

ВІДГУК

**офіційного опонента кандидата технічних наук
Дзюри Володимира Олексійовича
на дисертаційну роботу Дахнюка Олександра Петровича «Технологічне
забезпечення зносостійкості робочих поверхонь спряжених деталей машин
на операціях механічного оброблення», представлену на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 –
технологія машинобудування**

Актуальність теми досліджень

Комплексний підхід до технологічного забезпечення зносостійкості деталей заснований, на оцінюванні показників якості деталей, які характеризують їх геометричну форму, якості поверхневого шару та об'ємних властивостей, залежно від технологічних факторів, а також на прогнозуванні експлуатаційних властивостей деталей в залежності від їх показників якості.

Особливо складним є виготовлення деталей типу «тіла обертання», дотичні поверхні яких обмежені складним фасонним профілем, оскільки в даному випадку складові сили різання, параметри режиму оброблення, а, отже, і величини показників якості можуть змінюватися уздовж профілю. Фасонні поверхні деталей типу тіл обертання можуть працювати, як в парі з відповідними фасонними поверхнями, так і практично з будь-якими іншими поверхнями, наприклад площинами, циліндрами, торами та ін.

Оскільки технологічний процес виготовлення таких деталей містить ряд операцій чорнового та чистового механічного оброблення, формування необхідних значень показників якості функціональних поверхонь доцільно прогнозувати вже на етапі технологічної підготовки виробництва. Принципи спрямованого формування експлуатаційних властивостей деталей спрямовані на те, щоб за заданих значень показників якості готової деталі, відомому діапазоні значень показників якості вихідної заготовки, особливостях технологічної спадковості та з урахуванням взаємного впливу в процесі оброблення розробити ефективний технологічний процес і забезпечити отримання регламентованих експлуатаційних показників якості.

Таким чином, дослідження в напрямку створення технологічних процесів з урахуванням показників якості вихідної заготовки для спрямованого формування експлуатаційних характеристик робочих поверхонь спряжених деталей для підвищення зносостійкості фрикційних пар є **актуальними**, оскільки їх результати можуть принести значний вклад у підвищення зносостійкості та довговічності спряжених деталей типу «тіло обертання», а отже, і якості продукції вітчизняного машинобудування, її конкурентоспроможності на світовому ринку.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, наведених у дисертаційній роботі, їх достовірність і новизна, повнота викладу у наукових фахових виданнях

Наукові положення, пропозиції та висновки у повній мірі обґрунтовані експериментальними й теоретичним дослідженнями та перевірені у виробничих умовах, тому їх слід вважати достовірними.

Базою для проведених досліджень служили наукові основи технології машинобудування, теорія коливання пружних систем, теорія надійності машин і сучасна теорія та практика дослідження надійності технологічного забезпечення якості та експлуатаційних властивостей деталей машин, фізико-статистична теорія формування геометричних параметрів поверхонь, теоретичні основи технологічного забезпечення параметрів стану поверхневого шару та експлуатаційних характеристик деталей на стадіях їх виготовлення, методи розв'язання диференціальних рівнянь для моделювання системи динаміки; методи планування експерименту й математичної статистики для проведення експериментальних досліджень, аналізу та подальшого оброблення їх результатів.

В ході досліджень та аналізу геометричної структури поверхонь для визначення параметрів мікрорельєфу утворених поверхонь використовувалось наступне метрологічне устаткування: автоматизований дослідницький комплекс на базі профілографа-профілометра моделі 101, координатно-вимірювальна машина WENZEL LH 108, установка «ВНИПП-542» – для випробування підшипників кочення на довговічність.

Висновки і рекомендації, які наведені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, їхня достовірність підтверджена експериментально.

Повнота викладу результатів досліджень підтверджена 19 публікаціями, серед яких 6 фахових, 1 у міжнародному науковому виданні, що входить до наукометричних баз Web of science та 1 патент України на корисну модель.

Оцінка наукової новизни результатів дисертації

Під час реалізації поставленої в дисертаційній роботі мети сформульовано наукову новизну та предмет дослідження. Мета роботи полягає у вдосконаленні технології формоутворення функціональних поверхонь спряжених деталей на токарних операціях для підвищення надійності та довговічності вузлів машин.

Наукова новизна роботи полягає в наступному:

- виявлення закономірностей формування показників якості поверхневого шару деталі при токарному обробленні з урахуванням взаємного впливу формованих показників.

Для цього вперше:

1. Розроблено технологію токарного оброблення із застосуванням ітераційного підходу для формування мікрогеометричних характеристик спряжених поверхонь пар тертя, що за якісними характеристиками відповідають поверхням, отриманим на викінчувальних шліфувальних операціях;

2. Встановлено взаємозв'язки технологічних методів механооброблення з формуванням параметрів зносостійкості функціональних поверхонь в контексті закономірностей формоутворення стійкого експлуатаційного стану з урахуванням фактору технологічної спадковості;

3. Розроблено модель динаміки технологічного процесу лезового оброблення з метою визначення превалюючої складової сили різання для раціонального вибору та призначення технологічних режимів механічного оброблення;

4. Запропоновано методику селективного оброблення дотичних поверхонь пар та рекомендації щодо особливостей складання вузлів фрикційних пар;

5. Запропоновано спосіб оцінки параметрів зносостійкості функціональних поверхонь пар тертя із застосуванням теорії елементарних циліндричних поверхонь;

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Повний обсяг дисертації – 194 сторінки машинописного тексту, в тому числі – 68 ілюстрацій, 15 таблиць, 8 додатків та список використаних джерел з 104 найменувань.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, об'єкт, предмет досліджень та завдання, які розв'язуються в роботі. Окреслено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено інформацію про апробацію, структуру та обсяг роботи. Сформульовано основні положення, що розглядаються в дисертаційній роботі, та найважливіші результати, що виносяться на захист.

У першому розділі на підставі аналізу попередніх досліджень встановлено, що надійність і довговічність деталей залежать від їх експлуатаційних властивостей, таких як зносостійкість, контактна жорсткість, корозійна стійкість, тощо.

Встановлено, що однією з основних властивостей, які впливають на зносостійкість металів, є їх твердість, з підвищенням якої в умовах абразивного зношування зростає і зносостійкість функціональних поверхонь деталей.

Здійснено аналіз причин втрати зносостійкості поверхні з урахуванням фізико-хімічних, структурних властивостей матеріалу деталей, властивостей зовнішнього середовища та особливостей абразиву, а також з режимами та умовами роботи фрикційних вузлів.

Сформульовано мету та задачі дослідження. Сформульовано мету та задачі дослідження.

У другому розділі здійснено аналіз можливостей спрямованого формування показників якості деталей на механообробних операціях.

За результатами аналізу відомих підходів до опису та моделювання показників якості деталей з позицій теорії технологічної спадковості.

Встановлено, що зносостійкість залежить від таких показників якості поверхні, як шорсткість, мікротвердість і залишкові напруження. На контактну жорсткість впливають відхилення форми, шорсткість, мікротвердість і величина залишкових напружень. Втомна міцність визначається в значній мірі

фізико-механічними показниками, такими як залишкові напруження, глибина і ступінь зміцнення поверхні, мікротвердість, а також показниками шорсткості. Корозійна стійкість залежить в основному від шорсткості поверхні, залишкових напружень і в деякій мірі від мікротвердості. З основних технологічних варіантів оброблення і, зокрема, отримання фрикційних профілів кращим є варіант, що включає високопродуктивне токарне оброблення із застосуванням інструменту з надтвердого матеріалу. Цей варіант ТП (технологічного процесу) забезпечує отримання необхідних розмірної точності, шорсткості і зміцнення поверхні деталі.

З метою дослідження формування технологічного мікрорельєфу в процесі припрацювання, проведено дослідження характеру змін робочих поверхонь спряжених деталей з метою встановлення максимально наближеної операції механічного оброблення до даного процесу. Під час дослідження проведено аналіз зміни основних характеристик мікрогеометрії і мікротвердості поверхневого шару в процесі припрацювання.

За результатами досліджень запропоновано показник Δ і побудовано залежності зміни безрозмірного комплексу Δ в процесі припрацювання. Ці залежності показують: незважаючи на значні коливання окремих характеристик мікрогеометрії, має місце певна закономірність монотонного зменшення комплексу Δ в процесі припрацювання, що характерно для методів токарного оброблення.

У третьому розділі шляхом створення та аналізу математичних моделей процесів різання встановлено, що під час оброблення на технологічну систему впливають силові фактори, зміна яких пов'язана з нерівномірністю зрізаного шару, неоднаковою твердістю оброблюваного матеріалу, зносом інструменту, що в свою чергу, викликає появу відхилень форми заготовки і визначає залишкову глибину оброблення $t_{\text{зал}}$, рівну різниці між заданою глибиною t_z і фактичною $t_{\text{ф}}$ і, тим самим, величину відхилення $\Delta_{\text{пр}}$ реального профілю робочої поверхні деталі від теоретичного.

Розроблено модель динаміки робочого простору токарного верстату і встановлено, що в ході виконання технологічної операції токарного оброблення сила різання несе у собі три складові: тангенціальну, радіальну та осьову.

Аналіз складових сили різання дає можливість стверджувати, що визначені складові в різній мірі впливають на формування параметрів зносостійкості оброблюваних деталей. Так превалюючого впливу у даному випадку набуває складова сили різання P_{η} , Н, перпендикулярна до нормалі. Силу різання можна представити, як рівнодіючу розподіленого навантаження.

У четвертому розділі на основі аналізу механізму формування шорсткості обробленої поверхні заготовки було встановлено, що її величина залежить від вихідної мікротвердості.

Для визначення впливу параметрів режимів оброблення відповідно до теорії планування експерименту було підготовлено і проведено експериментальні дослідження, які передбачали визначення залежності шорсткості поверхні від вихідної мікротвердості заготовки та параметрів режимів оброблення під час токарного оброблення.

Аналіз експериментальних досліджень виявив, що зміна значення вихідної мікротвердості $H\mu_{m0}$ істотно впливає на величину висотного показника шорсткості. Збільшення вихідної величини $H\mu_{m0}$ на 10% викликає збільшення Rz_m на 5%.

Серед параметрів режиму оброблення найбільш впливовим при чистовому точінні є подача S_m . Збільшення значення S_m на 10% викликає збільшення кінцевого значення шорсткості Rz_m на 14%. Наступним за ступенем впливу параметром технологічної системи є частота обертання шпинделя. Зі збільшенням n_m на 10% значення Rz_m зменшується на 3,7%. Найменшого впливу на кінцеве значення Rz_m надає зміна значення глибини різання t_m . За умови збільшення t_m на 10% Rz_m зростає лише на 0,11%.

В п'ятому розділі експериментальними дослідженнями встановлено залежність коефіцієнта тертя і зношення від тривалості випробувань втулок фрикційних пар та визначено, що найбільша зносостійкість і найменший коефіцієнт тертя мають поверхні, виготовлені за розробленою технологією з наступними режимами викінчувального шліфувального оброблення $v_d=56,5\dots60$ м/хв; $v=10\dots12$ м/хв; $S=0,2\dots0,25$ мкм/рухів·хід; $\tau=30$ с.

Розроблена методика проектування технологічного процесу базується на використанні програмного забезпечення, є зручною для застосування під час проектування технологічних процесів виготовлення фрикційних деталей підвищеної точності. Модель процесу трансформації показників якості дозволяє досліджувати різні варіанти технологічних процесів, визначати параметри режими оброблення, необхідні для отримання регламентованих показників якості, а також з'ясувати за рахунок яких параметрів доцільно керувати процесом їх формування. Дослідження множин цих варіантів має відбуватися з використанням ПК.

Відповідність автореферату основним положенням дисертації

Зміст автореферату у достатній мірі відображає основні положення та результати дисертаційної роботи, висновки в дисертації та авторефераті повністю ідентичні.

Зауваження

1. В авторефераті не достатньо уваги приділено описанню математичній моделі контактної взаємодії інструменту та заготовки.
2. В окремих формулах не розшифровані всі параметри.
3. З роботи незрозуміло, яким чином забезпечується формування параметра мікротвердість робочої поверхні і на яких операціях спостерігається його поява.
4. У роботі зустрічається термін «оптимальний знос», однак відсутня характеристика даного явища.
5. З роботи не зрозуміло, яким чином на формування параметра зносостійкості функціональних поверхонь деталей процесу впливає жорсткість технологічного обладнання.
6. В дисертаційній роботі зустрічається невдалі звороти та технічні описки.

Висновок

Дисертаційна робота Дахнюка О.П. є завершеною науково-дослідною працею, яка структурована в логічній послідовності згідно з поставленими у вступі завданнями. Отримані результати роботи вирішують важливу проблему, яка полягає у створенні технологічних процесів з урахуванням показників якості вихідної заготовки для спрямованого формування експлуатаційних характеристик робочих поверхонь фрикційних пар. Зміст і сутність дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування.

Актуальність, практичне значення, новизна і закінченість досліджень, обґрунтування і достовірність висновків заслуговують позитивної оцінки.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота Дахнюка О.П. є завершеною науково-дослідною роботою, яка за науковим рівнем і практичним значенням отриманих результатів відповідає вимогам ДАК України, які ставляться до кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присвоєння йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

доцент кафедри «Транспортних технологій»
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя,
кандидат технічних наук, доцент



Дзюра В.О.

підпис Дзюри В.О. засвідчую
проректор з наукової роботи



Р.М. Рогатинський