

ВІДГУК

офіційного опонента 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.

Подальший розвиток галузей промисловості, таких як машинобудування, газовидобування, вугледобування, переробна та багато інших, обумовлений створенням нового обладнання з підвищеними швидкостями і навантаженням та покращеними експлуатаційними характеристиками і надійністю.

В сучасному машинобудуванні, аграрному господарстві, при створенні спеціальної техніки підвищення зносостійкості у багатьох випадках має вирішальне значення.

Зношеність робочих поверхонь деталей є причиною передчасного виходу їх з експлуатації, створюючи небезпеку при подальшій експлуатації машин і механізмів, що призводить до втрати ефективності технологій.

Проведення досліджень, наукових і науково-дослідних робіт в області розробки нових методів і комбінованих технологій обробки робочих поверхонь деталей машин і механізмів, є пріоритетними для подальшого розвитку НГК України.

Виходячи з вимог сучасності, тема дисертаційної роботи «Підвищення експлуатаційних властивостей сталевих виробів комбінованою лазерною термомеханічною поверхневою обробкою», яку сформулював здобувач Данилейко Олександр Олександрович, є актуальною, а дослідження, проведені ним у даному напрямку, є науково важливими і мають державне значення.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Розроблені наукові положення, висновки та рекомендації мають високий рівень обґрунтованості. Дисертантом опрацьована наукова, науково-технічна і патентна література, як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, якісно проаналізовані і осмислені явища, які супроводжують процеси фізико-технічної обробки матеріалів з використанням лазерного випромінювання і

механічної дії. При дослідженні питань, які витікають із завдання, автор порівнює їх із здобутками інших науковців, посилаючись на них в тексті, що свідчить про наукову культуру здобувача. Висновки і рекомендації висвітлені в роботі є осмисленим результатом проведених досліджень з використанням сучасних засобів вимірювання фізичних величин.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше розроблено спосіб, де використано лазерне випромінювання для гартування нанесеної деформаційним інструментом на поверхню матеріалу текстури та визначено оптимальні значення впливу лазерного випромінювання. Розроблений спосіб забезпечує збільшення глибини зміцнення поверхневого шару сталі 30ХГСА у 1,8 разів, порівнюючи з лазерною термічною обробкою, чим підвищує до 13 разів зносостійкість робочих поверхонь деталей машин, виготовлених з цієї сталі.

2. Вперше запропоновано і розроблено алгоритм визначення оптимальних технологічних режимів для вибору ефективної схеми комбінованої лазерної термомеханічної обробки деталей і інструментів із середньолегованих сталей.

3. Вперше запропоновано розрахунково-експериментальну залежність для визначення зони деформаційного впливу під час охолодження матеріалу при використанні комбінованого лазерного термомеханічного зміцнення за суміщеною схемою.

4. Експериментально підтверджено, що попередня деформаційна дія ДСО перед термічною дією ЛТО значно збільшує глибину модифікованого поверхневого шару для об'ємногартованого матеріалу у порівнянні з негартованим.

5. Встановлено зміну глибини, мікротвердості, ступінь деформації кристалітів, величину залишкових напружень та зносо- і корозійну стійкість зразків, зміцнених одиночними і комбінованими термомеханічними способами обробки.

Достовірність наукових положень, отриманих результатів і висновків, сформульованих у дисертаційній роботі Данилейка О.О., забезпечується:

- коректною постановкою задач і великим обсягом експериментальних досліджень, виконаних і випробуваних у НТУУ «КПІ», на ДП завод «Генератор», Державному концерні «Укроборонпром» та Приватному акціонерному товаристві «Хорольський механічний завод»;

- в рамках наукового проєкту № 0121U113829 «Підвищення зносо- та корозійної стійкості сталевих виробів комбінованим методом поверхневої лазерно-механічної обробки» із застосуванням сучасних методів

металографічного і дюрOMETричного аналізу, світлової та цифрової мікроскопії, спектрометрії, рентгеноспектрального аналізу, пірометрії, математичного моделювання, алгоритмів;

- узгодженості отриманих результатів з даними науково-технічних і патентних джерел;

- практичному результативному використанні у промисловій сфері України.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання 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 зміцнення поверхонь і поверхневих шарів матеріалів машинобудівної галузі комбінованими способами з використання лазерного випромінювання.

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. Текст роботи викладено послідовно представленому змісту, який побудований за існуючими вимогами. Текст легко сприймається, а в міру використана загальноприйнята наукова і технічна термінологія надає роботі додаткового позитиву.

Дисертація складається з анотації українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури (186 позицій) та додатків (10 позицій, загальним обсягом 38 сторінок). Загальний обсяг дисертаційної роботи становить 246 сторінок, обсяг основної частини – 170 сторінок. Дисертація містить 121 рисунок та 49 таблиць.

У вступі в наступній послідовності висвітлені:

- актуальність дослідження;
- зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами;
- мета дисертаційної роботи та завдання дослідження;
- об'єкт дослідження;
- предмет дослідження;
- методи дослідження;
- наукова новизна отриманих результатів;
- практичне значення отриманих результатів;
- особистий внесок дисертанта;
- апробація результатів дослідження;
- публікації;
- обсяг роботи.

Перший розділ «Особливості поверхневого зміцнення металевих деталей лазерною термомеханічною обробкою» є оглядовим. Представлено результати дослідження з огляду на останні іноземні і державні джерела інформації, автори яких публікують результати з наукових і інженерних розробок в області спрямованого модифікування поверхні металів лазерним випромінюванням, механічною дією – наклепом та іншими способами. Детально висвітлені питання з використання лазерної термомеханічної обробки для зміцнення головних ударних інструментів для дроблення та коронок для буріння, поверхневого зміцнення матеріалів і робочих поверхонь деталей лазерним променем. Представлені: класифікація видів поверхневої лазерної обробки, співвідношення між густиною потужності та супутніми процесами в структурі матеріалу при лазерному гартуванні, узагальнююча таблиця способів лазерної обробки; огляд основних методів обробки поверхонь виробів поверхневим пластичним деформуванням (ППД). Представлені матеріали зі зміцнення металевих виробів поверхневим пластичним деформуванням, куди входять інструменти, установки, структурні схеми технологічного процесу. У підрозділі «Комбінований спосіб термомеханічного поверхневого зміцнення» представлена узагальнююча класифікація комбінованих методів обробки виробів за групами та класифікація комбінованих методів обробки виробів за типом енергії, що затрачується. В розділі представлені: структурна схема термомеханічного зміцнення, циклограма способу термомеханічної обробки, розрахунково-експериментальна залежність температури нагрівання та

охладження поверхневого шару від часу при ЛТО та діапазон температури. Матеріал, який викладено у розділі 1, супроводжується схемами, рисунками, залежностями, математичними формулами, таблицями. Наприкінці розділу зроблені висновки за розділом 1.

У другому розділі «Теоретичні дослідження процесу термомеханічної поверхневої обробки», представлено моделювання процесів лазерної термічної обробки і механічного поверхневого пластичного деформування з використанням розроблених пакетів прикладних програм. Враховані особливості фізичного впливу лазерного випромінювання на метали. Надані результати математичного планування проведених експериментів. Визначені межі варіювання факторів при ЛТО, ППД і комбінованою обробкою ЛТО + ППД. В розділі представлено моделювання процесу дробоструминної обробки, розрахунок роботи утворення відбитка, визначення критичної швидкості поверхневого зміцнення, визначення кута атаки струменя з металевими кульками, теоретично обґрунтовані якісні характеристики поверхневого шару після дробоструминної обробки (ДСО). Матеріал, який викладено у розділі 2, супроводжується схемами, рисунками, залежностями, математичними формулами, таблицями. Наприкінці розділу зроблені висновки за розділом 2.

Третій розділ «Матеріали, обладнання та методики проведення експериментальних досліджень» містить матеріали з організації та проведення робіт з експериментальних досліджень. В розділі представлена розроблена та модернізована спеціалізована технологічна установка на базі обладнання з ЧПК для комбінованого динамічного / статичного ППД з обертанням, зокрема на базі верстата «DYNAMITE 2800» з використанням ударного дрилу «Vorskla ПМЗ 1050», що забезпечує точне позиціонування і отримання заданої глибини ППД та дозволяє здійснювати автоматизовану обробку робочих поверхонь деталей різної форми.

В розділі представлені розроблені методики експериментальних досліджень для визначення структурно-фазового складу та напруженого стану, структури поверхневого шару, твердості та мікротвердості зміцнених зон. Модернізовано пристрої для металографічних досліджень, що дозволило оцифрувати зображення для використання та подальшого дослідження на комп'ютерній техніці. Представлено розроблену установку для випробовування зразків на зносостійкість. Запропоновано методи випробувань на зношування і корозійну стійкість поверхні зразків для оцінки трибологічних властивостей та контактної взаємодії матеріалів за умов квазістатичних та динамічних режимів навантаження.

Представлено розроблену методику термомеханічної поверхневої обробки металевих виробів за комбінованою схемою, яка спочатку передбачає проведення пластичної деформації поверхневого шару виробу високошвидкісним потоком із сферичними дрібнорозмірними частками протягом визначеного часового інтервалу (для утворення подрібненої активованої структури), а потім – термообробку з високошвидкісним нагріванням лазерним променем поверхні деталі до температури області стабільного аустеніту та подальшим миттєвим охолодженням із швидкістю вище критичної швидкості гартування.

Загалом розділ 3. Для дослідження і вимірювання модифікованих поверхонь використані методи і інструментарій: металографічного і дюрOMETричного аналізу, світлової та цифрової мікроскопії, спектрометричний, рентгеноспектрального аналізу, пірометричний, інтерферометричний, дифрактометричний.

Матеріал, який викладено у розділі 3, супроводжується схемами, рисунками, залежностями, математичними формулами, таблицями. Наприкінці розділу зроблені висновки за розділом 3.

Четвертий розділ «Результати експериментальних досліджень» дисертаційної роботи містить результати експериментальних досліджень. До розділу увійшли матеріали, які відображають: вплив режимів ДСО на зміну глибини зміцнення, мікротвердість та структуру виробів зі сталі 45 та 30ХГСА; вплив режимів ЛТО на зміну глибини, структури та мікротвердості сталі 30ХГСА; визначення оптимальних режимів зміцнення сталі 30ХГСА комбінованою термомеханічною обробкою; аналіз зміни залишкових напружень у приповерхневій зоні зміцнених зразків зі сталі 30ХГСА; результати випробувань на зносо- та корозійну стійкість зразків зі сталі 30ХГСА після комбінованої термомеханічної обробки; визначення характеристик міцності ударних інструментів зі сталі 30ХГСА дробарки А1-ДМ2Р.

Отримані залежності мікротвердості від ДСО, ЛТО та від комбінованої обробки в різних режимах відображають взаємозв'язок параметрів поверхні і поверхневого шару від фізичного впливу (дії механічної сили і лазерного випромінювання) та вказують на наслідки.

Обґрунтованим, з наукових і експериментально отриманих результатів, є представлений алгоритм встановлення взаємозв'язків між експлуатаційними властивостями та параметрами процесу ДСО + ЛТО, рис. 4.5.1, що є стрижнем у досягнутій здобувачем меті, а саме – підвищення зносо- та корозійної стійкості виробів зі сталі 30ХГСА.

Матеріал розділу 4 супроводжується фотографіями, схемами, рисунками, залежностями, математичними формулами, таблицями. Наприкінці розділу 4 автором зроблені висновки за розділом 4.

П'ятий розділ «Рекомендації до практичного використання» дисертаційної роботи містить рекомендації до практичного використання розробленої технології. В розділі представлені: технологічна установка для комбінованого / гібридного термомеханічного зміцнення, рекомендації для практичного застосування ДСО, структурна схема реалізації лазерної термомеханічної поверхневої обробки, а також блок-схема алгоритму ДСО + ЛТО. Розділ містить фотографії, рисунки і схеми. Закінчується розділ висновками до розділу 5.

Дисертаційна робота закінчується загальними висновками.

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 базі даних Scopus, з яких 3 статті у виданнях, віднесених до першого – третього квартилів (Q1-Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 7 патентів України на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача високий, а наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача з дотриманням принципів академічної доброчесності

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Розділ 1. Рис. 1.3.2. та Рис. 1.3.3. На рисунках немає виносок, які вказують на багаточисельність структур. Тому рисунки важко сприймаються.

2. Розділ 1. пункт 1.3., с. 42. Серед основних недоліків лазерного гартування варто означити ... 3) захист від радіації Немає пояснень.

3. Розділ 2. Формула 2.23 містить $\lambda(T)$ $c(T)$. Що це за позначення, не зрозуміло, оскільки λ – довжина хвилі лазерного випромінювання (у переліку умовних позначень).

4. Розділ 2. Формула 2.26. A – коефіцієнт поглинальної здатності поверхні (за переліком умовних позначень це – коефіцієнт поглинальної здатності матеріалу).

5. У розділі 2, при моделюванні, не знайшов, чи враховується параметри поверхні і поверхневого шару, в залежності від попередніх видів обробки матеріалу (технологічної спадковості)? Чому?

6. Розділ 3. Рис. 3.3.1.3. – мікроскоп Andonstar AD106S є цифровим мікроскопом, а не електронним.

7. У розділі 3 не роз'яснюється, що є робочими поверхнями (їх форма і фізичні розміри) на інструментах обробки, які у першу чергу піддаються зношенню і руйнуванню, тобто на які поверхні або частини поверхні спрямовані дослідження? Це можуть бути ділянки плоских поверхонь, неплоских поверхонь, отворів, границь отворів тощо. Термін «робоча поверхня» чогось не звучить.

8. Розділ 4. Не показано, як готувалися зразки сталі 45 і 30ХГСА для визначення мікротвердості за глибиною від поверхні зразків (прямі шліфи чи косі?). І чому?

9. Розділ 4. Рис. 4.2.1. – дуже потрібна схема, але не вказані глибини (мкм) зазначених зон. Це могли б бути або очікувані або отримані значення глибин з розгорнутими, як воно є далі за текстом, даними (залежностями мікротвердості від глибини).

10. Розділ 5. У назві підрозділу 5.1 «Технологічна установка для комбінованого / гібридного термомеханічного зміцнення» з'являється слово «гібридного» без пояснень, чому?

11. Розділ 5. Підрозділ 5.2. На рис. 5.2.1 зображено установки для ДСО, конструкція яких передбачає використання води та абразивних засобів (засобів чи матеріалів) для обробки різноманітних прецизійних деталей ... Немає пояснень.

Вважаю, що недоліки в роботі і 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».

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри технології
та обладнання машинобудівних виробництв
Черкаського державного
технологічного університету,
д.т.н., професор



Георгій КАНАШЕВИЧ

М.П.

08. 01. 2024 року

Генеральний секретар



Генеральний секретар