

ВІДГУК

офіційного опонента, кандидата технічних наук, доцента, наукового співробітника відділу міцності матеріалів і елементів конструкцій в термосилових полях і газових потоках Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка Лопати Лариси Анатоліївни, на дисертаційну роботу Гловина Михайла Андрійовича «Триботехнічні властивості дискретно азотованих лазерною хіміко-термічною обробкою покриттів», представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

Загальна оцінка дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Гловина Михайла Андрійовича присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання — підвищенню зносостійкості, надійності та довговічності елементів трибоспрямижень шляхом формування азотованих поверхонь дискретної структури комбінованою лазерною хіміко-термічною обробкою (ЛХТО).

Актуальність теми не викликає сумнівів. Проблема забезпечення високої контактної витривалості деталей машин в умовах інтенсивного тертя та циклічних навантажень залишається однією з ключових у сучасному машинобудуванні, особливо для авіаційної, транспортної та енергетичної техніки. Автор обґрунтовано обрав перспективний напрям — перехід від суцільних покриттів до керованих дискретно-градієнтних структур, що дозволяє поєднати високу твердість з необхідною пластичністю та сприятливим полем залишкових напружень.

Наукова гіпотеза дослідження (підвищення триботехнічних властивостей за рахунок керованого структурно-енергетичного стану поверхневого шару) є сучасною та методично обґрунтованою. Вона визначає внутрішню логіку всієї роботи.

Структура дисертації раціональна, включає вступ, чотири розділи, висновки, список літератури та додатки. Матеріал викладено послідовно — від теоретичного аналізу до експериментальних результатів, математичного моделювання та практичних рекомендацій.

Аналіз першого розділу дисертації

У першому розділі проведено огляд фундаментальних і сучасних концепцій тертя та зношування (моделі Боудена–Табора, Крагельського, Костецького, Бершадського та ін.). Автор обґрунтував обмеженість традиційних методів азотування в циклічних режимах і перспективність технологій дискретного зміцнення поверхонь деталей. Особливо цінним є перехід до структурно-енергетичного підходу як теоретичної основи дослідження. Розділ завершується чітким формулюванням мети та завдання роботи.

Аналіз другого розділу дисертації

Другий розділ присвячено методичному забезпеченню дослідження. Автор обґрунтовано обрав об'єкти дослідження (сталі 40X, 38X2МЮА, Р6М5) та комбіновану технологію (газове азотування + ЛХТО). При проведенні

досліджень використовувався комплекс таких сучасних методів, як рентгенівська дифракція $\sin^2\psi$, трибологічні випробування на М-22М та металографічні дослідження. Позитивно оцінюється застосування методів математичного планування експерименту та його статистичної обробки, що забезпечує відтворюваність і надійність результатів.

Аналіз третього розділу дисертації

Третій розділ — основний за науковим змістом. Тут експериментально підтверджено наукову гіпотезу. Автор встановив екстремальний характер залежностей зносостійкості від параметрів ЛХТО, визначив її оптимальні режими ($q \approx (3,5-4,1) \times 10^7$ Вт/см², $S \approx 3,7-3,8$ мм, $\phi = 20-40$ %), показав зниження інтенсивності зношування в 2,8–6,0 разів. Важливим є аналіз градієнтного профілю мікротвердості (до 1074–1275 HV) та стискаючих залишкових напружень і запропонована напівемпірична модель коефіцієнта тертя (похибка $\leq 8,4$ %). Отримані результати дослідження ЛХТО порівнювались з традиційними методами зміцнення.

Аналіз четвертого розділу дисертації

Четвертий розділ присвячено багатокритеріальній оптимізації. Автор розробив інтегральний критерій ефективності F , побудував технологічну карту режимів і перевіряв рекомендації на сталі 20 (зниження зношування в 5–7 разів). Застосування регресійних моделей другого порядку та оптимізації за комплексом показників є сильною стороною роботи та надає їй практичної спрямованості.

Оцінка наукової новизни

Наукова новизна дисертаційної роботи є достатньо переконливою та підтверджується отриманими експериментальними результатами.

Найбільш вагомими науковими результатами, на мою думку, є:

- встановлення закономірностей впливу параметрів дискретної лазерної хіміко-термічної обробки на формування структурно-енергетичного стану поверхневого шару;
- експериментальне підтвердження впливу геометрії дискретних зміцнених зон на процеси адаптації контактуючих поверхонь у процесі тертя;
- розвиток підходу до прогнозування триботехнічних характеристик із використанням математичних моделей та методів багатокритеріальної оптимізації;
- визначення раціональних параметрів лазерної хіміко-термічної обробки для підвищення зносостійкості азотованих поверхонь конструкційних сталей.

Отримані результати мають не лише прикладний, але й теоретичний характер, оскільки розширюють сучасні уявлення про механізми функціонування дискретно модифікованих поверхневих шарів в умовах тертя.

Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність дисертації полягає у створенні науково обґрунтованих рекомендацій щодо вибору технологічних режимів лазерної хіміко-термічної

обробки для формування зміцнених поверхневих шарів дискретної структури з покращеними триботехнічними характеристиками.

Запропоновані математичні моделі та результати оптимізації можуть бути використані при розробленні технологічних процесів поверхневого зміцнення деталей машин транспортного, енергетичного та загального машинобудування.

Особливо цінним є те, що автор дисертаційної роботи доводить можливість практичного застосування розроблених рекомендацій не лише для сталей, досліджених в основній частині роботи, а й демонструє перспективність їх використання для інших конструкційних матеріалів.

У цілому практичні результати дисертації мають достатній рівень готовності до впровадження та можуть бути використані під час удосконалення технологій поверхневого зміцнення деталей, які працюють в умовах інтенсивного тертя та контактних навантажень.

Повнота викладення результатів дисертації у наукових публікаціях

Результати дисертаційної роботи апробовані на конференціях і опубліковані у фахових виданнях, що відповідає вимогам.

За змістом публікацій можна зробити висновок, що результати дисертаційної роботи пройшли належну наукову апробацію, були предметом професійного обговорення та відповідають тематиці дисертаційного дослідження.

Особистий внесок здобувача

Зміст дисертаційної роботи, наведені результати експериментальних досліджень, математичного моделювання та узагальнення дозволяють зробити висновок, що всі основні наукові результати отримані здобувачем особисто.

У роботах, виконаних у співавторстві, особистий внесок дисертанта чітко визначений і полягає у постановці окремих експериментальних задач, проведенні досліджень, аналізі отриманих результатів, побудові математичних моделей та формулюванні висновків.

Підстав сумніватися у самостійності виконання дисертаційного дослідження не вбачається.

Дискусійні положення та зауваження

Попри загальне позитивне враження від дисертації, до роботи можна висловити окремі зауваження та побажання.

1. У літературному огляді бажано ширше представити міжнародні дослідження останніх років з лазерного текстурування та комбінованих технологій.

2. Для глибшого розуміння механізмів зміцнення доцільно доповнити дослідження результатами фазового аналізу або скануючої електронної мікроскопії.

3. У математичних моделях рекомендується чіткіше визначити межі їхньої застосовності за різних умов експлуатації (мастило, температура, навантаження).

4. Варто розширити оцінку впливу дискретної структури на контактну втому та втомну довговічність.

5. Перспективним є дослідження технологічної відтворюваності процесу для деталей складної геометрії.

6. Окремі графіки з багатофакторними залежностями можна оптимізувати (частину замінити узагальнювальними таблицями).

7. Бажано оцінити економічний ефект від впровадження (збільшення ресурсу деталей, зниження витрат).

Зазначені зауваження мають переважно дискусійний характер, не стосуються принципів положень дисертації, не впливають на достовірність отриманих результатів і не знижують загальної позитивної оцінки виконаного дослідження.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Гловина Михайла Андрійовича «Триботехнічні властивості дискретно азотованих лазерною хіміко-термічною обробкою покриттів» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому розв'язано актуальне науково-прикладне завдання, що має істотне значення для розвитку прикладної механіки, інженерії матеріалів та технологій поверхневого зміцнення.

Отримані результати характеризуються науковою новизною, достатнім рівнем теоретичного обґрунтування, експериментальної перевірки та практичної значущості. Висновки дисертації є логічними та достатньо аргументованими.

За своїм змістом, науковим рівнем, актуальністю, новизною та практичним значенням дисертаційна робота відповідає вимогам 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 № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами), а її автор, Гловин Михайло Андрійович, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

Офіційний опонент:

науковий співробітник Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка, відділ міцності матеріалів і елементів конструкцій в термосилових полях і газових потоках (№6), к.т.н., доцент



Лариса ЛОПАТА

Підпис к.т.н. Лопати Л. А. засвідчую
Учений секретар Інституту Проблем
міцності імені Г.С. Писаренка НАН України
кандидат технічних наук



Світлана ТАРАСОВСЬКА