

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Гловина Михайла Андрійовича «Триботехнічні властивості дискретно азотованих лазерною хіміко-термічною обробкою покриттів», подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Актуальність теми дисертації

Проблема підвищення зносостійкості, надійності та довговічності елементів трибоспряження машин і механізмів, які працюють в умовах інтенсивного тертя, циклічних навантажень та фретингу, залишається однією з найактуальніших у прикладній механіці, трибології та інженерії поверхні. Значна частка відмов техніки пов'язана саме зі зносом робочих поверхонь.

У дисертації запропоновано перспективний комбінований підхід – попереднє газове азотування з наступною локалізованою лазерною хіміко-термічною обробкою (ЛХТО) за сітчасто-стільниковою схемою. Це дозволяє формувати дискретно-градієнтні поверхневі шари з оптимальним поєднанням зон підвищеної твердості, пластичності та сприятливого поля стискаючих залишкових напружень. Такий метод ефективно знижує локалізацію контактних напружень і підвищує експлуатаційні характеристики деталей. Тема є актуальною та повністю відповідає сучасним тенденціям розвитку поверхневого зміцнення матеріалів.

Загальна характеристика роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, основних результатів і висновків, списку використаних джерел та додатків. Структура роботи є логічною, матеріал викладено послідовно, а зміст окремих розділів відповідає поставленій меті та завданням дослідження.

У вступі належним чином обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, сформульовано завдання, об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану проблеми. Автор систематизував основні підходи до підвищення триботехнічних властивостей

поверхневих шарів та обґрунтував доцільність використання комбінованої лазерно-хіміко-термічної обробки.

У другому розділі детально описано комплексну експериментальну методику (матеріали 40Х, 38Х2МЮА, Р6М5, ШХ15; двоетапна технологія; трибологічні випробування на М-22М; металографія, мікротвердість, рентгенівська дифракція).

Третій розділ містить основні експериментальні результати: встановлено екстремальний характер залежностей зносостійкості від параметрів ЛХТО, оптимальні режими ($q \approx (3,5-4,1) \times 10^7$ Вт/см², $S \approx 3,7-3,8$ мм, $\varphi = 20-40$ %), зниження інтенсивності зношування в 2,8–6,0 разів.

Четвертий розділ присвячено багатокритеріальній оптимізації та практичним рекомендаціям (технологічна карта режимів, інтегральний критерій ефективності F).

Ступінь обґрунтованості наукових положень

Наукові результати обґрунтовані комплексом сучасних методів: трибологічні випробування, металографічний аналіз, вимірювання мікротвердості (ПМТ-3М), визначення залишкових напружень (ДРОН-3М, $\sin^2\psi$), статистична обробка та регресійне моделювання. Експериментальні дані узгоджуються з теоретичними положеннями контактної механіки та енергетичними концепціями зношування. Автор не лише встановлює закономірності, а й пояснює їх механізми (перерозподіл напружень, самоорганізація поверхневого шару, прискорення припрацювання).

Наукова новизна

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у встановленні нових закономірностей формування дискретно-градієнтної структури поверхневих шарів після комбінованої лазерно-хіміко-термічної обробки, визначенні впливу параметрів дискретної структури на коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування, а також розробленні математичної моделі еволюції коефіцієнта тертя під час припрацювання.

Значний інтерес становить встановлений механізм підвищення зносостійкості за рахунок формування системи локальних зміцнених зон, які

забезпечують більш рівномірний розподіл контактних напружень та зменшують імовірність локального руйнування поверхневого шару.

З позицій механіки матеріалів важливим результатом є розвиток підходів до оцінювання напружено-деформованого стану поверхневих шарів після комбінованої обробки та встановлення його взаємозв'язку з процесами контактного руйнування.

Практичне значення

Результати роботи мають прикладну цінність для авіаційного, транспортного та загального машинобудування. Запропоновані регресійні моделі та технологічна карта режимів дозволяють прогнозувати триботехнічні характеристики та оптимізувати технологічні процеси без надмірних експериментів. Окремі результати впроваджено в практику.

Повнота викладення результатів дослідження та їх апробація

Робота апробована на конференціях, результати опубліковано у фахових виданнях.

Кількість і рівень публікацій відповідають вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Зміст публікацій повною мірою відображає основні положення дисертації, а наведені результати узгоджуються з матеріалами роботи.

Матеріал дисертації характеризується логічною послідовністю викладення, достатнім рівнем аргументації та належною якістю графічного матеріалу. Висновки кожного розділу логічно впливають із наведених експериментальних результатів і є підґрунтям для загальних висновків роботи.

Оцінка рівня виконання дослідження

Дисертаційна робота виконана на високому науково-методичному рівні. Автором проведено значний обсяг експериментальних досліджень, результати яких систематизовано та проаналізовано із застосуванням сучасних методів математичної статистики.

Позитивною рисою роботи є комплексний підхід до вирішення поставленої наукової задачі. Автор не обмежився лише експериментальним визначенням триботехнічних характеристик, а здійснив аналіз механізмів

формування зміцнених поверхневих шарів, особливостей розвитку контактної взаємодії та впливу технологічних параметрів на напружено-деформований стан матеріалу.

Водночас аналіз роботи з позицій механіки міцності дозволяє сформулювати низку зауважень і рекомендацій.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Одним із ключових чинників, що визначають довговічність зміцнених поверхневих шарів, є розподіл залишкових напружень після лазерно-хіміко-термічної обробки. У дисертації наведено результати їх оцінювання, проте недостатньо розглянуто вплив градієнта залишкових напружень по товщині модифікованого шару на зародження та розвиток контактно-втомних пошкоджень.

2. При аналізі механізму підвищення зносостійкості основну увагу приділено твердості та геометричним параметрам дискретної структури. Разом із тим доцільно було б ширше проаналізувати вплив локальної концентрації напружень на межі зміцнених і незміцнених ділянок, оскільки саме ці зони можуть бути потенційними осередками накопичення пошкоджень.

3. При дослідженні триботехнічних характеристик доцільно було б доповнити результати аналізом контактної витривалості за багатоциклового навантаження, що дозволило б повніше оцінити довговічність запропонованих зміцнених поверхонь.

4. У роботі наведено результати визначення мікротвердості, однак практично відсутній аналіз локальних пружно-пластичних характеристик матеріалу, які суттєво впливають на напружено-деформований стан поверхневих шарів при контактній взаємодії.

Слід зазначити, що наведені зауваження мають переважно рекомендаційний характер, не стосуються принципових положень дисертації та не знижують наукової цінності отриманих результатів.

Академічна доброчесність

Аналіз змісту дисертаційної роботи, структури викладення матеріалу, оформлення посилань на використані джерела та опублікованих наукових праць

автора дає підстави вважати, що дисертацію виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності. Використані положення інших авторів супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями, а отримані наукові результати мають ознаки самостійності та належним чином аргументовані.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Гловина Михайла Андрійовича є завершеним, самостійним науковим дослідженням, в якому вирішено актуальне науково-технічне завдання підвищення триботехнічних властивостей поверхневих шарів шляхом формування дискретно азотованих покриттів лазерною хіміко-термічною обробкою. Отримані результати характеризуються науковою новизною, теоретичною обґрунтованістю та практичною значущістю.

Робота відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії (постанова КМУ № 44 від 12.01.2022 зі змінами). Автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Рецензент

Кандидат технічних наук, доцент,

Доцент кафедри прикладної механіки та інженерії матеріалів,

Аерокосмічного факультету

Національного університету «Київський авіаційний інститут»

 Олександр БАШТА
