

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора  
Пермякова Олександра Анатолійовича  
на дисертаційну роботу Шепеленко Ігоря Віталійовича  
«Наукові основи технології нанесення антифрикційних покриттів з  
використанням пластичного деформування»,  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальністю 05.02.08 - технологія машинобудування

### **1. Актуальність теми**

Необхідність рішення даної науково-технічної проблеми продиктована високими вимогами, які пред'являються до точності, якості та експлуатаційних властивостей робочих поверхонь деталей відповідальних машинобудівних виробів, а саме гільз циліндрів ДВЗ, корпусів шарошкових доліт, цапф шестерень гідронасосів та інших.

Для ефективного впровадження та застосування в промисловості методів модифікації поверхонь і нанесення захисних покриттів необхідне детальне вивчення питань забезпечення якості нанесення антифрикційних покриттів найбільш простими, ефективними та екологічно безпечними методами. Створення способів механічної обробки деталей на основі фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО) дозволяє поліпшити характеристики робочої поверхні: зменшити час припрацювання і коефіцієнт тертя, підвищити несучу здатність деталі та з'єднання. Підвищити якість нанесення антифрикційних покриттів можливо за рахунок ФАБО з методами поверхневого пластичного деформування (ППД). Особливої ваги дане питання набуває при обробці та експлуатації виробів із малопластичних матеріалів.

У дисертаційній роботі автором було поставлено мету – розроблення наукових основ технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням холодного пластичного деформування задля підвищення

якості поверхонь тертя деталей з малопластичних матеріалів.

У зв'язку з цим, тематика наукових досліджень Шепеленко Ігоря Віталійовича, представлена у дисертаційній роботі «Наукові основи технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування» є актуальною і такою, що відповідає формулі та напрямам досліджень п.2,5 паспорту спеціальності 05.02.08. «Технологія машинобудування», затвердженим постановою президії ВАК України від 14.06.2007 за № 47-08/6.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій і їхня достовірність**

Обґрунтованість та достовірність наукових результатів підтверджується використанням апробованих в технології машинобудування методів моделювання, проектування й оптимізації технологічних процесів.

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, що в цілому забезпечило коректність постановки та вирішення задач, а також адекватність отриманих математичних моделей.

Достовірність досліджень, що проведені у розділах 2-8, не викликає сумнівів, тому що вони базуються на викликах виробництва, підтверджуються конкретністю постановки завдань, системному підході, мають велике практичне значення. Наукові положення і висновки, сформульовані в дисертації, обґрунтовані з наукової і технічної точки зору і підтверджуються їх практичною реалізацією.

Аналіз висновків та отриманих в роботі результатів показує, що дисертація Шепеленко І.В. має внутрішню єдність, містить обґрунтовані і достовірні положення. Висновки по розділах відображають отримані результати та логіку досліджень.

### **3. Наукова новизна**

В процесі розв'язання науково-технічних задач, які були поставлені в роботі, виходячи з її мети, автором було отримано низку нових науково-технічних результатів.

На основі системного аналізу закономірностей методу механічної обробки отворів на основі поверхневого пластичного деформування та фінішної антифрикційної безабразивної обробки, теорії та практики його використання у виробництві обґрунтований перспективний підхід до забезпечення якості та експлуатаційних властивостей робочих поверхонь деталей при нанесенні антифрикційних покриттів. Він базується на:

Вивченні контактної взаємодії одиничної мікронерівності у вигляді різця зоброблюваного матеріалу з поверхнею антифрикційного матеріалу, що дають можливість дослідити механіку мікрорізання з тонкими товщинами зрізу при ФАБО.

Теоретичній моделі мікрорізання при ФАБО, що дозволила встановити умови інтенсифікації процесу та підвищити якість антифрикційного покриття.

Вивченні методу отримання значних пластичних деформацій для малопластичного матеріалу та закономірностей взаємодії інструменту з деталлю при деформуючому протягуванні виробів із чавуну.

Методі розрахунку напружено-деформованого стану антифрикційного покриття на робочій поверхні деталей, що дав можливість встановити вплив на стійкість покриттів в зонах їх контакту двох процесів: адгезійного стирання і втомного руйнування під дією циклічних піків розтягуючих і стискаючих напружень.

### **4. Значення одержаних результатів для науки і практики**

Найбільш вагомим новим науковим результатом дисертації вважаю те, що в результаті теоретичних та експериментальних досліджень і моделювання процесу обробки деталей з використанням поверхневого

пластичного деформування та фінішної антифрикційної безабразивної обробки розроблені практичні рекомендації щодо підвищення ефективності обробки відповідальних машинобудівних виробів, а саме гільз циліндрів ДВЗ, корпусів шарошкових доліт, цапф шестерень гідронасосів та інших.

Розроблено науково-обґрунтовані схеми та способи нанесення антифрикційних покриттів, конструкції інструментів і методики побудови технологічних процесів, що забезпечують необхідну якість поверхонь тертя деталей з малопластичних матеріалів.

Авторство наукових та практичних розробок здобувача підтверджується 17 патентами України на корисну модель.

Переконуючим прикладом практичного використання розробленого методу механічної обробки отворів на основі поверхневого пластичного деформування та фінішної антифрикційної безабразивної обробки є розроблені і впроваджені у виробництво практичні рекомендації на КАТП «Агробудавтосервіс», м. Кропивницький, на ТОВ «Унібуртех», м. Дрогобич, на ТОВ «Кіровоградський інструментальний завод «Лезо»»; на заводі із виробництва рульової гідравліки науково-виробничого підприємства ПАТ НВП «Радій», м. Кропивницький.

## **5. Повнота викладення основних результатів роботи**

Основні результати дисертаційної роботи в достатній мірі опубліковано в 68 наукових працях, із яких: 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. Основні наукові положення і висновки, які представлені в дисертації та авторефераті, ідентичні між собою. Автореферат відображає актуальність роботи, зміст і суть одержаних наукових результатів, їх практичне значення, детально виокремлює особистий внесок здобувача та демонструє широку апробацію результатів досліджень.

Теоретичні положення і практичні результати оригінальні, взаємопов'язані та отримані на основі системного аналізу. Результати роботи свідчать про особливий вклад здобувача в науку. Висунуті в роботі задачі послідовно вирішені автором. Таким чином, досягнуто поставлену мету дослідження: розробка наукових основ технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням холодного пластичного деформування задля підвищення якості поверхонь тертя деталей з малопластичних матеріалів.

## **6. Оцінка змісту дисертації і її завершеність в цілому**

Робота складається зі вступу, восьми розділів, висновків, списку літератури з 305 найменувань та додатків. Загальний обсяг роботи складає 465 сторінок, 261 рисунок і 20 таблиць. Обсяг дисертаційної роботи не перевищує встановлені норми.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і завдання дослідження, висвітлено наукову новизну та практичну значимість одержаних результатів. Наведено відомості про апробацію роботи та публікації.

У **першому розділі** на основі використання аналізу існуючих публікацій проаналізовано стан розвитку представлення про якість поверхневого шару – комплексного поняття, що визначається сукупністю геометричних характеристик і фізико-механічних властивостей як результату технологічного впливу на поверхню.

При всьому різноманітті досліджень в області застосування деформуючого протягування, незважаючи на його переваги, питання використання зазначеного процесу в технології ФАБО або в поєднанні з ним не досліджувалося. Зазначене дало можливість вибрати предмет та об'єкт дослідження, сформулювати мету та визначити задачі дослідження.

**Другий розділ** присвячений методології проведення досліджень, інструменту, апаратурі, устаткуванню, досліджуваним матеріалам, їх фізико-механічним властивостям. Наприкінці розділу вказано у яких відповідних

роботах автора опубліковано результати розробки оригінальних методик та основних методів проведення досліджень, запропонованих конструкцій.

**У третьому розділі** автор наводить результати досліджень з моделювання процесу мікрорізання при фінішній антифрикційній безабразивній обробці.

Виявлені закономірності взаємодії мікронерівностей заготовки з латунним інструментом дозволяють розробити теоретичну модель для першого етапу ФАБО, що забезпечить ефективне протікання процесу мікрорізання і заповнення мікровпадин натираючим матеріалом

Визначено, що використання деформуючого протягування при нанесенні антифрикційних покриттів потребує вивчення механіки цього процесу та визначення параметру, що характеризує дефектність поверхневого шару – ресурсу використаної пластичності.

**У четвертому розділі дисертації** представлені результати досліджень пластичних властивостей малопластичних матеріалів.

Отримані дані дозволили вперше побудувати діаграму пластичності чавуну СЧ20 при значних від'ємних значеннях коефіцієнта жорсткості напруженого стану.

Встановлено, що напівкрихкий чавун може пластично деформуватися тільки при від'ємних значеннях показника жорсткості напруженого стану, що дозволяє сформулювати таке положення: обробка отворів в чавунних виробках деформуючим протягуванням можлива тільки при відсутності пластичних деформацій поблизу зовнішньої поверхні, а пластично деформується тільки внутрішня товщина стінки, прикладена до отвору.

**П'ятий розділ** дисертації присвячений дослідженню механіки деформуючого протягування виробів із чавуну.

Представлені дані, отримані моделюванням деформуючого протягування заготовки з чавуну СЧ20, вказують на істотний вплив геометрії інструменту, зокрема кута  $\alpha$ , на параметри НДС та ресурс використаної пластичності.

Проведений аналіз дозволив вивчити механіку деформування в осередку деформації та визначити шляхи оптимізації конструкції інструменту і процесу деформуючого протягування за параметрами залишкового ресурсу пластичності. Запропоновано технологічні рекомендації по вибору геометрії інструменту. З позиції мінімізації значення ресурсу використаної пластичності оптимальним варіантом є використання значення кута нахилу твірної робочого конуса інструменту в межах  $\square\square\square 4^\circ$ .

**Шостий розділ** присвячений визначенню впливу основних технологічних факторів на якість антифрикційного покриття, отриманого ФАБО.

Установлено ефективність технологічного процесу, що складається з операцій протягування і ФАБО. Він забезпечує мінімальну трансформацію шорсткого шару у процесі експлуатації, поліпшення трибологічних характеристик, відсутність частинок абразиву на оброблюваній поверхні і мінімальний знос робочої поверхні гільзи при її експлуатації.

У **сьомому розділі** наведено результати дослідження НДС антифрикційних покриттів, нанесених на робочу поверхню гільз циліндрів ФАБО.

Отримані результати дослідження та аналізу НДС у зоні контакту поршневого кільця з робочою поверхнею гільзи дозволили розробити прискорений метод зносостійких випробувань покриття, нанесеного на робочу поверхню гільзи.

У **восьмому розділі** наведено результати промислового впровадження, виконаного на основі отриманих науково-технологічних результатів.

Комплекс технологічних рекомендацій та впроваджень включає:

методику оцінки міцності збірного деформуючого елемента для обробки отворів значного діаметру;

технологічний процес обробки гільз циліндрів ДВЗ при їх відновленні в І ремонтний розмір з використанням операції комбінованого протягування та ФАБО;

технологічний процес обробки отворів у вінцях шарошечних доліт, що включає операції свердління, деформуєче протягування та ФАБО з наступним запресуванням твердосплавних вставок;

технологію обробки цапф з використанням ФАБО і поверхневого пластичного деформування, яка реалізується за рахунок накладання вібрації.

У **висновках** сформульовано основні наукові результати дисертаційної роботи.

Таким чином, дисертація Шепеленко І.В. за змістом представляє собою завершену наукову роботу, яка має внутрішню єдність, сукупність наукових теоретичних положень і практичних результатів, що свідчить про індивідуальний внесок здобувача в науку і практику. Дисертація написана і оформлена згідно з вимогами. Автореферат у повній мірі відображає зміст дисертації.

#### **7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації та автореферату**

- В тексті дисертації посилання на використану літературу зустрічаються не тільки у першому розділі, хоча за логікою викладу матеріалу і є доречними.
- В дисертаційних роботах інженерно-технологічного спрямування пояснення, міркування та висновки зручно давати на основі наведених розрахункових схем, ескізів установок або оснащення, тощо. Нажаль в першому розділі при глибокому всебічному аналізі літературних джерел автор обмежився текстовим описом робіт із посиланням на них. В розділі наведено дуже мало рисунків, що значно знижує сприйняття викладеного матеріалу.
- На рис.2.39 наведена схема дорнування для моделювання НДС деформаційного протягування. Звісно, що дорнування може бути поверхневим і тоді може розглядатися як метод поверхнево-пластичного деформування, тобто метод механічної обробки, або об'ємним і тоді віднесеним до методів обробки металів тиском. Крім того і дорнування і



деформаційне протягування є чистовими операціями калібрування отворів. Не є зрозумілим як при вивченні деформуєчого протягування автор використовував знання про процес дорнування. Чи можна для деформаційного протягування керуватися рекомендаціями за такими параметрами дорнування, як: звичайний та відносний натяг; швидкість та сила виконання; відносна деформація.

- Автором у третьому розділі виконано дуже інteresне дослідження з моделювання процесу мікрорізання при ФАБО, а у четвертому розділі дослідження пластичних властивостей малопластичних матеріалів на прикладі СЧ20, але на жаль у п.8.2, де розглядається технологічний процес відновлення гільз циліндрів ДВЗ, немає технологічних рекомендацій з параметрів комплексної обробки ППД та ФАБО, які би значно прикрасили роботу та підкреслили її практичну значимість.

- В технології машинобудування критеріями порівняльної оцінки ефективності технологічних процесів є продуктивність обробки або технологічна собівартість виготовлення виробу. На жаль, в восьмому розділі для впроваджуваних операцій нанесення антифрикційних покриттів при відновлення гільз циліндрів ДВЗ не наведено порівняння базового та нового технологічного процесу за нормами часу та собівартістю обробки. Використання комплексної обробки з послідовності операцій комбінованого протягування та ФАБО замість обробки різанням при відновленні партії гільз ДВЗ в умовах ремонтного виробництва дійсно може бути оправданим, але потребує організаційно-технологічного обґрунтування.

Проте, вважаю, що вищенаведені зауваження та недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного на високому науковому рівні дисертаційного дослідження, не зменшують її наукову новизну та практичну значимість і не знижують загального позитивного сприйняття проведеного обсягу досліджень.

## 8. Висновок про відповідність встановленим вимогам

Розглядаючи дисертаційну роботу в цілому, треба оцінити її позитивно.

Дисертація Шепеленко Ігоря Віталійовича «Наукові основи технології нанесення антифрикційних покриттів з використанням пластичного деформування», що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування, є завершеною науково-дослідною роботою і містить нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності вирішують актуальну наукову проблему підвищення ефективності технологічних процесів механічної обробки на основі поверхневого пластичного деформування та фінішної антифрикційної безабразивної обробки, що має суттєве значення для машинобудування України. Робота відповідає формулі та напрямам досліджень паспорту наукової спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування (п.п. 2, 5) та повністю відповідає вимогам п.п. 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів...» від 24 липня 2013 р. №567 щодо докторських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеню доктора технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент

професор, доктор технічних наук,

завідувач кафедри технології машинобудування та металорізальних верстатів

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

Олександр ПЕРМЯКОВ

