

Відгук

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри машинобудування

Власовця Віталія Михайловича

на дисертаційну роботу **Zhang Zhengchuan**

«Technological support of friction unit at commissioning stage by forming the running-in coatings»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 13 - Механічна інженерія

за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування

1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Ротори є одним з найвідповідальніших елементів конструкцій машин в багатьох технологіях виробництва продукції, від їх експлуатаційної стійкості у великій мірі залежить надійність роботи технологічних ліній, в більшості випадків, і якість кінцевої продукції. Підвищення довговічності роторів напряму пов'язано з роботою підшипників ковзання і забезпечує зростання ефективності та зменшення собівартості машинобудівного виробництва. Тому розробка нових способів поліпшення якості робочого шару таких спряжень (що працюють у найбільш важких умовах) є актуальною та важливою науково-технічною задачею.

З іншого боку, ключовою складовою для підшипників ковзання є зносостійкі втулки, до яких висуваються взаємопротилежні умови – підвищеної зносостійкості і високої пластичності матеріалу у порівнянні з матеріалом роторів машин. Підвищена пластичність має недолік в парах тертя – пришвидшений знос у період припрацювання. Одним з ефективних рішень є використання функціональних покриттів на таких втулках, що дозволяє забезпечити зменшення часу припрацювання підшипників та підвищити комплекс експлуатаційних властивостей поверхневих шарів спряжень. Перспективним для нанесення покриттів є використання методу електроіскрового легування, який дозволяє не тільки забезпечити необхідний рівень властивостей поверхневих шарів, але й дозволяє формувати найбільш оптимальні градієнти структур відповідно до вимог експлуатації.

Оскільки дисертаційна робота Zhang Zhengchuan присвячена вирішенню наукових та технологічних аспектів формування функціональних покриттів методом електроіскрового легування для зменшення негативного впливу припрацювання на експлуатаційну стійкість підшипників ковзання роторних машин, її тему слід визнати актуальною і такою, що має важливе наукове та практичне значення.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами.

Дисертаційна робота Zhang Zhengchuan відповідає стратегічним пріоритетним напрямкам інноваційної діяльності (Закон України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», редакція від 12.01.2023р., №2859-IX) в частині освоєння нових енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій та нових технологій виробництва матеріалів. У неї включені результати продовження науково-дослідної роботи «Наукова методика забезпечення збереження властивостей робочих поверхонь деталей енергоефективними екологічно чистими методами» (№ 0116U002756), яка виконувалась в Сумському національному аграрному університеті 2016-2023рр., у якій дисертант брав участь в якості виконавця.

3. Наукова новизна одержаних результатів.

Здобувачем вирішена важлива наукова задача підвищення ресурсу спряжень ротор-втулка на етапі припрацювання формуванням функціональних покриттів методом електроіскрового легування. Дисертантом отримані результати, які мають наукову новизну. Серед них слід відзначити наступні:

1. Автором на підставі вперше встановлених закономірностей тріботехнічних та когезійних властивостей функціонального покриття від його структурно-фазового складу (за рахунок раціонального співвідношення компонентів - срібла, міді, B83 та оксиду графену), технологічних режимів його нанесення, обґрунтовано використання в якості підкладки олов'яної бронзи QSn10-1, що дозволило скоротити час припрацювання спряження ротор-втулка та підвищити його ресурс.

2. В роботі отримані нові наукові дані щодо формування функціональних покриттів методом електроіскрового легування, виконано оптимізацію режимів нанесення та запропоновано методологічний підхід який дозволив забезпечити максимальний комплекс експлуатаційних властивостей робочого шару.

4. Наукове та практичне значення.

Наведені в дисертації дані підтверджують високий рівень практичного доробку автора. Автором отримані наукові результати, що полягають у встановленні нових закономірностей формування функціональних покриттів методом електроіскрового легування.

Автором розроблена рекомендаційна система оцінки індексу електроіскрового легування покриттів, де вага кожного індексу визначається ентропійним методом, а модель TOPSIS використовується для комплексної

оцінки. Це дозволило обрати покриття, що відповідає підвищеній експлуатаційній стійкості в період припрацювання вузла.

Автором розроблені рекомендації щодо технології виготовлення олов'яної бронзової втулки підшипника ковзання обертових машин з використанням запропонованого покриття та режимів його нанесення.

5. Повнота викладення матеріалу дисертації у наукових публікаціях.

Основні наукові результати, викладені в дисертації, у достатній мірі висвітлені у 19 роботах, у тому числі: 4 статті у фахових виданнях України, 4 статті в наукових виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз даних; 2 патенти. Усі публікації по своїй структурі та об'єму відповідають встановленим вимогам та в повній мірі відображають основні положення дисертації. Наукові результати пройшли апробацію на 9 міжнародних конференціях (матеріали 3 конференцій опубліковані в виданнях, що індексуються міжнародними базами даних).

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень.

Основні положення і висновки дисертаційної роботи є результатом узагальнення дисертантом теоретичного й експериментального матеріалу, базуються на сучасних положеннях машинобудування та не суперечать прийнятим науковим підходам.

Достовірність результатів висновків дисертації забезпечується застосуванням різноманітних сучасних методик дослідження, включаючи високотехнологічні методи електронної мікроскопії, наноіндентування та аналізу поверхні. Обґрунтованість висновків підтверджуються узгодженням теоретичних положень і висновків дисертації з результатами експериментальних досліджень, а також з результатами дослідно-промислового випробування та рекомендацій щодо впровадження у виробництво запропонованих технологічних рішень.

7. Структура та зміст дисертації, її завершеність та відповідність встановленим вимогам щодо оформлення.

Робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків, викладена на 184 сторінках машинописного тексту. Основний зміст роботи викладено на 123 стор., включаючи 52 рисунків та 30 таблиць. Список використаних джерел складається з 197 найменувань на 23 сторінках.

У вступі обґрунтовано вибір теми дисертації та наукових завдань, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено наукову новизну та

практичне значення отриманих результатів, а також подано відомості про апробацію, структуру та обсяг роботи.

У першому розділі розглянуто поточний стан наукових досліджень за обраним напрямом, проаналізовано основні механізми формування покриттів методом електроіскрового легування, визначено основні характеристики поверхонь після нанесення покриття, обґрунтовано шляхи використання перспективних технологічних процесів для забезпечення експлуатаційної стійкості. Обґрунтовано мету та сформульовано завдання досліджень.

У другому розділі обґрунтовано використання основних параметрів технології електроіскрового легування, запропоновано матеріали основи та електродів; наведено основні методи випробування: шорсткості поверхні, морфології поверхні, елементного складу, фазового складу, твердості та трибологічних властивостей, що дозволило отримати достовірні результати випробувань. Побудовано систему індексу ефективності покриттів.

У третьому розділі для обраних матеріалів покриттів (Ag, Ag+B83, Ag+Cu+B83, Ag+Cu+B83+GO+B83) виконана комплексна оцінка властивостей: коефіцієнта тертя, масообмін, шорсткість поверхні, оцінена мікроструктура та елементний склад покриттів. Досліджено вплив технологічних параметрів на товщину, фазовий склад, твердість і трибологічні властивості покриттів.

У четвертому розділі розглянуто традиційний процес обробки та виготовлення втулки підшипника ковзання, узагальнено та проаналізовано результати випробувань різних покриттів на етапі припрацювання та запропонована технологія формування функціональних покриттів методом електроіскрового легування.

У п'ятому розділі узагальнено наукові висновки та надано рекомендації по використанню запропонованої технології.

8. Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

Поряд із загальною позитивною оцінкою дисертаційної роботи при вивченні її змісту виникли наступні зауваження:

1. В роботі обґрунтовано вибір системи характеризуючих показників (з використанням моделі TOPSIS). В той же час відсутнє дослідження механізмів впливу обраних показників на трибологічні властивості, не наведено обмеження області їх застосування. Суть механізму впливу на характеристики покриття кожного традиційного параметру є відомим - коефіцієнт тертя, товщина, шорсткість, масообмін, час електроіскрового легування, вартість матеріалу (система легування). Потребує пояснення фізичний зміст інтегрального показника та як враховано можливу взаємну кореляцію між

показниками (вплив системи легування, зміни механізмів тертя та зношування, технології механічної обробки).

2. В роботі на стор.150 стверджується, що деформація покриттів при обкатці під дією високих питомих навантажень забезпечує автоматичне регулювання зазорів і компенсує похибки виготовлення. Але в роботі відсутні дослідження щодо експлуатаційної стійкості таких деформованих шарів. Нашими дослідженнями встановлено, що сегрегація домішок по границям зерен, мікротріщини, що є присутніми на зображеннях мікроструктур, неметалеві включення та оксиди різного складу та морфології можуть привести до суттєвого зниження пластичності та відшарування тонких поверхневих шарів.

3. На рис. 3.6 представлено мікроструктуру поперечного перерізу покриття та матеріалу електрода В83, на якому для першого зразка присутня чітка зона підшару з мікротріщиною на межі перехідного шару біля дефекту основного матеріалу. Для зразка 3 (рис.3.6, с) відмічено суттєве перемішування матеріалу підкладки з нанесеним покриттям. Відсутнє пояснення причин такого явища та рекомендацій для коригування режимів нанесення першого шару.

4. В роботі наведено ґрунтовний опис широкої номенклатури обладнання, що використовувалось при проведенні наукових досліджень. Однак недостатньо пояснено який саме науковий результат був на ньому отриманий.

5. По тексті роботи маються не зовсім вдалі вираження (зокрема багато описових загальновідомих фрагментів) та помилки. Зокрема в тексті дисертації відсутнє посилання на Додаток А; перенесення рисунків на стор.86 – 87, 93 – 94, 103 – 104, тощо не відповідає вимогам до оформлення дисертацій, затвердженими МОН України, наказ №40 від 12 листопада 2017 року. Щодо структури логічним виглядає формування загальних висновків і перенесення рекомендацій до розділу з промисловими випробуваннями запропонованої технології та покриттів.

В цілому, висловлені зауваження не носять визначального характеру, а тому не знижують загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

9. Загальний висновок

Дисертаційна робота Zhang Zhengchuan «Technological support of friction unit at commissioning stage by forming the running-in coatings», яка подана до захисту у спеціалізовану вчену раду на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 - механічна інженерія за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування за своїми актуальністю, науково-теоретичним рівнем,

основними результатами обґрунтованості, основними положеннями і результатами опублікованими у фахових виданнях, новизна постановки та практичним значення відповідає вимогам МОН України (Наказ № 40 від 12 січня 2017 р.) «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Постанові Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри машинобудування
Львівського національного університету
природокористування

Віталій Власовець

Перший проректор



Ірина Редів