

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Миговича Артура Володимировича
на тему «Оптимізація процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 – Механічна інженерія
за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

Актуальність теми дисертації.

Контурне фрезерування на верстатах з ЧПК є однією з найбільш поширених операцій в обробленні деталей складної конфігурації, яке широко застосовується в таких галузях, як аерокосмічна, автомобілебудівна, а також у сфері швидкого прототипування та виготовлення штампів. Проте, процес контурного фрезерування має суттєву особливість – непостійність основних факторів: швидкості видалення матеріалу (MRR), сили та потужності різання. За традиційного підходу технологи змушені обирати режими різання, зосереджуючись на «найскладніших» ділянках контуру, і поширювати їх на інші ділянки, що зменшує продуктивність усього циклу фрезерної операції. Одним із перспективних шляхів підвищення ефективності контурного фрезерування, зокрема економії ресурсів і часу обробки, є оптимізація процесу з метою підвищення його продуктивності за критерієм стабілізації MRR.

В дисертаційній роботі Миговича А. В. вирішується актуальне науково-практичне завдання підвищення ефективності контурного фрезерування, зокрема його продуктивності. Завдання вирішено шляхом розробки підходів, які дозволяють стабілізувати процес фрезерування та призначити оптимальні режими різання з урахуванням технологічних і конструктивних обмежень. Одним із ключових напрямів дослідження є розробка математичної моделі процесу контурного фрезерування, яка дозволяє визначити значення параметрів різання, швидкості видалення матеріалу (MRR) та сили різання. Запропоновано спосіб управління подачею, що дозволяє стабілізувати швидкість видалення матеріалу (MRR) під час обробки і є підґрунтям подальшої оптимізації процесу.

Дослідження такого плану з метою підвищення ефективності контурного фрезерування до цього часу не проведено. Тому тема дисертаційної роботи є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

– Розроблено новий підхід до оптимізації процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК, що полягає у попередній стабілізації, оптимізації за критерієм максимальної продуктивності з дотриманням заданих обмежень.

– Вперше створено математичну модель, яка враховує квазістаціонарність процесу, включаючи вплив кривизни контуру на детерміновану складову шорсткості поверхонь різних ділянок (прямих, увігнутих і опуклих дуг), а також обмеження, пов'язані з геометрією виробу, можливостями обладнання та інструмента. Ця модель стала базою для алгоритмів автоматизації, які оптимізують режими різання, забезпечуючи стабільність процесу та високу якість обробки.

На думку опонента сформульовані пункти наукової новизни потребують деяких пояснень стосовно суті досягнених результатів, зокрема:

Новий підхід до підвищення продуктивності процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК, запропонований автором, полягає у поєднанні стабілізації параметрів різання та наступного призначення оптимальних режимів обробки. Для реалізації такого підходу автором вперше розроблено математичну модель процесу контурного фрезерування, яка дозволяє моделювати значення швидкості видалення матеріалу (MRR) та сили різання вздовж траєкторії руху інструмента з урахуванням геометрії оброблюваного контуру. На основі цієї моделі розроблено алгоритм і прикладну програму стабілізації процесу шляхом управління подачі з метою підтримання постійного значення швидкості видалення матеріалу (MRR).

Також автором вперше сформульовано та реалізовано задачу оптимізації процесу контурного фрезерування, яка спрямована на мінімізацію часу обробки з урахуванням технологічних та конструкторських обмежень, а також створено прикладну програму, що дозволяє автоматично розв'язувати задачу оптимізації, підбирати режими різання та формувати управляючі програми для верстатів з ЧПК. Проведено експериментальну перевірку ефективності розроблених рішень, яка продемонструвала зменшення тривалості обробки та стабілізацію параметрів різання у порівнянні з відомими САМ-системами. Розроблене програмне забезпечення має прикладне значення як інженерний інструмент для підготовки управляючих програм, а результати дослідження становлять практичну цінність для галузі машинобудування.

Зазначені наукові й практичні результати відображають специфіку управління процесом контурного фрезерування на верстатах з ЧПК, яка до цього часу не була досліджена, тому вони є новими, а їхня обґрунтованість і достовірність підтверджена відповідними результатами моделювання, експериментальних досліджень й апробацією публікацій здобувача.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Миговича А.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 – Прикладна механіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Прикладна механіка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій». Поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, свідчить, що дисертаційна робота Миговича Артура Володимировича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Текст витримано в академічному стилі, характерному для технічних наук. Виклад матеріалу є логічним, послідовним і структурованим. У роботі використано загальноприйнятту науково-технічну та інженерну термінологію.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох основних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 142 сторінки.

У вступі подано загальну характеристику дослідження, обґрунтовано його актуальність, визначено мету й основні завдання, сформульовано об'єкт, предмет, наукову новизну та практичну значущість результатів. Наведено структуру та обсяг роботи, інформацію про апробацію матеріалів і публікації за темою дисертації.

У першому розділі проаналізовано стан досліджень у сфері контурного фрезерування, розглянуто існуючі методи управління процесом різання та підходи до стабілізації його параметрів. Окрему увагу приділено функціональним можливостям сучасних САМ-систем. На основі виявлених недоліків сформульовано мету та завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі представлено математичний апарат для моделювання процесу контурного фрезерування. Розроблено модель, яка описує зміну

швидкості видалення матеріалу (MRR) та сили різання залежно від геометрії заготовки. Реалізовано програмний інструмент для аналізу та візуалізації процесу фрезерування.

У третьому розділі описано спосіб стабілізації процесу обробки на основі управління подачею. Алгоритм реалізовано у вигляді прикладного програмного модуля, який формує G-коди для управління верстатами з ЧПК. Експериментальні дослідження підтвердили ефективність розробленого способу.

У четвертому розділі сформульовано задачу оптимізації контурного фрезерування з урахуванням технологічних та конструкторських обмежень. Наведено результати чисельного моделювання й експериментальних досліджень, які підтвердили відповідність моделі реальним умовам обробки та ефективність запропонованого методу оптимізації.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 2 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus, з яких 1 стаття у виданні, віднесених до третього квартилю (Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank і Journal Citation Reports; 1 патент України на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 2 наукових фахових конференціях.

Основні наукові результати, описані в дисертаційній роботі, висвітлені у наукових публікаціях здобувача повністю, а науковий рівень публікацій здобувача відповідає науковому рівню видань, в яких вони опубліковані, принципи академічної доброчесності в публікаціях витримані.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У загальних висновках дисертаційної роботи не згадується у явному вигляді, наприклад у преамбулі, чи досягнута мета дослідження, а саме: розроблення методики і програмних засобів для оптимізації та стабілізації процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК. Опосередковано про досягнення мети свідчать результати виконання завдань, поставлених у роботі й наведених у наявних пунктах загальних висновків.

2. У вступі до дисертаційної роботи зазначається, що помітні відхилення у значеннях основних параметрів процесу контурне фрезування у перехідних фазах від обробки прямої ділянки контуру до криволінійної і навпаки можуть призвести до погіршення шорсткості поверхні, зниження точності та зменшити стійкість різального інструмента. Точність обробки згадується у дослідженні лише як обмежувальний фактор при вирішенні задачі оптимізації. Ґрунтовність роботи безперечно виграла би від розгляду аспекту точності контурного фрезування у перехідних фазах.

3. У роботі згадується механістичний підхід до розрахунку сили різання без пояснення, що мається на увазі.

4. Порівнювали змінювання середньої горизонтальної складової сили різання для висновку про її стабілізацію, не аналізуючи напрямок дії цієї сили, особливо у перехідних фазах, що впливає на точність і якість обробки. Можливо слід було би розглядати стабілізацію вектору сили з внесенням відповідних змін у режим у різання.

5. У розділі 3.3 (Підготовка до проведення експерименту) відсутній опис методики вимірювання переднього, заднього кута фрези, скруглення різальної кромки, окрім представлених фото, з яких важко зрозуміти процедуру вимірювання. Не наведено технічних характеристик застосованого для експериментальних досліджень тензометричного датчика MCS 10-005-3C фірми HBM (Германія). Щодо повторюваності результатів експериментального дослідження бажано було б навести результати для різних типових класів матеріалів, застосовуваних типорозмірів і фізико-механічних властивостей інструментів.

6. Під час розрахунку обмеження по точності за максимально допустимим прогином фрези в межах допуску у розділі 4.1 спиралися на відхилення форми деталі, які задаються по нормалі до контуру, і не враховано той факт, що напрямок прогину залежить від вектору горизонтальної складової сили різання, а не нормальної.

7. Посилання [24]-[27] і [29]-[33] відсилають до зарубіжних джерел 2006-2014 років (тобто терміну давності 10-20 років) – цілком вірогідно, що результати цих досліджень за цитованістю перейшли до розряду класичних і очевидно містяться у відповідних сучасних оглядах досягнень авторів.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Миговича Артура Володимировича на тему «Оптимізація процесу контурного фрезерування на верстатах з ЧПК» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для 13 – Механічної інженерії.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Мигович Артур Володимирович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Офіційний опонент:

Провідний науковий співробітник
відділу формування прецизійних
елементів складнопрофільних виробів
Інституту надтвердих матеріалів
ім. В. М. Бакуля НАН України,
доктор технічних наук, с.н.с.

 Сергій СОХАНЬ

Підпис д. т. н. С. Соханя засвідчую

Учений секретар ІНМ НАН України,
кандидат технічних наук

 Володимир СМОКВИНА



« 12 » червня 2025 року