

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

Данилейка Олександра Олександровича

на тему «Підвищення експлуатаційних властивостей сталевих виробів  
комбінованою лазерною термомеханічною поверхневою обробкою»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 «Механічна інженерія»

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

### **Актуальність теми дисертації.**

Дисертаційна робота, що сконцентрована на вивченні проблеми збільшення стійкості виробів із середньолегованих сталей до зносу та корозії, має значне теоретичне і практичне значення у сфері сучасного машинобудування. Різні агресивні умови експлуатації деталей машин і конструкцій вимагають вирішення цієї проблеми, оскільки такі конструктивні елементи постійно піддаються різноманітним агресивним впливам, таким як механічні, теплові, хімічні тощо, що призводить до прискореного зносу та погіршення їх експлуатаційних характеристик. Розробка ефективних методів зміцнення сталевих виробів у контексті сучасних технологічних вимог має вирішальне значення для забезпечення конкурентоздатності виробництва, оскільки це дозволяє покращити експлуатаційні характеристики продукції.

У даній дисертаційній роботі основний акцент робиться на використанні лазерної термічної обробки як ключового аспекту для підвищення міцності конструкційних середньолегованих сталей. Здобувач обґрунтовує ефективність комбінованої термомеханічної поверхневої обробки, яка дозволяє наблизити структуру та поверхневий шар деталей до вимог, що обумовлені геометрією поверхні та фізико-механічними властивостями виробів. Це є важливим внеском у практичну реалізацію інноваційних технологій у виробництво.

Актуальність проведеного дослідження визначається практичною необхідністю розробки та впровадження ефективних комбінованих методів обробки в промисловості з метою підвищення експлуатаційних характеристик виробів, що виготовлені із сталі 30ХГСА. В якості таких виробів вибрані корпуси коронки для колонкового буріння та головні інструменти дробарок ударного типу. Отримані результати можуть бути практично застосовані в виробництві, сприяючи підвищенню якості та тривалості експлуатації машинних компонентів, що відображає значущий внесок дисертаційної роботи в розвиток сучасного машинобудування.

## **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1) здобувачем висунута наукова гіпотеза та проведене теоретичне обґрунтування доцільності можливості розробки комбінованого метода лазерного термомеханічного поверхневого зміцнення, що включає попереднє пластичне деформування та наступне лазерне гартування. Теоретично були визначені оптимальні технологічні режими для зміцнення виробів зі сталі 30ХГСА, що забезпечують збільшення глибини зміцнення, покращення фізико-механічних властивостей поверхневого шару деталей, в результаті чого підвищується стійкість цих виробів до зносу більше, ніж у 13 разів;

2) розроблено алгоритм для визначення оптимальних технологічних режимів на основі критерію глибини зміцненого шару. Цей алгоритм визначає ефективну схему комбінованої лазерної термомеханічної поверхневої обробки інструментів із середньолегованих сталей;

3) запропоновано розрахунково-експериментальну залежність для визначення зони деформаційного впливу під час охолодження при використанні комбінованого лазерного термомеханічного поверхневого зміцнення за суміщеною схемою;

4) підтверджено, що попередня деформаційна дія дробоструминною обробкою перед термічною обробкою лазерним променем суттєво збільшує глибину поверхневого шару при використанні об'ємногартованого зразка, порівнюючи зі зразком без такого попереднього гартування;

5) вивчено зміни глибини зміцненого шару, його мікротвердості, розмірів кристалітів в цьому шарі, ступені їх деформації та величини внутрішніх залишкових напружень, а також зносо- та корозійну стійкість зразків, зміцнених як одиничними, так і комбінованими термомеханічними методами обробки з використанням варіації динамічної деформаційної дії інструментів та термічної дії лазерним променем.

Розроблені у роботі наукова гіпотеза та теоретичні висновки про доцільність запропонованої комбінованої технології мають всі ознаки наукової новизни. Їх достовірність та обґрунтованість, як і сформовані практичні рекомендації, підтверджується застосуванням апробованих методик, отриманими експериментальними результатами та впровадженням розроблених технологій у виробничу діяльність підприємств машинобудівної промисловості.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі лазерної техніки та фізико-технічних технологій КПІ ім. Ігоря Сікорського під керівництвом



доцента кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій НН ІМЗ ім. Є. О. Патона, к. т. н., доц. Лесика Дмитра Анатолійовича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розробки комбінованого способу для підвищення зносо- та корозійної стійкості виробів зі сталі 30ХГСА з використанням лазерно-термічної та дробостуминної обробок виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Данилейка О. О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Прикладна механіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Прикладна механіка».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Данилейка Олександра Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал дисертації викладено послідовно та доступно, використана загальноприйнята термінологія.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 246 сторінок.

У вступі розкрито актуальність теми дослідження та її зв'язок з науковими програмами, планами та темами; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження; окреслено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів; наведено інформацію про апробацію результатів дисертаційної роботи та вказано на особистий внесок здобувача.

У першому розділі «Особливості поверхневого зміцнення металевих деталей лазерною термомеханічною обробкою» проаналізовано сучасні українські та зарубіжні дослідження, присвячені розробці нових методів зміцнення поверхні матеріалу з використанням адитивних, лазерних та комбінованих технологій зміцнення з метою підвищення фізико-механічних властивостей сталевих виробів. Послуговуючись традиційними та сучасними доробками в досліджуваній галузі, обґрунтовано доцільність використання комбінованого термодетонаційного



процесу з використанням енергії лазерного променя та імпульсних ударних джерел енергії для збільшення глибини поверхневого зміцнення виробів.

У другому розділі «Теоретичні дослідження процесу термомеханічної поверхневої обробки» представлено результати теоретичних пошукових досліджень обґрунтування доцільності використання процесу термомеханічної поверхневої обробки, зокрема: визначено діапазон раціональних режимів ударної дробоструминної обробки (тиск, швидкість польоту твердих часток, кут дії струменя тощо), низькочастотної ударної обробки з обертанням деформаційного інструмента (подача, оберти наконечника, глибина деформування, кількість ударів тощо); наведено алгоритм визначення оптимальних технологічних режимів за критерієм глибини зміцненого шару для визначення ефективної схеми комбінованої лазерної термомеханічної поверхневої обробки інструментів із середньолегованих сталей.

У третьому розділі «Матеріали, обладнання та методики проведення експериментальних досліджень» детально схарактеризовано використані у ході дослідження матеріали, обладнання та методики експериментальних досліджень; описано розроблені та модернізовані здобувачем спеціалізовані технологічні установки на базі обладнання з числовим програмним керування для комбінованого динамічного та статичного поверхнево-пластичного деформування з обертанням, модернізовані пристрої для металографічних досліджень, установку для випробовування зразків на зносостійкість. Запропоновано методики експериментальних досліджень для визначення структури поверхневого шару, твердості та мікротвердості зміцнених зон, методи випробувань на зношування і корозійну стійкість поверхні зразків для оцінювання трибологічних властивостей та контактної взаємодії матеріалів за умов квазістатичних та динамічних режимів навантаження. Окрім того, у межах розділу розглядається методика термомеханічної поверхневої обробки металевих виробів за комбінованою схемою, яка передбачає проведення пластичної деформації поверхневого шару виробу високошвидкісним потоком зі сферичними дрібнорозмірними частками (для утворення подрібненої активованої структури) з подальшою термообробкою – високошвидкісним нагріванням лазерним променем поверхні деталі до температури області стабільного аустеніту та подальшим миттєвим охолодженням із швидкістю вище критичної швидкості гартування. Визначено, що використання цієї методики дозволяє досягти високої твердості та міцності поверхневого шару металевих виробів.

У четвертому розділі «Результати експериментальних досліджень» визначено оптимальні технологічні режими комбінованої термомеханічної поверхневої обробки інструментів зі сталі 30ХГСА, які дозволяють збільшити глибину та твердість зміцненого шару поверхні деталі. На основі здійсненого дослідження



мікроструктури, хімічного складу, твердості та напружень у приповерхневих шарах зміцнених деталей, виготовлених зі сталі 30ХГСА, визначено перевагу комбінованої лазерної термомеханічної поверхневої обробки порівняно з іншими, зокрема дробоструминною обробкою, лазерною термічною обробкою, низькочастотною ударною обробкою тощо. Встановлено, що комбіноване термомеханічне зміцнення дробоструминною та лазерною термічною обробками забезпечує формування в поверхневому шарі деталі залишкових напружень стиску, які у  $\approx 1,7$  рази перевищують значення напружень стиску, утворених лазерно-термічною обробкою, а зносостійкість зразка після комбінованої обробки збільшується у більш ніж 13 разів. Визначено, що комбінована дія дробоструминної та лазерної термічної обробки зменшує кількість гідроксиду заліза на поверхні матеріалу після сформованого регулярного мікрорельєфу поверхні після дробоструминної обробки.

У п'ятому розділі «Рекомендації до практичного використання» надано рекомендації щодо практичного використання отриманих результатів дослідження. Показано спроектовану і виготовлену здобувачем експериментальну установку для оздоблювально-зміцнювальної обробки металевих виробів комбінованою лазерною термомеханічною поверхневою обробкою. Розроблено для підвищення якості зміцненого поверхневого шару наконечник для статичного і низькочастотного ударного поверхнево-пластичного деформування з обертанням. Також запропоновано конструкції обладнання для дробоструминної обробки для підвищення продуктивності термомеханічної поверхневої обробки. Для оптимізації технологічних режимів комбінованої лазерної термомеханічної поверхневої обробки, запропоновано алгоритм визначення вхідних технологічних режимів за роздільною схемою.

У додатках наведено документи, що підтверджують впровадження результатів дослідження на виробництвах, таблиці та графічні матеріали, які формують базу експериментальних даних дослідження.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 25 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 5 статей у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus, з яких 3 статті у виданнях, віднесених до першого – третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank та Journal Citation Reports; 7 патентів України на корисну модель.



Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача вирізняються високим науковим рівнем та отримані з дотриманням принципів академічної доброчесності. У роботах, підготовлених у співавторстві, дисертанту належать лише ті розділи та положення, які розроблені ним самостійно. Інформація про особистий внесок здобувача у кожну з опублікованих ним робіт наведена у Додатку А «Список опублікованих праць за темою дисертації» (с. 210-215).

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Здобувач використовує в своїх дослідженнях сталь 30ХГСА в якості модельного матеріалу. Безперечно ця сталь є широко застосованою сталлю в виробках, що підлягають підвищеному зносу та потребують збільшення їх зносостійкості при експлуатації. Однак, виникає зрозуміле запитання, а як будуть поводити себе інші конструкційні сталі при застосуванні запропонованої комбінованої технології. Мабуть, проведення хоча б пошукових теоретичних та експериментальних досліджень на інших сталях не тільки б дало відповідь на це запитання, але й значно б розширило цінність виконаної роботи.

2. З матеріалів дисертації до кінця не зрозуміло, чому комбіноване термомеханічне зміцнення дробоструминною та лазерною термічною обробками забезпечує формування в поверхневому шарі деталі залишкових напружень стиску, які перевищують значення напружень стиску, утворених тільки лазерно-термічною обробкою, а зносостійкість зразка після комбінованої обробки збільшується в більш ніж 13 разів. Також має бути більш детальне пояснення чому зменшується кількість гідроксиду заліза на поверхні матеріалу після такої комбінованої технології.

3. Спроектовані і виготовлені здобувачем експериментальна установка для оздоблювально-зміцнювальної обробки металевих виробів та запропонована конструкція обладнання дробоструминної обробки для підвищення продуктивності термомеханічної поверхневої обробки відносяться до обладнання, що використовує комбінований механізм обробки, тобто дробоструминна обробка виконується окремо від лазерної термообробки, і ці дві технології рознесені в часі. Але великий інтерес викликає розробка гібридної технології, коли ці дві складові комплексної технології виконуються на об'єднаному обладнанні та одночасно. Це могло б значно підвищити продуктивність запропонованої технології.

4. Розроблені та запатентовані конструкторські рішення мають статус «корисної моделі», що не дуже захищає права здобувача на авторство. Вважаю,

що потрібна більш фундаментальна проробка таких конструкцій для отримання патентів на винахід як в Україні, так і в інших індустріально розвинутих країнах.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу.**

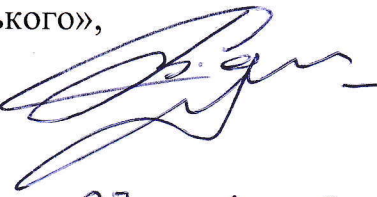
Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Данилейка Олександра Олександровича на тему «Підвищення експлуатаційних властивостей сталевих виробів комбінованою лазерною термомеханічною поверхневою обробкою» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 13 «Механічна інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Данилейко Олександр Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

### **Рецензент:**

доцент кафедри лазерної техніки  
та фізико-технічних технологій  
Національного технічного  
університету України  
«Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»,  
к. т. н., доц.



  
«03» січня

