

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента

Коваленка Юрія Івановича

на дисертацію *Середюка Станіслава Петровича*

за темою «Технологічне забезпечення максимальної продуктивності газолазерного різання низьковуглецевих сталей випромінюванням потужних оптоволоконних лазерів»,

яку подано на здобуття ступеня доктора філософії

за спеціальністю 131 Прикладна механіка,

галузь знань 13 Механічна інженерія

1. Актуальність теми дослідження.

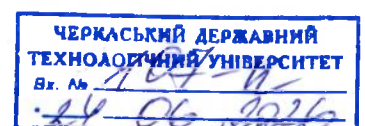
Розвиток передового машинобудування гостро ставить питання впровадження ефективних способів обробки конструкційних сталей із низьким вмістом вуглецю. Потужне волоконне газолазерне різання наразі є ключовою альтернативою класичним методам завдяки своїй оперативності, прецизійності та гнучкості в автоматизації. Водночас пошук балансу між граничною продуктивністю обладнання та бездоганною якістю різання залишається відкритим науково-технічним викликом.

Представлена дисертація пропонує комплексний аналіз робочих параметрів цього процесу. У полі зору автора – взаємозв'язок газодинамічних явищ, геометрії сопел, властивостей допоміжного газу та специфіки фокусування променя. Головна практична цінність роботи полягає в дослідженні режимів для низьковуглецевих сталей на базі потужності 12 кВт, що відповідає характеристикам передових вітчизняних комплексів (зокрема, компанії «Арамис»). Це робить кваліфікаційну працю Середюка С.П. своєчасною та практично орієнтованою на підвищення конкурентоспроможності вітчизняної індустрії.

Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

– Вперше отримано аналітичні залежності оптимальної потужності та швидкості різання листової сталі ВСтЗсп від товщини листа за умов отримання параметрів якості, що відповідають вимогам стандарту ISO 9013:2017 при використанні оптоволоконного лазера з максимальною вихідною потужністю 12 кВт та кисню в якості асистуючого газу.



- Вперше запропоновано узагальнену технологічну модель, яка пов'язує швидкість різання з потужністю лазерного випромінювання та товщиною матеріалу при різанні листової сталі ВСтЗсп в середовищі кисню з використанням оптоволоконного лазера з максимальною вихідною потужністю 12 кВт.
- Вперше отримано чисельні параметри динаміки зміни енергоефективності процесу різання низьковуглецевих сталей в залежності від товщини листа при використанні оптоволоконного лазера з максимальною вихідною потужністю 12 кВт та кисню в якості асистуючого газу.
- Уточнено чисельні закономірності формування ріжучого тиску на вісі струменя для дозвукових та надзвукових струменів в залежності від тиску на вході в сопло та величини зазору між соплом та деталлю за використання в якості асистуючих газів повітря та кисню.
- Розширено уявлення про розподіл тиску в зоні гальмування кисневого струменя за використання двоканального сопла, який має виражений осесиметричний характер та складається з центральної стагнаційної області, перехідної зони радіального розтікання та периферійної турбулентної області. Такий розподіл сприяє формуванню більш стабільного струменя та розширенню області підвищеного тиску, що позитивно впливає на ефективність видування продуктів плавлення.

2. Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення одержаних результатів:

- Визначено раціональні технологічні режими різання для стандартного ряду товщин листового матеріалу, що забезпечують високу продуктивність процесу та параметри якості різки, які відповідають вимогам стандарту ISO 9013:2017.
- Встановлено експериментальні залежності оптимальної вихідної потужності лазерного випромінювання та максимальної швидкості якісного різання від товщини оброблюваного матеріалу. Отримані аналітичні апроксимаційні залежності дозволяють здійснювати інженерну оцінку раціональних параметрів технологічного процесу лазерного різання.
- Обґрунтовано та реалізовано комплекс методик і вимірювальних засобів для визначення показників якості бокової поверхні різки. Використання

запропонованого підходу забезпечує достовірну оцінку геометричних та мікрогеометричних характеристик поверхні різь, що створює необхідні передумови для встановлення взаємозв'язку між параметрами технологічного процесу лазерного різання та якістю сформованої поверхні.

– Сукупність розроблених експериментальних засобів і методик створює методичну основу для подальшого дослідження фізичних закономірностей формування ріжучого струменя асистуючого газу та його впливу на ефективність видалення розплавленого металу із зони різання, що є необхідною умовою оптимізації технологічних режимів лазерного різання.

– За результатами проведених досліджень розроблено технологічну карту параметрів газолазерного різання сталі ВСтЗсп для верстатів моделі AFX-PRO-12000-1530-LD, яка може бути використана як практична основа для налаштування режимів різання на промислових лазерних установках.

Структура роботи, оцінка змісту дисертації та її завершеність.

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 139 , з них обсяг основного тексту – 109 сторінок, 38 рисунків, 8 таблиць, список використаних джерел складає 61 найменування та займає 7 сторінок.

Анотація лаконічно відображає суть дисертаційної роботи, її ключові тези, висновки, пропозиції, наукову новизну та прикладну цінність; документ виконано українською та англійською мовами.

Вступ містить обґрунтування актуальності, мети, завдань, об'єкта, предмета, методології та особистого внеску здобувача.

Перший розділ присвячено системному аналізу технологічного стану газолазерного розкрою низьковуглецевих сталей та визначенню чинників, що впливають на результативність обробки.

Другий розділ описує методологію й апаратне забезпечення, зокрема авторські розробки для вимірювання ріжучого тиску та аналізу профілю різь.

У *третьому* розділі вивчено газодинаміку взаємодії дозвукових та надзвукових струменів асистуючого газу з металом. Виявлено, що тиск, газова середовище, геометрія сопла та дистанція до деталі зумовлюють структуру потоку,

характер ударно-хвильових явищ, ефективність винесення розплаву та фінішну якість кромки. Розроблено чисельну модель за допомогою рівнянь Нав'є–Стокса (за допомогою RANS, k - ϵ модель турбулентності), що точно відображає розширення струменя, виникнення дисків Маха та розподіл тиску, що підтверджено експериментальними даними. Встановлено: ріжучий тиск падає зі зростанням зазору, особливо в надзвукових режимах через складність структури потоку. Доведено зв'язок стабільності тиску з чистотою поверхні та обґрунтовано переваги двоканальних сопел для кращої стабілізації потоку.

Четвертий розділ містить результати повнофакторного експерименту щодо визначення оптимальних режимів кисневого різання. Виявлено залежність потужності випромінювання та швидкості обробки від товщини металу: при її збільшенні вимагається вища потужність і менша швидкість через ріст об'єму розплаву та інтенсивність тепловідведення. Запропоновано аналітичні апроксимації та узагальнену модель, що поєднує ці змінні. Енергетичний аналіз вказує на підвищення ефективності при роботі з товстими листами завдяки підсиленню екзотермічної реакції окиснення та локалізації теплових потоків.

3. Відсутність (наявність) порушень принципів академічної доброчесності.

Ознак порушень принципів академічної доброчесності не встановлено.

4. Повнота викладення дисертації в опублікованих працях.

Основні результати дослідження опубліковано у 4 статтях у фахових наукових виданнях і представлені на 1 міжнародній науково-практичній конференції. Вважаю, що рівень та обсяг публікацій є достатніми.

5. Зауваження та недоліки дисертації щодо її оформлення і змісту.

Робота загалом виконана на високому науково-методичному рівні. До недоліків можна віднести:

- Обмежене порівняння результатів із закордонними аналогами, зокрема з використанням CO₂-лазерів;
- Доцільно було б ширше розглянути аспекти екологічної безпеки при використанні різних типів асистуючих газів;
- Побудовані моделі в роботі відзначаються високою точністю, однак їх застосування в умовах змінного середовища не було повністю досліджено.

Зазначені недоліки не знижують загальної наукової цінності роботи.

6. Висновок щодо відповідності дисертації вимогам, які висуваються до ступеня доктора філософії.

Розглянуте дисертаційне дослідження здобувача Середюка С.П., на тему «Технологічне забезпечення максимальної продуктивності газолазерного різання низьковуглецевих сталей випромінюванням потужних оптоволоконних лазерів» цілком відповідає вимогам до дисертаційного дослідження на здобуття ступеня доктора філософії, наведеним у Постанові Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.22 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Дисертація може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді. Автор дисертації, Середюк С.П., заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 Прикладна механіка, галузі знань 13 Механічна інженерія.

Рецензент

к.т.н., доцент,
кафедри технології та обладнання
машинобудівних виробництв
Черкаського державного
технологічного університету



Юрій КОВАЛЕНКО

Підпис

к.т.н., доцента Ю.І. Коваленко
засвідчую
Учений секретар ЧДТУ,
к.т.н., доцент



Ірина МИРОНЕЦЬ