

## ВІДГУК

офіційного опонента,

професора кафедри комп'ютеризованого машинобудування  
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу,  
доктора технічних наук, професора  
Роп'яка Любомира Ярославовича  
на дисертаційну роботу Приходька Вадима Олександровича  
«Технологічне забезпечення шорсткості поверхні нержавіючої сталі  
короткоімпульсним лазерним випромінюванням»,  
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю – 131 Прикладна механіка

### Актуальність теми

В наш час механічні методи оброблення поверхні металів з метою отримання рекордних видів шорсткості, такі як шліфування, полірування, фрезерування, точіння в певній мірі досягли межі своїх можливостей. Це пов'язано з тим, що, по-перше, шорсткість носить випадковий характер, а по-друге, ці методи не дозволяють модифікувати поверхні на нанорівні. Існує нагальна проблема у розвитку технологій, які можуть модифікувати поверхневі шари металів на нанорівніта здатні більш прогнозовано створювати, як мікро-, так і нано- структури, у тому числі шляхом створення поверхонь з періодичними структурами. Серед цих технологій великий потенціал мають саме короткоімпульсні лазерні технології невеликої потужності. Їх перевага полягає у локальності оброблення, малій глибині порушеного шару, можливості реалізувати як звичайну термообробку, так і з механізмом використанням холодної абляції за допомогою фемтосекундних лазерів. Однак сьогодні ціна фемтосекундних лазерів ще занадто висока. Наносекундні лазери мають ціну значно нижчу та є більш придатними до промислового використання. Окрім того їх потенціал для отримання структурованих поверхонь повністю не використаний.

Нержавіючі сталі отримали широке застосування в машинобудуванні та і в багатьох інших галузях промисловості. Останнім часом серед актуальних вимог до виробів із нержавіючої сталі є, в тому числі, й необхідність отримання специфічних параметрів досвітловідбиття світлорозсіювання

поверхонь. Тому пошук нових технологічних шляхів формування шорсткості поверхні деталей із хромонікелевої сталі AISI 321 за допомогою дії короткоімпульсного лазерного випромінювання для зменшення рівня відбивання та розсіювання світла є актуальним науковим завданням.

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну науково-технічну задачу технологічного забезпечення формування шорсткості поверхні на основі створення 3D вірогідних та періодичних мікро- і наноструктур на поверхні аустенітної хромонікелевої сталі AISI 321 наносекундним лазерним випромінюванням.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт Національним технічним університетом «Харківський політехнічний інститут», м. Харків (НТУ «ХПІ») на кафедрі технології машинобудування та металорізальні верстати «Формування і трансформація періодичних нановуглецевовмісних структур на поверхні металів короткоімпульсними лазерними, мікрохвильовими і плазмовими методами» (ДР № 0124U000481) та на кафедрі турбінобудування «Розробка методології оптимального проектування та виготовлення високоефективних, високонадійних турбомашин з врахуванням різних режимів роботи» (ДР № 0121U107511).

Тема дисертаційної роботи є актуальною та обґрунтованою для науки та має практичне застосування.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Приходька Вадима Олександровича, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на фундаментальних положеннях технології машинобудування, теорії взаємодії лазерного випромінювання із оброблюваними матеріалами, матеріалознавства, теорії ймовірності, теорії твердості та шорсткості.

Дослідження виконані з використанням теоретичних моделей та сучасного комп'ютерного моделювання. Результати перевірені шляхом проведення практичних експериментів, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

### **Достовірність результатів досліджень**

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами відповідних експериментальних досліджень.

Отриманні наукові результати застосовані під час розроблення технологічних процесів виготовлення деталей машин, відповідно до номенклатури виробів ТОВ «Технополіс Машинобудування» (акт впровадження від 07.10.2023 р.

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

- отримала подальший розвиток модель лазерного впливу на поверхню нержавіючої сталі з урахуванням процесу сканування в поздовжньому та поперечному напрямку;
- показано, що під час використання наносекундного лазерного випромінювання створюються періодичні та вірогідні 3D структури, формування яких залежить від властивостей матеріалу, параметрів лазерного променя та стратегії сканування;
- встановлено, що на поверхні сталі за низької інтенсивності лазерного опромінення формуються тільки вірогідні 3D структури, а зі збільшенням інтенсивності лазерного випромінювання поверхневі структури трансформуються в періодичні 3D структури, які мають мікро- та нанорозміри;
- вперше визначені умови формування 3D структур, коли в спектрі інтерференційних структур виявляються лише періодичні структури.

## **Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

Запропоновано і розроблено метод контролю типу шорсткості поверхні шляхом використання ковзного лазерного опромінення 3D шорстких поверхонь. Суть методу полягає в об'єктивній оцінці стану поверхні за картинами інтерференційного розсіювання як періодичних, так і вірогідних 3D структур та інтенсивності дзеркального відбиття світла. Окрім того метод дозволяє виконати суб'єктивну оцінку шорсткості на основі кольорової гами поверхні.

Результати дослідження з розсіювання світла будуть корисними під час розроблення STELS-технологій.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

1) у ТОВ «Технополіс Машинобудування» (м. Харків) – профільній організації, що займається питаннями виготовлення деталей машинобудування;

2) в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) під час розробки і впровадження в навчальний процес кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту верстатів таких навчальних курсів: «Сучасні технології в прикладній механіці», «Спеціальні енергоефективні технології», «Основи наукових досліджень», «Експериментальні дослідження, обробка результатів експерименту». Для цього були використані: математичні моделі взаємодії лазерного променя і оброблюваного матеріалу, результати експерименту з вимірювання шорсткості та твердості поверхневих мікроструктур обробленого сталевого зразка, а також схема та опис роботи розробленого стенда для визначення світловідбиваючих властивостей поверхонь.

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Апробація роботи є достатньою. Результати досліджень опубліковані у 10 наукових публікаціях, з яких: 4 статті у закордонних періодичних наукових фахових виданнях, що включені до наукометричних баз Scopus та/або WoS, 6 публікацій тез конференцій.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані в співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44.

#### **Оцінка змісту дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Приходька Вадима Олександровича складається із анотації, вступу, 6 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел та 3 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета та задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і перелік публікацій.

У першому розділі описано об'єкт дослідження, приведено літературний огляд актуальних науково-технічних завдань, пов'язаних з формуванням шорсткості поверхні нержавіючої сталі лазерним випромінюванням, обрано напрямок теоретичних і експериментальних досліджень, здійснено постановку задач дисертаційної роботи.

У другому розділі наведений опис технологічного обладнання для модифікації поверхні наносекундними лазерним випромінюванням та дослідження параметрів шорсткості обробленої поверхні.

У третьому розділі розроблено математичну модель взаємодії лазерного променя з оброблюваним матеріалом. Комп'ютерне дослідження нагрівання та пошкодження поверхні сталі проведено на основі розроблених скінченно-елементних моделей.

У четвертому розділі проведено експерименти з оброблення поверхні нержавіючої сталі AISI 321 наносекундним лазерним випромінюванням. Дослідження включало сканування за строковою стратегією з різними технологічними параметрами. Аналіз результатів показав, що за оптимальних режимів оброблення утворюються характерні 3D структури. Це підтверджено результатами скінченно-елементного моделювання.

У п'ятому розділі представлені результати дослідження і аналізу параметрів шорсткості та твердості поверхні сталі AISI 321. Для цього використали атомно-силовий мікроскоп, цифрові оптичні мікроскопи та твердомір за Віккерсом. Дослідження показали, що зміна технологічних параметрів лазерного опромінення впливає на формування поверхневих структур. Також встановлено, що лазерне випромінювання змінює шорсткість та створює різноманітні 3D структури.

У шостому розділі дослідження розглянуто метод контролю поверхневих 3D структур за допомогою лазерного випромінювання. Був апробований метод контролю за допомогою ковзного лазерного опромінення 3D шорстких поверхонь. Встановлено, що структури мають багаторівневий характер, залежний від технологічних параметрів. Результати підтвердили важливість комплексного аналізу поверхонь для точної оцінки їх стану.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 202 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває одержані наукові результати та практичну цінність роботи.

### **Академічна доброчесність**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно та містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

### **По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

1. Під час літературного огляду наукової думки та досягнень різних вчених за темою дисертаційного дослідження слабо проаналізований внесок вітчизняних вчених.

2. В роботі слід було виконати більш поглиблені металографічні дослідження шарів, які сформовані лазерним обробленням нержавіючої сталі.

3. В дисертаційній роботі недостатньо висвітлені переваги та недоліки використання сформованих структур на сталідля трибологічних пар, наприклад, для умовах роботи різьбових з'єднань нафтогазового обладнання.

4. Існують недоліки оформлення матеріалу дисертаційної роботи, у тексті дисертації іноді зустрічаються окремі граматичні, пунктуаційні та стилістичні помилки, наприклад, використано різні стилі бібліографічного опису опублікованих праць за темою дисертації.

5. Слід було оформити авторські права на об'єкти інтелектуальної власності за матеріалами дисертації.

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значущість.

## ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Приходька Вадима Олександровича «Технологічне забезпечення шорсткості поверхні нержавіючої сталі короткоімпульсним лазерним випромінюванням» за своїм змістом відповідає спеціальності 131 – Прикладна механіка. Дисертація є завершеною науково-дослідною працею, яка розв'язує важливу науково-технічну задачу, що полягає в технологічному забезпеченні шорсткості поверхні на основі створення 3Двірогідних та періодичних мікро- і наноструктур на поверхні аустенітноїхромонікелевої сталі AISI 321 наносекундним лазерним випромінюванням. Подана дисертаційна робота «Технологічне забезпечення шорсткості поверхні нержавіючої сталі короткоімпульсним лазерним випромінюванням» Приходька В.О. відповідає спеціальності 131 – Прикладна механіка, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. № 44, а здобувач – Приходько Вадим Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

**Офіційний опонент,**  
професор кафедри  
комп'ютеризованого машинобудування  
Івано-Франківського  
національного технічного  
університету нафти і газу,  
доктор технічних наук,  
професор  
«06» 06 2024 р.

Любомир РОП'ЯК

Підпис Л. Я. Роп'яка посвідчую:  
Учений секретар ІФНТУНГ



Василь ПРОЦЮК