності і відтворюваності процесу та якості отриманих деталей.

5. Виконати аналіз та порівняння отриманих результатів та оцінити рівень впливу типу асистуючого газу на параметри процесу та якість отриманих деталей.

6. Запропонувати підходи та розробити ефективні регресійні моделі для розрахунку параметрів режимів різання нержавіючих сталей випромінюванням оптоволоконного лазера потужністю 12 кВт, які забезпечують високу продуктивність процесу та відповідну якість отриманих деталей.

Об'єктом дослідження є газодинамічні і технологічні параметри процесу газолазерного різання нержавіючих сталей випромінюванням оптоволоконного лазера потужність 12 кВт.

Предметом дослідження є закономірності впливу типу асистуючого газу та його тиску, внутрішньої структури і геометричних параметрів сопла, фокусної відстані оптичної головки, положення фокусу відносно поверхні деталі, висоти різання (відслідковуваного зазору), швидкості різання на продуктивність процесу і якість отриманих деталей.

2. Формулювання наукового завдання, нове розв'язання якого отримано в дисертації.

У дисертаційній роботі вирішена науково-прикладна задача, що полягає в отриманні нової інформації про рівень впливу компонентів факторного простору на параметри процесу газолазерного різання та розробці технологічних режимів різання нержавіючих сталей випромінюванням оптоволоконного лазера потужністю 12 кВт, які забезпечують високу продуктивність і відтворюваність процесу та відповідну якість отриманих деталей.

3. Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, їхня новизна.

Дисертаційне дослідження містить у собі наступні наукові положення, розроблені особисто дисертантом:

– Вперше встановлено закономірності впливу внутрішньої структури та розмірів сопла, манометричного тиску всередині сопла, величини зазору між соплом деталлю на геометрію сформованого надзвукового струменя

асистуючого газу (повітря і азот) та величини ріжучого тиску який він створює в довільному його перетині при гальмуванні на поверхні деталі.

– вперше обґрунтовано діапазони збалансованих параметрів лазерного променя та лазерного процесу при різанні листової нержавіючої сталі AISI 304 стандартного ряду товщин випромінюванням оптоволоконного лазера потужністю 12 кВт з використанням в якості асистуючих газів азоту та повітря. Встановлені режими забезпечують високу продуктивність та параметри якості різку, які відповідають вимогам стандарту ISO 9013:2017.

– Отримали подальший розвиток та розширення уявлення про закономірності впливу типу асистуючого газу та його тиску, геометричних параметрів сопла, фокусної відстані оптичної головки, положення фокусу відносно поверхні деталі, висоти різання (відслідковуваного зазору), швидкості різання на продуктивність процесу і якість отриманих деталей при газолазерному різанні нержавіючої сталі AISI 304.

– Розширено уявлення про рівні адекватності та точності прогнозування за використання різних регресійних моделей для розрахунку параметрів режимів різання нержавіючих сталей випромінюванням оптоволоконного лазера потужністю 12 кВт.

4. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Наукові положення, висновки та рекомендації роботи обґрунтовані в повній мірі. Обґрунтованість отриманих теоретичних результатів дисертації базується на застосуванні основних положень теоретичних засад обробки матеріалів концентрованими потоками енергії, положень газодинаміки, методів математичного планування та обробки результатів експерименту. Експериментальні дослідження проводились на спеціалізованому лазерному обладнанні компанії «Араміс» з використанням сучасної реєструючої та вимір. Тема дисертаційної роботи відповідає основним цілям проекту Стратегії розвитку промислового комплексу України від 2018 року на період до 2025 року. Зокрема: «Модернізація та зростання промислового виробництва», «Підвищення ресурсоефективності промисловості», «Сприяння цифровізації промисловості».

При формулюванні теми та завдань досліджень було також враховано матеріали підсумкового документу саміту ООН щодо прийняття порядку денного у сфері розвитку на період після 2015 року «Перетворення нашого світу: порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року». Затверджено 17 Цілей Сталого Розвитку та 169 завдань. Згідно з ціллю 8 «Сприяння безперервному, всеохопному і сталому економічному зростанню, повній і

продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх», завдання дисертаційного дослідження розроблено з урахуванням галузевої специфіки розвитку України в машинобудівній галузі.

5. Рівень теоретичної підготовки здобувача, його особистий внесок у розв’язання конкретного наукового завдання. Рівень обізнаності здобувача з результатами наукових досліджень інших учених.

Дисертантом виконано змістовне дослідження предметної області, розглянуто основні методи та засоби технологій лазерної обробки матеріалів. На основі опрацювання значної кількості літературних джерел, наукових публікацій, патентного пошуку автором роботи в максимальній мірі враховані останні наукові досягнення в обраному напрямку дослідження. Отримані результати свідчать про ґрунтовні теоретичні знання дисертанта в галузі лазерних технологій різання металів, добрі навички планування та математичної обробки результатів експерименту.

6. Наукове та практичне значення роботи

Наукове значення роботи полягає в отриманні нової інформації про рівень впливу компонентів факторного простору на параметри процесу газолазерного різання та розробці технологічних режимів різання нержавіючих сталей випромінюванням оптоволоконного лазера потужністю 12 кВт, які забезпечують високу продуктивність і відтворюваність процесу та відповідну якість отриманих деталей.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

– На практиці використання отриманих результатів дозволяє зробити більш точним та ефективним проєктування процесів газолазерного різання максимальної продуктивності, за рахунок точного прогнозування величини ріжучого тиску, який створить газовий струмінь обраного сопла в конкретних технологічних умовах.

– Застосування розробленого обладнання і методики дозволяє відносно просто отримати інформацію про ріжучий тиск створюваний довільним типом сопла, яким комплектується верстат за тих чи інших технологічних умов (отримати газодинамічний «паспорт» сопла). Відповідно створюється умови для більш надійного забезпечення продуктивного високоякісного різання та підвищення рівня відтворюваності процесу.

7. Використання результатів роботи

Отримані результати використані при розробці технологічної інструкції до серійних верстатів моделі AFX-PRO-12000-1530LD виробництва компанії «Арамис» (з відповідним актом). Проведена експериментальна верифікація підтвердила добру відтворюваність наданих режимів. Відхилення параметрів якості від табличних значень не перевищувало 5%. Матеріали роботи можуть слугувати підґрунтям для трибологічних досліджень поверхонь, отриманих лазерним різанням з використанням в якості одного з вхідних параметрів кривої коефіцієнта стійкості Еббота-Файрстоуна.

8. Повнота викладу матеріалів дисертації

За матеріалами дисертаційного дослідження опубліковано 5 наукових праць, у тому числі 4 наукові статті у вітчизняних фахових наукових виданнях, 1 теза доповіді на міжнародній науково-практичній конференції.

Повний перелік публікацій:

- статті у наукових фахових виданнях України, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. V. I. Osypenko. The influence patterns of nozzle design and technological parameters of gas-assisted laser cutting on the stagnant pressure of assisting gas / V. I. Osypenko, O. P. Plakhotnyi, S. P. Serediuk, M. R. Pruss, O. V. Timchenko // Bulletin of Cherkasy State Technological University, 3/2023 P 156-167. DOI: 10.24025/2306-4412.3.2023.288972. <http://vtn.chdtu.edu.ua/article/view/288972>

2. В.І. Осипенко. Експериментальне обґрунтування ефективних режимів різання сталей випромінюванням потужного оптоволоконного лазера / В.І. Осипенко, О.П. Плахотний, М.Р. Прусс, С.П. Середюк // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». Луцьк, 78/2024 Ст 100-108. DOI 10.36910/775.24153966.2024.78.14.

https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/naukovi_notatky/article/view/1569 .

3. В.І. Осипенко. Вплив внутрішньої структури та розмірів типових сопел на поле різучого тиску асистуючого газу при газолазерному різанні / В.І. Осипенко, М.Р. Прусс // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». Луцьк, 79/2024 Ст 70-78. DOI 10.36910/775.24153966.2024.79.10

4. В.І. Осипенко. «Розробка регресійних моделей для розрахунку ефективних режимів різання 12 мм нержавіючої сталі випромінюванням потужного оптоволоконного лазера» / В.І. Осипенко, М.Р. Прусс // Міжвузівський збірник «НАУКОВІ НОТАТКИ». Луцьк, 81/2025 Ст 85-94. DOI 10.36910/775.24153966.2024.79.10

5. В.І. Осипенко «Технологічне забезпечення якісного газолазерного різання 12 мм нержавіючої сталі» / О.П. Плахотний, М.Р. Прусс, С.П. Середюк // XV міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» Том 1 22 - 23 травня 2025 р. м. Чернівці С.82-83

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати, що виносяться на захист, одержані здобувачем самостійно. У публікаціях, виконаних у співавторстві, особисто здобувачу належать: [1] – здобувач виконав підбір і налаштування експериментального обладнання для дослідження процесів газолазерного різання, провів серію вимірювань параметрів тиску асистуючого газу в різних умовах роботи сопел, а також обробив експериментальні дані з використанням сучасних методів статистичного аналізу. Крім того, він брав активну участь у формулюванні висновків дослідження та підготовці графічних матеріалів до публікації; [2] – Здобувач був залучений до розробки програми експериментальних досліджень, зокрема – до вибору основних технологічних параметрів лазерного різання. Він безпосередньо виконував натурні випробування на обладнанні з оптоволоконним лазером, здійснював вимірювання якості оброблених зразків відповідно до стандарту ISO 9013:2017, а також проводив первинну обробку та систематизацію результатів. Крім того, аспірант брав участь у підготовці текстових і графічних матеріалів до публікації; [3] – Здобувач проводив експериментальні дослідження на модернізованому стенді, здійснював калібрування вимірювального обладнання, аналізував розподіл тиску по площині різу. Крім того, здобувач долучився до формулювання частини аналітичних висновків дослідження; [4] – Здобувач виконав обробку експериментальних даних для побудови регресійних моделей, що описують залежність якості різу та швидкості обробки від основних технологічних параметрів (потужність, швидкість різу, тиск асистуючого газу). Він застосував методи багатфакторного регресійного аналізу з використанням програмного забезпечення Statistica, провів перевірку адекватності моделей та оцінку впливу вхідних змінних. Крім того, здобувач долучився до інтерпретації отриманих результатів та оформлення графіків і таблиць для публікації. [5] – Здобувач виконав математичну обробку результатів експерименту.

9. Апробація матеріалів дисертації. Результати досліджень дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на XV міжнародній науково-практичній конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»

10. Оцінка мови та стилю дисертації.

Дисертацію написано з дотриманням норм і правил граматики, а стиль викладу в ній матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їх сприйняття.

Дисертація повною мірою відповідає п.6, 8 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення спеціалізованої вченої ради ЧДТУ». Робота містить нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які виконують конкретне наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 – Механічна інженерія.

Дисертацію виконано державною мовою та відповідно до наявних вимог щодо оформлення.

11. Відповідність змісту дисертації освітньо-науковій програмі, з якої вона подається до захисту.

Зміст дисертації повністю відповідає освітньо-науковій програмі «Лазерні технології та процеси фізико-технічної обробки» спеціальності 131 – Прикладна механіка.

12. Рекомендація дисертації до захисту.

Враховуючи рівень наукових досліджень, актуальність теми дисертаційної роботи та наукову новизну отриманих результатів, учасники фахового семінару кафедри проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління одноголосно ухвалили рішення затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Прусса Максима Романовича на тему «Технологічне забезпечення максимальної продуктивності газолазерного різання легованих сталей випромінюванням потужних оптоволоконних лазерів» для здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка галузі знань 13 – Механічна інженерія та рекомендувати до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді Черкаського державного технологічного університету.

У голосуванні брали участь 11 осіб. Результати голосування:

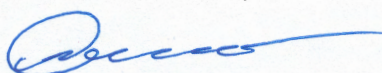
«ЗА» – 11

«ПРОТИ» – немає,

УТРИМАЛИСЬ – немає.

Головуючий

завідувач кафедри проектування харчових
виробництв та верстатів нового покоління,
д.т.н., професор


24.06.2025⁹

Василь ОСИПЕНКО