

ВІДГУК

офіційного опонента д.т.н., професора

Лебедева Володимира Георгійовича

на дисертацію Ештеіві Абдулсалама Мусбаха Хаддуда

«Технологічне забезпечення якості та точності шліфування кілець роликотітшипників в умовах переналагоджувального виробництва», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – Технологія машинобудування

1. Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота Ештеіві Абдулсалама Мусбаха Хаддуда присвячена важливій проблемі технологічного забезпечення якості та точності кілець карданних та конічних роликотітшипників на операціях шліфування з метою забезпечення й стабілізації підвищених експлуатаційних характеристик та конкурентоспроможності підшипників.

Робота виконана на кафедрі приладобудування Луцького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України і складається з вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

Основні результати теоретичних та експериментальних досліджень за темою дисертації опубліковані у 17 друкованих працях, доповідались на 8 міжнародних та національних науково-технічних конференціях.

Загальний обсяг роботи складає 205 сторінок машинописного тексту, в тому числі містить 76 ілюстрацій, 17 таблиць, 6 додатків та список використаних джерел з 162 найменувань.

2. Актуальність теми дисертації

В теорії та практиці світового машинобудування відбувається постійне підвищення вимог до якості та конкурентоспроможності виробів, підвищення ефективності виробництва. Особливі вимоги висувуються до сучасного підшипникового виробництва, оскільки від якості, надійності та довговічності підшипників в більшій мірі залежать високі експлуатаційні характеристики машин і механізмів в яких застосовуються ці підшипники.

Експлуатаційні характеристики підшипників кочення формуються на стадіях виготовлення складових деталей, зокрема зовнішніх і внутрішніх кілець тіл обертання тощо. Але головна роль у формуванні вихідних експлуатаційних властивостей функціональних поверхонь кілець відводиться фінішним шліфувальним операціям таким, як безцентрово-шліфувальні, торцешліфувальні та внутрішліфувальні операції. В умовах серійного часто переналагоджувального виробництва, як показує виробничий досвід, під час виконання шліфувальних операцій виникають проблеми забезпечення й стабілізації точності шліфованих деталей та якості шліфованих поверхонь. На вирішення багатьох завдань даної загальної проблеми націлена дисертаційна робота з відповідною назвою. Тема дисертації є актуальною і важливою для теорії і практики машинобудівного виробництва.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі приладобудування Луцького НТУ у відповідності з планом держбюджетної роботи кафедри, зокрема держбюджетної теми «Технологічне забезпечення й стабілізація якості поверхневого шару деталей підшипників на операціях шліфування переривчастими кругами» державної реєстрації № 0115U002202. Дисертаційні дослідження проводились в рамках договору про співпрацю між ПрАТ «SKF Україна» (публічне) та Луцьким національним технічним університетом, а також згідно з координаційним планом Комітету з питань науки і техніки України, розділу «Машинобудування» (позиція 43) «Високоєфективні процеси в машинобудуванні» на 2010-2015 роки.

4. Наукова новизна досліджень та отриманих результатів

В дисертаційній роботі вирішена актуальна наукова проблема – встановлення взаємозв'язків конструкторсько-технологічних чинників шліфувальних операцій з показниками ефективності шліфування та параметрами якості і точності функціональних поверхонь шліфованих деталей. На підставі запропонованого методу моделювання зв'язків технологічних чинників з параметрами якості оброблених поверхонь встановлені важливі функціональні залежності між режимами шліфувальних операцій, характеристиками, структурою та геометричними параметрами різального інструмента (шліфувальних кругів), температурою в зоні шліфування, показниками процесу формоутворення і параметрами якості та точності поверхонь зовнішніх кілець карданних та роликів підшипників. Для цього вперше:

1. Математичним моделюванням встановлені взаємозв'язки та залежності, що стосуються механізму формування похибок в технологічній системі безцентрового шліфування поверхонь обертання та встановлені джерела походження розмірних, геометричних та температурних дефектів.

2. Виявлено закономірності розповсюдження тепла в зоні шліфування кілець роликів та карданних підшипників, отримані залежності для визначення глибини прогрівання шліфованої поверхні для заданої швидкості переміщення теплового джерела вздовж шліфованої поверхні під час переривчастого шліфування, аналітично визначені умови зменшення температури та швидкості її проникнення в тіло заготовки, визначені умови досягнення максимальної продуктивності бездефектного шліфування переривчастими шліфувальними кругами.

3. Виведено аналітичні залежності, що описують функціональні зв'язки між режимами шліфування, конструктивними особливостями шліфувального інструмента (число ріжучих виступів круга) при зміні типорозмірів кілець, які запускаються у виробництво, та температурою в зоні шліфування поверхонь кілець карданних та роликів підшипників.

4. Встановлено залежність між швидкістю різання, температурою шліфування та кількістю тепла, що переходить в стружку, в тіло заготовки та

в різальний інструмент під час плоского та безцентрового шліфування поверхонь кілець переривчастими кругами.

5. Отримано аналітичні залежності для визначення приведенного показника температури, який характеризує теплонапруженість процесу шліфування. На цій основі отримано залежності для оперативного визначення умов зменшення температури в етапі технологічного проектування процесу безцентрового та плоского шліфування поверхонь кілець переривчастими і суцільними кругами та прогнозування умов бездефектного оброблення.

5. Практичне значення одержаних результатів

Вдосконалено технологію безцентрового та плоского шліфування поверхонь зовнішніх кілець карданних та роликів підшипників за рахунок використання вискоефективного шліфувального інструмента з переривчастою робочою поверхнею, що покращило умови стружко- та тепловідведення з зони шліфування:

- запропоновано конструкцію збірного шліфувального круга зі змінною зернистістю окремих секцій, що дозволило стабілізувати параметри якості шліфованих поверхонь та зменшити теплонапруженість процесу шліфування;

- розроблено інженерну методику розрахунку і встановлення режимів оброблення та визначення параметрів інструментального налагодження на шліфувальну операцію для стабілізації параметрів якості та підвищення ефективності бездефектного оброблення деталей;

- розроблено методику оперативного визначення параметрів інструментального налагодження та параметрів режимів різання операцій безцентрового та плоского шліфування функціональних поверхонь кілець карданних та роликів підшипників;

- впроваджено в діюче підшипникове виробництво вдосконалену технологію шліфування функціональних поверхонь карданних та конічних роликів підшипників переривчастими шліфувальними кругами.

6. Оцінка достовірності та обґрунтованості положень дисертації, ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації

Наукові положення, висновки та пропозиції у достатній мірі обґрунтовані теоретичним аналізом, експериментальними дослідженнями та виробничою перевіркою, тому їх слід вважати цілком достовірними.

Дослідження проводились з використанням методик планування експерименту, використання фундаментальних положень технології машинобудування, теорії коливань, фізики, математичного аналізу, а також математичного та імітаційного моделювання.

Результати експериментальних досліджень отримані з використанням спеціального устаткування та засобів технологічного спорядження в лабораторних умовах і на виробництві.

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

Повнота викладення результатів досліджень підтверджена 17-ма публікаціями, 1 патентом України.

Автореферат за своїм змістом відповідає основним положенням, висновки, що наведені в дисертаційній роботі, відображають її структуру. Автореферат за змістом, основними положеннями та висновками ідентичний з дисертацією.

7. Структура і характеристика роботи

У *вступі* подано загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми роботи, визначено мету і задачі дослідження, викладено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів досліджень. Сформовано основні положення, що розглядаються в дисертаційній роботі, а також найважливіші результати, які виносяться на захист.

У *першому розділі* розглядаються особливості та структура технологічних процесів підшипникового виробництва, наведено характер взаємозв'язків між конструктивними особливостями деталей підшипників та структурою технологічних процесів. На підставі аналізу літературних джерел та виробничого досвіду розглянуто причини виникнення та характеристика виробничих дефектів, що виникають під час виготовлення деталей підшипників. Встановлено, що найпоширенішими дефектами, що виникають на стадії виготовлення деталей підшипників є дефекти температурні, а також ті, що пов'язані з вимогами до мікро- та макрогеометрії поверхонь деталей. Причинами виникнення температурних дефектів є складний характер взаємозв'язків між режимами механічного оброблення, температурою, що виділяється в зоні різання, та фізико-механічними характеристиками оброблених поверхонь. Особливо актуальними ці взаємозв'язки є для шліфувальних операцій.

У *другому розділі* розглядаються загальні принципи формування розмірної точності поверхонь на операціях шліфування. Визначення параметрів технологічного процесу, які необхідно контролювати з метою ефективного управління цим процесом є складною задачею, що залежить від вимог як до точності, так і від характеру взаємозв'язків між параметрами процесу шліфування та показниками якості оброблених деталей. Тому вибір алгоритму структурної схеми управління точністю оброблення у загальному випадку виконується у наступній послідовності.

1. Встановлення причин і діапазону розсіювання розмірних параметрів та умов оброблення.

2. Розроблення математичної моделі процесу шліфування та процесу формування похибки оброблення.

3. Аналітичне дослідження процесу шліфування. Визначення параметрів управління. Формування вимог до структури циклу, характеру перебігу процесу, до структурної схеми та точності системи управління процесом.

4. Експериментальне дослідження процесу шліфування з метою комплексного вивчення зв'язків між параметрами технологічної системи та показниками якості оброблення.

5. Розроблення алгоритму управління процесом і системи управляючого контролю для його реалізації.

У *третьому розділі* наведено математичну модель визначення температури при шліфуванні, заснована на урахуванні балансу тепла, що переходить в стружку і в заготовку. На підставі теорії запропонованої професором Якімовим О.В. і продовженої в роботах професора Новікова Ф.В. розроблено модель для визначення кількості тепла, що виділяється в зоні шліфування та теплонапруженості процесу. Отримані важливі залежності для визначення параметрів теплового джерела і формулу для визначення безрозмірної величини – відносної величини температури. З наведених залежностей витікає, що довжина стержня l_2 змінюється за законом зміни відносної величини температури z . Миттєва швидкість V_{θ} , навпаки, зі збільшенням z безупинно зменшується, асимптотично наближаючись до значення $V_{\theta \text{різ}}$.

У *четвертому розділі* наведена програма та план експериментальних досліджень зв'язків технологічних чинників з температурою в зоні шліфування та з якістю шліфованих поверхонь, згідно з якими виконано:

- дослідження температури під час шліфування поверхонь обертання зовнішніх кілець роликотідшипників;
- дослідження шорсткості шліфованої поверхні;
- дослідження мікротвердості поверхневого шару;
- дослідження силових параметрів процесу різання.

Для проведення експериментальних досліджень було використано збірну конструкцію багатосекційного переривчастого шліфувального круга з комбінуванням різного значення зернистості для кожної робочої секції.

Проведено комплекс експериментальних досліджень впливу режимів шліфування переривчастими і суцільними кругами на шорсткість шліфованих поверхонь. Проведено експериментальні дослідження впливу режимів на температуру в зоні шліфування, а також впливу силових параметрів процесу шліфування на температуру шліфування та на параметри якості шліфованої поверхні.

З метою перевірки достовірності і порівняння результатів вимірювання параметрів шорсткості оброблюваних шліфованих поверхонь під час проведення комплексу досліджень використовували принципово новий метод вимірювання шорсткості в системі 3D на автоматизованому вимірювальному комплексі «Talyskan-150».

У *п'ятому розділі* наведено інженерну методику технологічного керування точністю та якістю шліфування на етапі технологічного проектування шліфувальних операцій. На основі проведеного теоретичного

аналізу сформульовані основні умови зменшення температури при шліфуванні θ , що полягають в зменшенні параметрів σ , l_1 (рівного глибини шліфування) і $V_{різ}$.

Встановлено, що відносна величина температури z цілком однозначно визначається сумарною довжиною ділянки стержня $(l_1 + l_2)$, підданого тепловому впливу. Чим менше дана величина, тим менша відносна величина температури z і відповідно, температура при шліфуванні θ .

Завершується робота досить розгорнутими висновками, які впливають зі змісту роботи, є логічними, слугують віддзеркаленням основних результатів дисертаційної роботи.

8. Обґрунтування та достовірність основних висновків дисертації

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

9. Зауваження по роботі

1. За результатами досліджень теплових процесів в зоні шліфування для вимірювання температури автор використовує шкали за Цельсієм (ст. 16, 128, 130, 176) та Кельвіном (ст. 175 табл. 5.4).

2. В першому розділі дисертаційної роботи варто було б привести статичний аналіз дефектів шліфованих поверхонь за результатами виробничих досліджень.

3. В роботі йдеться про виникнення температурних дефектів шліфованих поверхонь, однак, механізм зміни мікроструктури загартованих підшипникових сталей автором не розглядається. Варто було б, на наш погляд, більш детально розглянути в роботі механізм формування температурних дефектів на рівні структурних перетворень, а також розглянути вплив зернистості та матеріалу шліфувальних кругів на характер фазових перетворень в структурі матеріалу шліфованих кілець.

4. Не достатньо повно, на наш погляд, обґрунтовано вибір структурних і якісних характеристик шліфувального інструменту. Варто було б більш детально розглянути взаємозв'язки геометричних параметрів шліфувального круга та його зернистість з режимами шліфування та показниками якості шліфованих поверхонь.

5. В інженерній методиці проектування технології варто було б привести алгоритм визначення режимів шліфування і визначення параметрів інструментального налагодження на шліфування інших типорозмірів кілець. Це дало б змогу підвищити технологічну гнучкість і продуктивність переналагоджувальних операцій.

6. В програмі експериментальних досліджень доцільно було б передбачити дослідження фазового структурного стану поверхонь кілець для різних режимів шліфування і зіставити параметри фазового стану з температурними режимами шліфування.

10. Висновки

Дисертаційна робота Ештеїві Абдулсалама Мусбаха Хаддуда «Технологічне забезпечення якості та точності шліфування кілець роликотідшипників в умовах переналагоджувального виробництва» має важливе значення в галузі машинобудування. Вирішено актуальну для технології машинобудування науково-практичну задачу щодо поліпшення якості оброблених поверхонь, збільшення товщини зміцненого шару та покращання експлуатаційних показників деталей машин.

Одержані нові рішення науково-практичної задачі, актуальність, практичне значення, новизна та закінченість досліджень, обґрунтування висновків заслуговують позитивної оцінки.

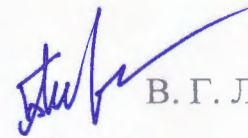
Зміст дисертаційної роботи, отримані основні наукові положення та висновки відповідають паспорту спеціальності 05.02.08 – технологія машинобудування. Автореферат відповідає змісту дисертації.

Вказані недоліки суттєво не впливають на наукове та практичне значення дисертаційної роботи і не змінюють позитивну оцінку.

Робота відповідає вимогам п. 9, 11 та 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 висувуються до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор, Ештеїві Абдулсалам Мусбах Хаддуд, заслуговує на присвоєння йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

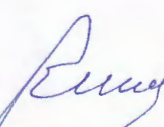
Офіційний опонент:

доктор технічних наук,
професор кафедри технології
конструкційних матеріалів
та матеріалознавства Одеського
національного політехнічного університету



В. Г. Лебедєв

Вчений секретар



В. І. Шевчук