

ВІДГУК

офіційного опонента щодо дисертаційної роботи
Абрамова Сергія Олексійовича «Підвищення експлуатаційних
характеристик і властивостей колекторних вузлів на основі
покращення технології виготовлення ламелей», подану на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування

Дисертація, що була надана до опонування, складається з вступу, п'яти розділів з висновками наприкінці кожного розділу, висновків, списку використаних джерел (з 82 найменувань) та додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 182 сторінки і містить 74 рисунка та 22 таблиці. Текстовий обсяг дисертаційної роботи складає 85 стор., що дещо перевищує рекомендований обсяг (4,5 авторських аркуша, або 75 стор.) за рахунок певного перевищення обсягу оглядового розділу, який становить 23% від усього обсягу.

1. Актуальність теми досліджень

Колекторні електродвигуни використовуються майже у всіх сферах діяльності людини, особливе розповсюдження вони отримали при виробництві електропобутової техніки, у машинобудуванні, металургії, медицині та інших галузях оскільки характеризуються можливістю регулювання частоти обертів та здатністю витримувати відносно великі перевантаження. Основною проблемою експлуатації цього типу машин є проблема забезпечення комутаційної стійкості. Істотний вплив на процес комутації і на комутаційну стійкість має механічний стан ковзного контакту.

Одним з радикальних шляхів вирішення вказаної проблеми є використання частотних перетворювачів, які дозволяють використовувати асинхронні безколекторні двигуни з широкими можливостями. В той же час використання електродвигунів з частотними перетворювачами зв'язане з високою вартістю цих пристроїв, які перевищують вартість двигуна в 5 – 8 разів. Габаритні розміри частотних перетворювачів значно більші в порівнянні з колектором двигуна постійного струму.

Саме тому в дисертаційній роботі, що надана для опонування автором запропоновано для вирішення проблеми покращення технології виготовлення мідних ламелей колекторного вузла завдяки чому

збільшується термін роботи двигунів постійного струму та підвищуються експлуатаційні властивості з забезпеченням заданих характеристик, що є надзвичайно важливою задачею машинобудівних підприємств. Вирішення даного питання може значно підвищити життєвий цикл електродвигунів, знизити собівартість виготовлення колекторних вузлів та електродвигунів в цілому. Найважливішими елементами колекторного вузла є ламелі.

Основними недоліками традиційних способів отримання профілю мідних ламелей є мала несуча здатність бічних поверхонь в результаті похибок куткових розмірів. Це викликано тим, що традиційні технології отримання профілю ламелей - прокатування, волочіння, фрезерування та ін. не забезпечують точність і якість профілю. Тому розробка технології, яка забезпечує компенсацію похибок геометричних розмірів і форми мідних ламелей є актуальною науково-практичною задачею технології машинобудування.

Актуальність досліджень також підтверджується тим, що роботи виконані у відповідності із тематичним планом робіт Національної металургійної академії України МОН України (м. Дніпро) і пройшли державну реєстрацію (ДР №307010019, X №307020017).

2. 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 теоретичними дослідженнями та перевірені у виробничих умовах, тому їх слід вважати достовірними.

Проведені дослідження базуються на наукових основах технології машинобудування, теорії коливань пружних систем, теорії надійності машин і сучасній теорії та практиці дослідження надійності технологічного забезпечення якості та експлуатаційних властивостей деталей машин, фізико-статистичній теорії формування геометричних параметрів поверхонь, теоретичних основах технологічного забезпечення параметрів стану поверхневого шару та експлуатаційних характеристик деталей на стадіях їх виготовлення, методах розв'язання диференціальних рівнянь для моделювання системи динаміки; методах планування експерименту й математичної статистики для проведення

експериментальних досліджень, аналізу та подальшого оброблення їх результатів.

В ході досліджень та аналізу геометрії поверхонь для визначення параметрів мікрорельєфу поверхонь, що утворилися використано наступне метрологічне устаткування: інформаційно-обчислювальний комплекс на базі профілографа-профілометра моделі 170622, оптичний інтерференційний профілометр «Micron-alpha», мікро-нотвердомір «Micron-gamma», мікроскоп AxioVertA1MAT, оптичний квадрант КО-60М, установка для проведення струменево-абразивної обробки, стенд для вимірювання сили тертя.

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

Повнота викладу результатів досліджень підтверджена 20 публікаціями, серед яких 4 фахових, 1 у міжнародному науковому виданні, що входить до наукометричних баз Scopus та 1 патент України на корисну модель.

У вступі обґрунтована актуальність та доцільність дисертації, сформульовано її мету і завдання, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, наукову новизну та практичну цінність роботи для машинобудування, подано відомості про апробацію результатів, публікації та структуру роботи.

У першому розділі виконано систематизацію інформації науково-технічних джерел та аналіз існуючих конструкцій колекторних вузлів електродвигунів постійного струму.

Здійснений аналіз вимог до технологічних та експлуатаційних властивостей колекторних вузлів встановив, що відсутні чіткі рекомендації до вибору технологічних параметрів обробки.

Розроблено загальний підхід створення функціонально-орієнтованої технології виготовлення профільних ламелей колектора ДПС. Розглянуто функціональне призначення профільних ламелей та їх елементів. Проведено об'єднання функціональних зон та елементів у модулі, для подальшої спільної їх обробки. Розроблено структуру експлуатаційних функцій ламелей колекторного вузла та граф функціональних елементів за рівнями поділу ламелі. Тому для компенсації похибок куткових розмірів профілю мідних ламелей необхідно реалізувати спеціальні схеми технологічного впливу на бічні поверхні ламелей.

У другому розділі подано методику та результати теоретичних досліджень процесу струменево-абразивної обробки з використанням математичного моделювання та оптимізації параметрів.

Автором розглянута структура математичної моделі та визначено більш універсальний підхід, заснований на визначенні досліджуваних залежностей та вирішенні задачі отримання раціональних технологічних параметрів процесу обробки в результаті імітаційного моделювання. В основу математичної моделі процесу текстурування бічних поверхонь ламелей потоком абразивних частинок покладено модель одиничного акту їх контактної взаємодії.

Адаптація математичної моделі до умов реального завдання включало верифікацію моделі та була проведена відповідно до результатів імітації і реальної обробки потоком абразивних частинок. Також було проведено визначення залежностей шорсткості бічної поверхні мідної ламелі колекторного вузла від основних параметрів струменево-абразивної обробки: кута атаки, тиску повітря, відстані від зразка та часу обробки.

Моделювання контактної взаємодії абразивних частинок з оброблюваною поверхнею здійснювалося у два етапи. На першому етапі визначено положення точки контакту моделі абразивної частинки, розміри якої спочатку більші від шорсткості поверхні; на другому - проаналізовано напружений стан моделі шорсткості.

Проведена імітація величин зернистості абразиву та швидкості потоку за допомогою експериментального планування імітаційних експериментів з моделлю процесу текстурування. Критерій оптимізації - величина шорсткості поверхні елементарної площадки.

У третьому розділі представлена методика та результати експериментальних досліджень процесу струменево-абразивної обробки бічних поверхонь ламелей.

Дослідження здійснювалися в лабораторних і виробничих умовах на натурних зразках мідних профілів колекторних полос. У зв'язку з тим, що у відомих джерелах з досліджень струменево-абразивної обробки матеріалів відомості стосовно міді та її сплавів відсутні, були проведені додаткові експерименти щодо визначення оптимальних параметрів текстурування колекторних ламелей.

На основі аналізу мікротвердості вихідного стану мідної ламелі і пластини слюдопласту за допомогою мікро-нанотвердоміра «Micron-gamma», методом проникнення скретч-тестера автор визначає, що

залежність глибинного проникнення від довжини траси, як у повздовжньому, так і поперечному напрямку майже не відрізняється. В той же час залежність глибинного проникнення (мкм) під навантаженням, має незначні відхилення.

У четвертому розділі подано методику та результати досліджень контактної взаємодії бічних поверхонь з пластинами слюдопласта. Вирішення завдання підвищення монолітності колекторного вузла здійснювалося в лабораторних і виробничих умовах на натурних зразках методом безпосередніх вимірювань параметрів запресування пакета в кільце.

Автор стверджує, що текстурювання бічних поверхонь, зі створенням підвищеної шорсткості довільного мікрорельєфу, перешкоджає відносному переміщенню за рахунок впровадження виступів шорсткості бічних поверхонь мідних колекторних ламелей в ізоляційні пластини й підвищує коефіцієнт тертя спокою, що зберігає рельєф контактної поверхні колектора та сприяє підвищенню технологічності і надійності ресурсу колекторного вузла.

В п'ятому розділі наведені результати виробничих випробувань колекторних вузлів та зібраних електродвигунів постійного струму, розрахунок техніко-економічної ефективності використання електродвигунів та результати їх промислового впровадження.

Була виготовлена дослідна партія колекторних вузлів у виробничих умовах. У цій партії три вузли виготовлялися з текстурованих мідних ламелей, а три - контрольних, відповідно до заводської технології. В результаті випробувань на розгін отримано збільшення монолітності дослідних колекторів на 50%.

З дослідними колекторами виготовлені якоря за серійною технологією, проведена збірка електродвигунів та проведені контрольні випробування електродвигунів на надійність, методом повторно-короткочасного включення-виключення.

Отримано можливість компенсації відхилення кута мідної колекторної ламелі при впровадженні виступів шорсткості в межах 5-10 мкм, що відповідає куту $0^{\circ}0,1'$. Після нанесення шорсткості, з рештою рівних умов, відбулося збільшення питомого тиску між пластинами у 2 рази.

В результаті проведених промислових випробувань дослідних колекторних вузлів з ламелями, які оброблено струменево-абразивною технологією отримано збільшення монолітності дослідних колекторів на

50% та показало, що в дослідних двигунах радіальні переміщення ламелей, які призводять до виходу з ладу колекторного вузла значно менші, ніж в серійних двигунах.

3. Наукова новизна отриманих результатів на погляд опонента полягає у наступному:

1. Вперше визначена закономірність впливу шорсткості на довговічність роботи колекторних вузлів та встановлені раціональні параметри шорсткості бічних поверхонь ламелей - розробка відрізняється тим, що бічні частини колекторних ламелей в місцях контакту з ізолюючими пластинами слюдопласта, текстуровані з шорсткістю $R_a = 6,3 - 12,5$ мкм, при цьому коефіцієнт тертя спокою забезпечений на рівні $0,7 - 0,9$.

2. Вперше встановлена закономірність протікання процесів контактної взаємодії текстурованих бічних поверхонь мідних ламелей з пластинами слюдопласта - розробка відрізняється впровадженням струменево-абразивної обробки бічних поверхонь колекторних ламелей та визначенням методів і технічних прийомів обробки бічних поверхонь ламелей.

3. Набула розвитку технологія виготовлення мідних ламелей колекторних вузлів на основі наукового обґрунтування технологічного забезпечення якості поверхонь ламелей для тривалої працездатності колекторного вузла - розробка відрізняється визначенням методу і технічних прийомів обробки поверхонь ламелей.

4. Набула розвитку математична модель, яка дозволила отримати аналітичні залежності, що об'єднують параметри процесу струменево-абразивної обробки з параметрами якості поверхонь ламелі - розробка відрізняється залежностями від взаємодії абразивного зерна з мідною поверхнею ламелі, що враховує збільшену шорсткість поверхні та обмеження щодо знімання матеріалу, отриманих при певних режимах струменево-абразивної обробки.

4. Практична значимість отриманих результатів полягає у розробці інженерних методик визначення технологічних режимів операцій струменево - абразивної обробки на стадії проектування технологічного процесу з урахуванням вимог до висоти мікронерівностей поверхонь ламелей, а також стану мікрорельєфу.

Результати дисертаційної роботи впроваджені у виробництво на ПАТ «Дніпропетровський агрегатний завод» (м. Дніпро) під час виготовлення серійних електродвигунів.

Розроблена методика та програмне забезпечення використовуються у навчальному процесі під час виконання практичних та лабораторних робіт з дисциплін «Фізико-технологічні методи обробки в машинобудуванні» та «Науково-дослідна робота студента» на кафедрі технології машинобудування в Національній металургійній академії України.

5. Повнота викладення основних результатів роботи

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у низці наукових робіт, які подані дисертантом у «Списку опублікованих праць за темою дисертації», у тому числі статті у наукових періодичних виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз, у наукових фахових виданнях України, у закордонних колективних монографіях. Отримано Патент 129087 на корисну модель «Колектор електричної машини».

6. Оцінка змісту дисертації та її завершеність в цілому

Дисертація представляє завершену наукову роботу, яка має внутрішню єдність, сукупність наукових теоретичних положень і експериментальних результатів, що свідчить про індивідуальний внесок здобувача в науку.

7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації

1. Вважаю, що у останньому пункті наукової новизни слід слова «...встановлені оптимальні параметри шорсткості...» замінити на «...встановлені раціональні параметри шорсткості...» оскільки оптимізаційних дій не знайдено.

2. Експерименти проводились з тиском 0,7...0,9 МПа. Бажано було б обмежити використання стиснутого повітря при струминно-абразивній обробці ламелей тиском 0,4...0,6 МПа для використання пневматичної мережі діючого виробництва.

3. Математичну модель, отриману планованим експериментом бажано було б представити окрім форми у закодованих параметрах також і в натуральних величинах для практичного використання.

4. Твердження про дії сил, які утворюють аорчне з'єднання допустимо тільки при запресовуванні в технологічне кільце, однак що

відбувається з ламелями після зняття технологічного кільця не зрозуміло, чим повинна забезпечуватися доцентрова сила, яка роль шорсткості бокових поверхонь.

5. Не зрозуміло що автор має на увазі, вказуючи напрямки поздовжній і поперечний (відносно чого) див. стор. 10, 13, 14, 17.

6. Створений мікрорельєф бічних поверхонь сприяє утриманню шлюдопластових прокладок відносно ламелей. Ламелі ж утримуються тільки за рахунок замкового елемента ламелі.

7. Не зрозуміло, як отримано збільшення монолітності дослідних колекторів саме на 50%, особливо після зняття технологічного кільця;

8. На схемі (рис. 10 автореферату) відсутні виноска, які приведені у підпису; на рисунках 6, 12, 13, 15 не витримана відповідність розміру шрифту відносно основного тексту.

9. В дисертаційній роботі зустрічаються невдалі звороти та технічні описки.

8. Висновки по дисертаційній роботі

1. Дисертаційна робота Абрамова Сергія Олексійовича «Підвищення експлуатаційних характеристик і властивостей колекторних вузлів на основі покращення технології виготовлення ламелей» є завершеною науково-дослідною працею, яка структурована в логічній послідовності згідно з поставленими у вступі завданнями. Отримані результати роботи вирішують актуальну наукову задачу раціонального способу підвищення експлуатаційних характеристик і властивостей колекторних вузлів на основі покращення технології виготовлення ламелей для збільшення життєвого циклу двигунів постійного струму.

2. Наукові положення, отримані в роботі достовірні і достатні для обґрунтування зроблених висновків. Не зважаючи на наведені вище недоліки, дисертація у цілому виконана на достатньому науковому рівні. Її практичні розробки актуальні та достовірні. Оформлення, стиль і мова викладення, хоча і мають певні недоліки, в цілому достатні.

3. Основний зміст роботи достатньо повно викладено у 19 наукових працях які опубліковані у фахових виданнях і патенті на корисну модель, що відповідає Постанові «Про мінімальну кількість та обсяг публікацій основного змісту дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук».

4. Зміст автореферату відображає основні положення роботи.

5. На підставі викладеного вище вважаю, що представлена дисертаційна робота в цілому відповідає паспорту спеціальності 05.02.08

– технологія машинобудування та вимогам п.п.9, 10, 13 Постанови Кабінету міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», що надаються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор Абрамов Сергій Олексійович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри технології
машинобудування ДВНЗ «ПДТУ»,
проф., доктор технічних наук



Анділахай Олександр Олександрович

Підпис доктора технічних наук, проф. Анділахая О. О. засвідчую:

