

Голові разової спеціалізованої вченої ради PhD 14951
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя
д.т.н., професору Яснію Володимирі Петровичу

РЕЦЕНЗІЯ

**кандидата технічних наук, доцента Гупки Андрія Богдановича
на дисертаційну роботу
Семегена Володимира Олеговича
«Забезпечення параметрів якості при формуванні частково регулярних
мікрорельєфів на плоских поверхнях»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
з галузі знань 13 «Механічна інженерія»
за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»**

1. Актуальність теми дисертаційної роботи та зв'язок з науковими напрямками, темами

Розвиток сучасного машинобудівного комплексу безпосередньо пов'язаний із необхідністю підвищення експлуатаційної надійності та довговічності триботехнічних систем. Використання традиційних методів фінішного оброблення для високонавантажених пар тертя часто не забезпечує достатньої стійкості до адгезійного схоплювання в умовах значних питомих тисків і високих температур.

У цьому контексті технологія утворення регулярних мікрорельєфів шляхом поверхневого пластичного деформування є високоефективним інструментом покращення трибологічних характеристик відповідальних поверхонь деталей машин. Дисертація доктора філософії Семегена В.О., яка присвячена визначенню оптимальних режимів формування регулярних мікрорельєфів для забезпечення необхідних параметрів якості поверхні є актуальною. Дослідження виконано в рамках пріоритетного напрямку розвитку

науки і техніки України «Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій» та ініціативної науково-дослідної роботи Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Наукові основи покращення експлуатаційних властивостей робочих поверхонь деталей технологічними методами» (№ державної реєстрації 0125U003762). Тематика роботи цілком відповідає предметній області спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

2. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи

Наукова новизна отриманих в дисертаційному дослідженні результатів полягає в наступному:

- вперше отримано аналітичні залежності для розрахунку відносної площі регулярних і частково регулярних мікрорельєфів з трикутною формою канавок для I, II та III типів мікрорельєфу. Вони дозволяють визначити вплив режимів формування та геометричних параметрів канавок на плоских поверхнях, оброблених вібраційним обкочуванням, з урахуванням площі їхнього взаємного перекриття.

- удосконалено наукові підходи до прогнозування шорсткості та маслоємності оброблених поверхонь. Це досягнуто шляхом побудови багатофакторних регресійних залежностей із застосуванням дисперсійного аналізу ANOVA, які описують сумісний вплив швидкості подачі інструменту та типу мікрорельєфу на стандартизовані параметри профілю за стандартом EN ISO 21920-2:2021.

- набули подальшого розвитку закономірності зміни фізико-механічного стану поверхневого шару металу. Отримано регресійні залежності впливу типу мікрорельєфу та подачі інструменту на мікротвердість поверхні. Додатково побудовано 3D-діаграми розподілу мікротвердості за Віккерсом на гребенях та дні канавок, що дозволяє керувати інтенсивністю пластичної деформації та глибиною зміцненого шару.

3. Практична цінність одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає у:

- створенні комплексної інженерної методики для науково обґрунтованого вибору раціональних режимів формування різних типів мікрорельєфів та для забезпечення заданих параметрів якості поверхні;
- встановленні оптимальних значень подач інструменту та геометричних параметрів мікрорельєфу зокрема його типу, при яких досягаються максимальні значення маслоємності поверхні;
- визначення закономірностей впливу подачі інструменту з деформувальним елементом на зміну параметрів шорсткості (R_a , R_z , R_{ak} , R_{vk} , $R_{mc(25\%)}$) та мікротвердості поверхонь.
- розробленні принципової схеми формування регулярного мікрорельєфу з накладанням зворотно-поступального осциляційного руху, перпендикулярного до напрямку руху подачі.

Ефективність розроблених рішень підтверджено впровадженням у виробничу діяльність ТзОВ «Булат» (м. Тернопіль) у вигляді методики розрахунку параметрів мікрорельєфів на рухомих частинах обладнання для підвищення довговічності, а також в освітній процес кафедри автотранспорту та логістики ТНТУ імені Івана Пулюя при викладанні лекційних матеріалів з дисципліни «Автомобільні двигуни».

4. Повнота викладення результатів дослідження у наукових публікаціях, дотримання вимог академічної доброчесності

Матеріали дисертаційного дослідження Семегена В.О. достатньо повно висвітлені у 12 наукових публікаціях. До їх числа входять 3 статті у періодичних виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus (видання кuartилів Q2/Q3), 2 статті у фахових виданнях України (категорія Б), 6 тез доповідей на міжнародних і всеукраїнських конференціях та 1 патент України на корисну модель. Зміст опублікованих праць адекватно та повно відображає основні ідеї дисертації. Усі запозичені ідеї та результати інших

дослідників супроводжуються відповідними посиланнями на джерела. Фактів академічного плагіату, фальсифікації чи інших порушень норм академічної доброчесності у поданій роботі не виявлено.

5. Ступінь обґрунтованості та достовірність сформульованих в дисертації наукових положень, висновків і рекомендацій

Висновки та наукові положення, сформульовані в дисертації, відзначаються високим рівнем обґрунтованості завдяки вдалому поєднанню теоретичного моделювання та комплексу експериментальних досліджень. Теоретичні розрахунки спираються на сучасний математичний апарат, теорію проведення експериментів та методи багатфакторного дисперсійного аналізу з використанням програмного забезпечення MathCAD, Minitab і Statistika. Достовірність результатів забезпечується проведенням натурних експериментів на сертифікованому обладнанні, зокрема оброблювальному центрі HAAS TM-1, профілометрі Mitutoyo SurfTest SJ-301 та мікротвердомірі HVS-1000. Отримані високі значення коефіцієнтів детермінації для розроблених регресійних моделей (до 97.8% для мікротвердості) переконливо доводять адекватність запропонованих математичних описів реальним фізичним процесам.

6. Оцінка змісту дисертації

Робота Семенюка В.О. являє собою цілісне наукове дослідження, викладене на 113 сторінках основного тексту. Структурно дисертація містить вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 117 найменувань та 14 додатків. Матеріал проілюстровано 106 рисунками та 37 таблицями.

Вступ розкриває актуальність теми, мету, завдання, об'єкт, предмет, наукову новизну та практичну цінність роботи.

Перший розділ містить детальний аналіз причин втрати працездатності високонавантажених деталей пар тертя, зокрема конусних дисків варіаторів Jatco та циліндро-поршневої групи двигунів KIA Sportage, з обґрунтуванням

робочої гіпотези щодо ефективності частково регулярних мікрорельєфів для запобігання задироутворенню. У цьому розділі автор не лише описує наявні дефекти, а й наводить глибокий аналіз факторів, що призводять до їх виникнення, таких як теплові навантаження та мікрогеометрія взаємодіючих поверхонь, що створює міцне підґрунтя для подальших експериментів.

Другий розділ присвячено теоретичному моделюванню процесу формування канавок та виведенню аналітичних залежностей для розрахунку відносної площі різних типів мікрорельєфів із побудовою відповідних графіків у MathCAD. Автор детально зупиняється на кінематиці процесу та розробив математичні моделі, які дозволяють точно прогнозувати площу мікрорельєфу залежно від обраного типу мікрорельєфу та режимів його формування, що має ключове значення для забезпечення оптимальних трибологічних характеристик.

Третій розділ описує методику та результати експериментальних досліджень впливу режимів формування швидкості подачі, зусилля деформування та типу мікрорельєфу на параметри шорсткості і маслоємності зразків з магнієвого сплаву AZ31. Використання сучасного профілометричного обладнання та методів статистичної обробки даних дозволило автору отримати достовірні результати, які підтверджують ефективність запропонованих технологічних режимів. Зокрема, показано домінуючий вплив типу мікрорельєфу на маслоємність, що має велике значення для практичного застосування.

Четвертий розділ присвячений дослідженню мікротвердості та мікроструктурних змін поверхневого шару сталі AISI 304L, де встановлено суттєве підвищення мікротвердості за рахунок деформації та подрібнення зерен аустеніту. Автор наводить детальний аналіз впливу густоти канавок на розподіл мікротвердості, що дозволяє оптимізувати процес поверхневого зміцнення. За рахунок цього вдалося виявити оптимальний тип мікрорельєфу для забезпечення максимальної мікротвердості.

У загальних висновках наведено підсумки виконаної роботи, які повністю відображають вирішення поставлених завдань і підтверджують досягнення мети дисертаційного дослідження.

Список використаних джерел охоплює значну кількість наукових праць вітчизняних та закордонних авторів, що свідчить про ґрунтовний аналіз сучасного стану досліджень у даній предметній області.

У додатках подано допоміжні матеріали, що доповнюють основний зміст роботи, зокрема відомості про апробацію результатів дослідження, список публікацій автора за темою дисертації, акти впровадження результатів дослідження, профілограми досліджуваних поверхонь та інше.

7. Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України

Подана дисертація виконана на належному науковому рівні та відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії. Тематика роботи, її зміст та опубліковані результати повністю узгоджуються з паспортом спеціальності 131 «Прикладна механіка» (за галуззю знань 13 «Механічна інженерія»).

8. Зауваження до дисертації

Високо оцінюючи наукову та практичну значущість дисертаційного дослідження, слід вказати на деякі зауваження:

1. У дисертації ґрунтовно досліджено вплив параметрів мікрорельєфу на маслоємність як основний фактор підвищення зносостійкості пар тертя. Проте в роботі відсутні результати прямих трибологічних випробувань наприклад, випробувань на зношування або визначення коефіцієнта тертя, які б емпірично підтвердили ефективність запропонованих геометричних параметрів у реальних умовах контактної взаємодії.

2. Отримані у третьому розділі стохастичні регресійні моделі для оцінки параметра шорсткості R_{ak2} (рівняння 3.5) та відносної опорної довжини профілю

$R_{mc(25\%)}$ (рівняння 3.6) демонструють коефіцієнт детермінації R^2 на рівні 71,99%–72,01%. Для підвищення прогностичної здатності та точності цих моделей варто було б додатково розглянути застосування нелінійних методів регресійного аналізу.

3. Експериментальні дослідження параметрів шорсткості проводилися на магнієвому сплаві AZ31, а мікроструктури та мікротвердості – на аустенітній нержавіючій сталі AISI 304L. Було б доцільно розширити експериментальну базу, протестувавши запропоновані режими формування на легованих конструкційних сталях (наприклад, 30ХГС, яка згадується у першому розділі як матеріал для варіаторів), що підтвердило б універсальність розроблених інженерних методик.

4. Хоча предмет дослідження чітко обмежений плоскими поверхнями, в огляді літератури автор активно апелює до реальних вузлів машин із криволінійними поверхнями (конусні диски варіаторів, гільзи циліндрів ДВЗ). Дисертація виграла б від наявності рекомендацій щодо адаптації або коригування знайдених оптимальних режимів вібраційного обкочування під час їх перенесення на циліндричні чи конічні деталі.

Наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку роботи, не знижують рівня достовірності отриманих результатів і мають характер побажань для подальшого розвитку наукових досліджень здобувача.

9. Висновки:

Дисертаційна робота Семегена Володимира Олеговича «Забезпечення параметрів якості при формуванні частково регулярних мікрорельєфів на плоских поверхнях» є самостійним, завершеним науковим дослідженням. У роботі успішно вирішено актуальне науково-прикладне завдання щодо підвищення надійності важконавантажених деталей машин шляхом оптимізації геометричних та технологічних параметрів формування мікрорельєфу. За своїм обсягом, рівнем виконання та науковою новизною дисертація повністю відповідає вимогам спеціальності 131 «Прикладна механіка» (галузь знань 13

«Механічна інженерія»). Робота задовольняє вимоги наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р. Автор дисертації, Семеген В.О., цілком заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Рецензент

к.т.н., доцент,

Доцент кафедри автотранспорту та логістики

Тернопільського національного технічного

університету імені Івана Пулюя

Андрій ГУПКА



Андрій Гупка
В.О. Семеген