

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента
Васильківа Василя Васильовича на дисертаційну роботу

Громіюка Сергія Івановича

**«Технологічне забезпечення якості нарізання зубчастих коліс
радіально-коловим способом»,**

подану до захисту в спеціалізовану вчену раду ДЗ5.052.06 в Національному
університеті «Львівська політехніка» на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук за спеціальністю 05.02.08 «Технологія машинобудування»

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1. Актуальність теми дисертаційної роботи.

Зубчасті колеса та зубчасті передачі є обов'язковими компонентами більшості сучасних машин та механізмів. На найближчу перспективу їм немає альтернативи з огляду на можливості передавання великих швидкостей і енергій, якісного та кількісного перетворення параметрів руху, зміни регульованих параметрів машин в широкому діапазоні.

Найпоширенішим методом виготовлення зубчастих коліс в усіх галузях машинобудування є черв'ячне зубофрезерування. Цей метод, попри певну універсальність та продуктивність має істотний недолік, який неможливо усунути – це нерівномірність сили різання в циклі одного оберту фрези, внаслідок чого кілька зубців черв'ячної фрези несуть значно більше навантаження, ніж інші її елементи. Це обмежує максимальну подачу і швидкість різання на операціях нарізання зубчастих коліс, які є гранично допустимими за критеріями необхідної точності, якості та продуктивністю процесу зубонарізання. Такий стан в галузі найпоширенішого методу виготовлення зубчастих коліс свідчить, що необхідно вести пошук нових способів, які не мають подібних обмежень і недоліків. Одним з таких прогресивних та перспективних є радіально-коловий спосіб зубонарізання, який здійснюється на зубофрезерних верстатах, що працюють за методом неперервного обкочування, в якому різальним інструментом є звичайна дискова фреза. Цей спосіб має значно ширші можливості і характеризується високою продуктивністю і малими витратами, проте на сьогодні він ще недостатньо теоретично обґрунтований та досліджений. Виходячи з такого стану, задача, яка вирішується в роботі, є актуальною для сучасного машинобудівного виробництва.

Дисертаційна робота виконувалася упродовж 2010 - 2016 рр., зокрема, згідно з програмою науково-дослідних робіт Міністерства і освіти України «Прогресивні енергоощадні технології виготовлення зубчастих передач виробів і обладнання машинобудування, енергетики та транспорту» за номером держреєстрації 0113U006296, та госпдоговірною темою ГД 0482 «Розроблення технологічного оснащення для модернізації зубофрезерного

верстата моделі 5K32 і технології нарізання зубчастих коліс способом радіально-колового формоутворення» (номер держреєстрації 0114U004751).

1.2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій та їхня достовірність.

Основні наукові результати, висунуті на захист, полягають в наступному:

- розроблені наскрізні математичні моделі, якими описано взаємозв'язані та взаємозумовлені процеси під час нарізання зубчастих коліс радіально-коловим способом, що дають змогу розраховувати умови роботи, силу різання та пружні деформації і оцінити їх вплив на якість оброблення; виконано їх експериментальну перевірку та підтверджено можливість практичного використання;

- виведені залежності для визначення параметрів поперечного перерізу зрізів на кожному з окремих зубців дискової фрези та їх зміну по куту обертання фрези від 0 до 360° , а також отримано формули для розрахунку у виробничих умовах середніх і максимальних значень цих параметрів зрізів як функції подачі, модуля, діаметра фрези та кількості її зубців;

- досліджено закономірності зміни сили різання і силового навантаження технологічної системи верстата по куту повороту фрези в зубофрезерування РК-способі залежно від основних параметрів даного процесу ;

- встановлено вплив пружних деформацій фрези на точність зубчастих коліс і шорсткість профілів зубців, які нарізаються РК-способом, на підставі яких створено методичку вибору технологічних, конструктивних і технічних параметрів процесу радіально-колового зубофрезерування, які забезпечують вимоги технічних умов;

- розроблено напрямки удосконалення і підвищення ефективності технології нарізання зубчастих коліс радіально-коловим способом на основі оснащення зубофрезерних верстатів засобами сучасної мехатроніки.

Основні наукові положення та висновки роботи обґрунтовані використанням засадничих положень технології машинобудування, теорії різання, теорії формоутворення поверхонь, теорії точності і математичної статистики, теорії планування експерименту, сучасних комп'ютерних засобів та пакетів прикладних програм; виконанням коректних експериментальних досліджень, сучасних методів дослідження сили різання. Результати наукових досліджень викладені в опублікованих автором працях.

1.3. Практичне значення результатів роботи.

Практична цінність дисертаційних досліджень:

- створено методичку визначення та кількісної оцінки параметрів перехідної поверхні, яка виникає на межі утвореної та необробленої поверхонь в неперервному процесі радіально-колового зубонарізання дисковою фрезою;

- вперше розроблено сукупність теоретичних залежностей для розрахунку параметрів технологічного процесу зубофрезерування РК-способом з умови досягнення необхідної точності та висоти мікронерівностей зубчастих поверхонь, яка дає змогу на етапі технологічної підготовки виробництва обґрунтовано призначати режими різання та вибирати інструмент і технологічне устаткування;

- створено метод кількісної оцінки нерівномірності і інтенсивності коливання сили різання в циклі одного оберту дискової фрези, який дозволяє керувати кінематичними параметрами в РК-способі для вирівнювання силового навантаження, підвищення якості та удосконалення процесу зубофрезерування шляхом введення керованих від ЧПК приводів робочих рухів верстата;

- розроблено новий метод визначення складової сили різання за зміною параметрів індукції внаслідок пружних деформацій дискової фрези;

- розроблено нові варіанти компоновання зубофрезерних верстатів, що дають змогу виготовляти на одному верстаті одним різальним інструментом зубчасті колеса з різними профілями зубців.

Результати досліджень, наведених в дисертаційній роботі впроваджені у виробництво на ПРАТ «Львівський локомотиворемонтний завод» та в навчальний процес кафедри технології машинобудування НУ «Львівська політехніка».

2. СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертаційна робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету і задачі дослідження, сформульовано наукову новизну, вказано на її практичну цінність та зв'язок з науковою тематикою кафедри технології машинобудування НУ «Львівська політехніка», наведено перелік публікацій за темою дисертації та відомості щодо її апробації.

У першому розділі автором проаналізовано відомі методи і способи зубонарізання, серед яких особливу увагу приділено РК-способу. Висвітлено питання стану у галузі моделювання та дослідження процесів нарізання зубчастих коліс дисковими інструментами. На основі цього сформульовані мета і задачі дослідження, які за своєю науковою та практичною значущістю відповідають рівню кандидатської дисертації.

У другому розділі здобувачем подані основні залежності для розрахунку і дослідження параметрів зрізів на вершинних і вхідних бокових лезах, характеристик їх поперечного перерізу. Для перевірки правильності отриманих результатів проведена перевірка моделей параметрів зрізів у розглядуваному РК-способі.

У третьому розділі наведені залежності для розрахунку та визначено основні закономірності зміни сили різання та її складових в РК-способі зубофрезерування. Визначено причини зниження якості поверхонь зубців та

точності зубофрезерування. Показано ефективність використання дискової фрези у порівнянні з черв'ячної фрези за однакових умов оброблення. Розроблено рекомендації щодо зменшення величини сили різання, коливань і пружних деформацій та підвищення точності і якості нарізання коліс згаданим вище способом.

У четвертому розділі на основі закономірностей зміни площі поперечного перерізу зрізів і сили різання досліджено радіальні, осьові і крутильні пружні деформації дискової фрези та заготовки і їх вплив на точність профілів, які нарізають. В рамках цього визначено основні чинники і їх характеристики, які визначають зниження точності

П'ятий розділ присвячений експериментальним дослідженням зубофрезерування РК-способом. Зокрема розроблена сучасна методика експериментальних досліджень сили різання з використанням сучасних інформаційних технологій. Показано збіжність з експериментальними даними теоретичних графіків зміни осьової складової сили різання в одній впадині і закономірностей нерівномірності силового навантаження. На основі повнофакторного експерименту типу 2^2 за усіма критеріями підтверджено адекватність експериментальної моделі теоретичній залежності для розрахунку осьової складової сили різання.

У шостому розділі розкрита методика вибору параметрів процесу зубофрезерування з урахуванням пружних деформацій та сформульовані напрямки удосконалення радіально-колового способу з використанням універсальних зубофрезерних верстатів.

У додатках деталізовано структуру сумарної похибки і точності зубчастих коліс з урахуванням множини основних чинників радіально-колового процесу зубонарізання, а також особливостей експериментального дослідження головної складової сили різання на основі методів планування експерименту.

Виходячи з аналізу основної частини дисертації, можемо дійти висновку, що мета дисертаційної роботи в ході виконання дослідження була досягнута, дисертація є завершеною науковою працею а отримані в ній результати вирішують важливу наукову-практичну задачу обґрунтованого вибору раціональних конструктивних, технічних і технологічних параметрів процесу радіально-колового способу зубофрезерування для забезпечення заданої якості зубчастих поверхонь.

3. ПОВНОТА ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

За результатами досліджень, наведених у дисертації автором опубліковано 17 наукових статей, з яких 8 - у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз, 1 стаття опублікована в іноземному виданні, 1 стаття - в іншому виданні, 5 публікацій матеріалів науково-технічних конференцій; 1 патент України на корисну модель.

Теоретичні положення і практичні результати отримані автором вперше та самостійно, є логічно пов'язаними, обґрунтованими коректними експериментальними дослідженнями, задачі, поставлені в роботі в повній мірі вирішені, а поставлену в дисертації мету досягнуто.

4. ЗАУВАЖЕННЯ ПО ЗМІСТУ І ОФОРМЛЕННЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА АВТОРЕФЕРАТА

1. Вважаю, що доцільно було б встановити зв'язок початкових параметрів технологічного процесу з більшою кількістю показників точності, окрім похибки профілю, що виконано в роботі, також врахувати похибки кроку, повноти контакту та напрямку зубців.

2. В дослідженнях параметрів зрізів, сили різання і похибок обробки, наведених в різних розділах, використано різні параметри, що характеризують початкові умови в широкому діапазоні їх зміни, проте наочніше було б, якби ці параметри були наскрізні та однакові у всіх розділах.

3. Бажано було б об'єднати розділи 5 і 6 та сформулювати напрямки удосконалення устаткування й технології зубонарізання за радіально-коловим способом на основі результатів експериментальних досліджень

4. У роботі розглядається лише процес нарізання зубчастих коліс на повну висоту профіля, тобто за один технологічний перехід. Не зрозуміло, чи отримані у роботі висновки можна поширити на двох- чи трьох прохідні процеси зубофрезерування.

5. Не зрозуміло, чому у 5 розділі для дискових фрез з твердосплавними пластинами і фрез із швидкорізальної сталі використовують різні способи тарування фрез.

6. В моделюванні параметрів зрізів (розділ 2) та сили різання (розділ 3) не враховано роботу різання, навантаження та участь у формоутворенні профілів зубчастих коліс вихідними лезами дискової фрези.

Загалом, вказані зауваження не знижують загальний достатньо високий рівень даної дисертаційної роботи, вони носять частковий характер і не зменшують наукової новизни та практичної цінності дисертаційних досліджень і суттєво не впливають на отримані в роботі результати.

5. ОЦІНКА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ЇЇ ЗАВЕРШЕНОСТІ

Загалом дисертаційна робота Громнюка С.І. є завершеною науковою працею, яка характеризується актуальністю, науковою новизною, сукупністю вагомих теоретичних і наукових положень та одержаних практичних результатів. Основні положення роботи, що виносяться на захист та які підтверджені експериментально, створюють в сукупності наукові та прикладні засади обґрунтування та вибору в конкретних виробничих умовах раціональних за критерієм якості технологічних і конструктивно - технічних параметрів технологічного процесу нарізання зубчастих коліс радіально-коловим способом. Практичні здобутки дисертації дозволяють

використовувати теоретичні розробки для ефективного наукового обґрунтування задач технологічної підготовки виробництва зубчастих коліс.

В авторефераті повністю відображені основні положення, висновки та результати дисертаційної роботи. В публікаціях за темою дисертації внесок автора є визначальним, за змістом дисертація і автореферат ідентичні.

Зазначене вище дає підставу вважати, що дисертаційна робота «Технологічне забезпечення якості нарізання зубчастих коліс радіально-коловим способом» є завершеною самостійною науковою працею, яка відповідає вимогам п.11 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" та вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України щодо кандидатських дисертацій, а її автор – Громнюк Сергій Іванович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 «Технологія машинобудування».

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри
технології машинобудування
Тернопільського національного
технічного університету
імені Івана Пулюя



Васильків В.В.

Підпис д.т.н., доц., проф. кафедри
технології машинобудування
Васильківа В.В. завіряю

Проректор з наукової роботи
Тернопільського національного
технічного університету
імені Івана Пулюя, д.т.н., проф.



Рогатинський Р.М.