

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Шепеленка Ігоря Віталійовича на тему
«Наукові основи технології нанесення антифрикційних покриттів з
використанням пластичного деформування», подану на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування

Актуальність теми дисертації

Розвиток сучасного машинобудування неподільно пов'язаний з створенням нових технологій обробки деталей, які значно поліпшують якість їх робочих поверхонь за рахунок досягнення оптимальних експлуатаційних властивостей. Одним із напрямків підвищення якості деталей при їх виготовленні та ремонті є нанесення захисних покриттів під час фінішних операцій. На сьогодні ефективним та екологічно безпечним методом отримання покриттів признана фінішна антифрикційна безабразивна обробка (ФАБО), яка реалізується за рахунок фрикційної взаємодії обробного інструмента з поверхнею оброблюваної деталі. Але застосування існуючих технологій і пристроїв для ФАБО деталей не забезпечує достатнього зміцнення поверхні деталей, а отже – зносостійкості на тривалий період. Підвищити якість обробки можливо за рахунок застосування нових технологій і схем здійснення ФАБО, а саме, поєднання ФАБО з методами холодного пластичного деформування, зокрема з деформуючим протягуванням. Для визначення можливості та доцільності використання ФАБО разом з деформуючим протягуванням необхідне детальне вивчення механіки цих процесів.

У зв'язку з цим дисертаційну роботу, яка спрямована на створення технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування, треба признати актуальною, своєчасною і важливою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Розглядувана дисертаційна робота виконувалась на кафедрі експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету і пов'язана з тематикою науково-дослідної роботи кафедри на тему «Підвищення якості поверхні й довговічності деталей вузлів тертя машин нанесенням антифрикційних покриттів комбінованими методами» (державний реєстраційний № 0116U001895); «Підвищення ефективності деформуючого протягування виробів із чавуну» (державний реєстраційний № 0121U111866) та «Розробка технологічних методів управління ресурсом пластичності малопластичних матеріалів» (державний реєстраційний № 0121U111867).

Наукова новизна досліджень та отриманих досліджень

Основні результати досліджень, що відображають наукову новизну дисертаційної роботи, полягають у наступному:

- вперше виявлені закономірності контактної взаємодії одиничної мікронерівності у вигляді різця з оброблюваного матеріалу з поверхнею антифрикційного матеріалу;
- вперше розроблено метод отримання значних пластичних деформацій для малопластичного матеріалу – графітомісного чавуну;
- вперше експериментально встановлено закономірності формування антифрикційних покриттів з використанням ФАБО та деформуючого протягування, що дало можливість розробити технологію нанесення антифрикційних покриттів;
- розроблена теоретична модель мікрорізання при ФАБО;
- удосконалено метод розрахунку напружено-деформованого стану антифрикційного покриття на робочій поверхні деталей;
- встановленні закономірності взаємодії інструменту з деталлю при деформуючому протягуванні виробів із чавуну.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення роботи полягає в розробці ряду технологічних процесів обробки деталей нанесення антифрикційних покриттів з

використанням ФАБО та деформуючого протягування. Доведено, що використання запропонованої технології забезпечило отримання робочої поверхні гільзи з поліпшеними фізико-механічними і трибологічними характеристиками та шорсткістю, близькою до експлуатаційної.

Технічна новина запропонованих розробок захищена 17 патентами України на корисну модель.

Основні результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Центральноукраїнського національного технічного університету

Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації, ідентичність змісту автореферату і основних положень дисертації

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 68 наукових працях, у тому числі 2 монографії, 32 статті у наукових фахових виданнях (з них 2 статті у виданнях України та 8 статей у виданнях іноземних держав, які включені до науково-метричної бази Scopus), 17 патентів України на корисну модель, 17 доповідей у збірниках матеріалів конференцій.

Результати роботи доповідались і були схвалені на 31 науковій конференції та семінарах різного рівня.

Наукові положення, висновки та пропозиції у достатній мірі обґрунтовані теоретичним аналізом, експериментальними дослідженнями, тому їх слід вважати цілком достовірним. Дослідження базуються на використанні сучасних технологій статистичного, комп'ютерного моделювання методом скінченних елементів, теорії пластичності та пружності, диференційних та інтегральних розрахунків, статистичної обробки експериментальних даних, теорії подібності і розмірності.

Висновки і рекомендації, які наведені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтовані, їх достовірність підтверджена експериментально.

Автореферат за своїм змістом відповідає основним положенням, висновкам, які наведені в дисертаційній роботі, відображає її структуру.

Автореферат за змістом, основними положеннями та висновками ідентичний з дисертацією.

Структура і характеристика роботи

Дисертація складається з анотації двома мовами, вступу, 8 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який налічує 305 найменувань, і додатків.

У вступу обґрунтовано доцільність проведення досліджень та актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і задачі дослідження, окреслено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, виділено особистий внесок здобувача. Наведено дані щодо апробації результатів науково-практичних пошуків та публікацій, що відображають основний зміст дисертаційної роботи.

У першому розділі автором виконано аналіз праць, присвячених проблемі підвищення якості поверхонь тертя. Встановлено, що якість поверхневого шару залежить, перш за все, від технологічного методу обробки, який забезпечує отримання необхідної шорсткості в зоні контактування і фізико-механічних властивостей робочих поверхонь деталей. Визначено, що з точки зору досягнення високої якості поверхневого шару деталей найбільш перспективним слід вважати напрямок з використання методів комбінованої обробки, що дозволяє поєднувати переваги різних методів, в тому числі, модифікації поверхні і нанесення покриттів. Сформульовані мета і задачі дослідження.

У другому розділі наведена методика експериментальних досліджень. Розроблено ряд оригінальних методик: дослідження процесу нанесення антифрикційних покриттів фрикційно-механічним методом; моделювання роботи деформуючого елемента з поверхневим шаром зразка із покриттям; моделювання контактної взаємодії інструменту з мікровиступами поверхні при ФАБО; моделювання процесу осадки циліндричного трубчастого зразка в умовах об'ємного стиснення; дослідження напружено-деформованого стану при моделюванні деформуючого протягування зразка методом скінчених елементів.

У *третьому розділі* встановлені закономірності взаємодії мікронервостей обробленої поверхні з інструментом при ФАБО, які визначаються принципом пристосовності системи «інструмент – заготовка». Доведено, що при взаємодії мікронервності з латунним інструментом практично відразу відбувається формування затупленої вершини мікронервності з радіусом округлення, який в подальшому залишається практично незмінним.

У *четвертому розділі* розроблена методика отримання значних пластичних деформацій малопластичного чавуну СЧ20, що полягає в розробці теоретичної моделі деформування збірного чавунного трубчастого зразка при спільному його стисканні в комбінації з іншими пластичними матеріалами. Запропонована методика осадки циліндричного чавунного зразка в умовах об'ємного стискання за допомогою методу скінченних елементів, що дозволило виконати розрахунок напружено-деформованого стану зразка при його стисканні. Експерименти, сплановані відповідно до розробленої теоретичної моделі і результатам моделювання процесу осадки зразка, підтвердили результати розрахунків і дозволили вперше отримати значні пластичні деформації чавуну при від'ємних значеннях показника жорсткості напруженого стану

У *п'ятому розділі* виконано дослідження механіки деформуючого протягування. Встановлено, що при деформації в умовах критичних контактних тисків мають місце зони локальної пластичної деформації на початку і кінці контактної зони. Доведено, що при наявності в зоні контакту критичних контактних тисків в місцях сполучення позаконтактних зон з урахуванням контакту з'являються зони локального пластичного деформування. Досліджено вплив геометрії інструменту на параметри напружено-деформованого стану, історію деформування та ресурс використаної пластичності. Запропоновано технологічні рекомендації з вибору геометрії інструменту. З позиції мінімізації значення ресурсу використаної пластичності оптимальним варіантом є використання значення кута нахилу твірної робочого конуса інструменту в межах $\alpha \leq 4^\circ$.

У *шостому розділі* розроблена статистична математична модель для визначення впливу технологічних факторів на якість антифрикційного

покриття. Визначено оптимальні варіанти сполучення технологічних факторів, що забезпечують підвищення якості покриття. Встановлено ефективність поєднання операції холодного пластичного деформування і ФАБО, що дозволить підвищити якість обробки деталей. Розроблено нова технологія обробки гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, що включає операції деформуючого протягування і ФАБО, яка забезпечує отримання робочої поверхні гільзи з поліпшеними фізико-механічними і трибологічними характеристиками та шорсткістю, близькою до рівноважної.

У сьомому розділі виконано дослідження напружено-деформованого стану гільз циліндрів. Обґрунтовано методика розрахунку напружено-деформованого стану в антифрикційному покритті, нанесеному на робочу поверхню гільзи циліндрів. Виконано розрахунок напружень в антифрикційному покритті, нанесеному на робочу поверхню гільзи. Результати дослідження та аналізу напружено-деформованого стану в зоні контакту дозволили розробити прискорений метод випробувань на зносостійкість покриття, нанесеного на робочу поверхню гільзи, що полягає в моделюванні реальних умов роботи поршневого кільця в зоні його контакту з поверхнею гільзи, включаючи стирання поверхні гільзи в поєднанні з послідовною взаємодією з піковими зонами великої концентрації напружень – стискаючих і розтягуючих.

У восьмому розділі запропоновано методику розрахунку збірного деформуючого елемента для дискретного деформування отворів значного діаметру, що дозволяє оцінити його конструкційну міцність та оптимізувати конструкцію інструмента. Результати роботи пройшли промислову апробацію і лягли в основу розробки ресурсозберігаючих технологій нанесення антифрикційних покриттів, які передані для впровадження на підприємства машинобудування.

Обґрунтування та достовірність основних висновків дисертації

Наведені в дисертаційній роботі висновки і рекомендації є достатніми і належним чином обґрунтовані. Для їх висвітлення автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, виконані публікації та розроблені відповідні методики.

Зауваження до дисертаційної роботи

Позитивно оцінюючи подану до рецензування дисертаційну роботу, необхідно разом з тим відзначити наступні зауваження:

1. Аналіз літературних джерел перенасичений загальною інформацією про антифрикційні покриття, обладнання, інструменти, що використовуються при їх нанесення. Більшої уваги заслуговують питання обробки малопластичних матеріалів, у тому числі графітовмісних чавунів, що найшло своє відображення у меті та задачах дисертаційного дослідження.

2. У розділах 2, 4, 7, 8 представлені розроблені автором ряд оригінальних методик. Але, більш логічним, є розташування їх в один розділ, який і має назву «Загальна методика проведення досліджень»

3. Експериментальні дослідження мікрорізання при ФАБО виконувались на одному матеріалі – чавуну СЧ20. Тому, дещо не зрозуміло, яким чином встановлені закономірності будуть діяти для інших матеріалів і умов.

4. На рис.3.8 представлена залежність зусилля P_y від переднього кута різання γ при моделюванні мікрорізання в процесі ФАБО. Але відносно зусилля, що виникають на передній грані мікрорізка, тобто в іншій площині, автором нічого не сказано.

5. Для сумісного стискання збірного зразка вибрано таке поєднання матеріалів: «чавун – латунь», «чавун– свинець», «мідь – чавун – мідь», «чавун – мідь». Такий вибір потребує обґрунтування.

6. Отримана теоретична модель деформування збірного чавунного трубчастого зразка при спільному його стисканні в комбінації з іншими матеріалами, дані моделювання осадки циліндричного чавунного зразка в умовах об'ємного стискання та експериментальні дослідження дозволили побудувати діаграму пластичності чавуну СЧ20. Але автором не зазначено, яким чином отримані результати можна використовувати при деформуючому протягуванні малопластичних матеріалів.

7. У роботі зустрічаються описки, неточності формулювання, а також деякі синоніми – радіус заокруглення, радіус затуплення; стискання,

стиснення; осадка, усадка. Варто було притримуватись однакової термінології.

Загальні висновки до дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Шепеленка Ігоря Віталійовича «Наукові основи технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування» є завершеною науковою працею і має важливе значення в галузі машинобудування. Вирішено актуальну науково-технічну проблему, яка полягає у розробленні наукових основ технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням холодного пластичного деформування задля підвищення якості поверхонь тертя деталей.

Одержані результати, актуальність, практичне значення, новизна та закінченість досліджень, обґрунтування висновків заслуговує позитивної оцінки.

Зміст дисертаційної роботи, отримані основні наукові положення та висновки відповідають паспорту спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування. Автореферат відповідає змісту дисертації.

Вказані зауваження щодо представленого дослідження не знижують вагомості отриманих у роботі наукових та практичних результатів і не змінюють її позитивну оцінку.

Робота відповідає вимогам п.9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінетів міністрів України №567 від 24.07.2013 р., що ставляться до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор, Шепеленко Ігор Віталійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
директор Навчально-наукового
Видавничо-поліграфічного інституту
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»



П. О. Киричок