

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Буховця Валерія Миколайовича «Комплексне самоналагоджуvalne оснащення для високоефективного затиску та багаторізцевої обробки», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти

1. Оцінка актуальності теми дисертації

Дисертаційна робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пуллюя на кафедрі «Конструювання верстатів, інструментів та машин» і присвячена важливому науково-виробничому питанню підвищення ефективності одного із широко-використовуваних видів механічної обробки – токарної обробки маложорстких і тонкостінних циліндричних деталей.

Процес точіння маложорстких та тонкостінних циліндричних деталей є складним по своїй суті, тому що в процесі виникають коливання сили різання, що в свою чергу негативно впливає на показники точності та якості обробки. Одним із шляхів вирішення даних проблем є застосування як адаптивних багаторізцевих систем на основі використання внутрішніх механізмів адаптації всієї оброблюючої системи до зміни умов різання, так і надійних пристройів затиску для усунення зміни різної податливості елементів затискних патронів.

Ще однією складною проблемою при обробці маложорстких та тонкостінних деталей є правильний та надійний затиск в патронах, який не створював би деформацій заготовки, що в свою чергу негативно впливає на точність та якість поверхні при обробці. Враховуючи вище зазначене, досягнення заданих параметрів точності форми обробленої поверхні маложорстких заготовок постає непростою технологічною та виробничою проблемою.

Вирішення такого комплексу питань є доволі складним завданням як в теоретичному, так і в практичному плані. Тому дослідження комплексної системи затиску і обробки, яка забезпечує адаптацію багатолезового оснащення до умов обробки та використання самоналагоджуvalних затискних пристроїв є актуальною науково-прикладною задачею.

2. Оцінка наукової новизни одержаних результатів

Мета дисертаційної роботи Буховця В.М. полягає у підвищенні ефективності токарної обробки деталей малої жорсткості на основі створення комплексних конструкцій самоналагоджуvalних систем із затискними патронами з розширеним діапазоном і рівномірно розподіленим зусиллям затиску і забезпеченням процесу самоналагоджування багаторізцевої обробки. При реалізації поставленої автором мети отримані нові наукові і практичні результати. Автором показано, що об'єднання в одній комплексній системі рівномірно розподіленого затиску і багатолезового різання підвищеної

продуктивності і вібростійкості дозволяє досягнути підвищення точності токарної обробки, якості обробленої поверхні та подрібнення зливної стружки

При цьому наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- вперше на основі варіаційного методу розрахунку точності машин розроблена аналітична модель, яка дозволила провести оцінку впливу похибок складових комплексного самоалагоджувального оснащення, що виникають в результаті силової дії з боку різальних елементів та затискного пристрою, на вихідну точність оброблюваних циліндричних поверхонь консольно закріплених деталей;

- вперше отримані значення відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по куту повороту, викликані поперечним заклинюванням заготовки в затискному патроні, та малі лінійні зміщення, викликані деформаціями різцевих блоків під дією складових сил різання, а також встановлено постійність відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по довжині у певних кутових положеннях, що свідчить про доцільність застосування багаторізцевого самоалагоджувального оснащення;

- в результаті комп'ютерного моделювання з використанням CAD/CAE-системи вперше отримані залежності діапазону затиску заготовок гіdraulичними токарними патронами з різними типами втулкових елементів затиску від товщини стінки та силового навантаження зі сторони приводу затиску. На основі таких моделей побудовані картини напруженодеформованого стану втулкових елементів затиску, на основі чого визначені максимальні переміщення їх затискної частини.

3. Практична цінність роботи

Практичне значення дисертаційної роботи, яка опонується, полягає в наступному:

- запропоновані конструкційні схеми багаторізцевих самоалагоджувальних систем для токарної обробки з розширеним діапазоном і рівномірно розподіленим зусиллям затиску та вирівнюванням зусиль різання адаптивного типу;

- на основі отриманих результатів аналізу динамічної поведінки багатолезової системи самоалагоджувальної обробки підтверджено підвищення стійкості проти автоколивань при багаторізцевій обробці з рівномірним затиском заготовок порівняно із однорізцевою;

- проведені експериментальні дослідження похибок затиску заготовок малої жорсткості при використанні затискних елементів адаптивного типу в діапазоні діаметрів затиску патрона. При випробуваннях комплексного самоалагоджувального оснащення виявлені позитивні ефекти збільшення продуктивності обробки у 2,4 рази, зменшення радіальних похибок – у 2,1 рази, шорсткості поверхні обробки у 1,7 рази, подрібнення стружки порівняно із традиційною токарною обробкою.

Практична цінність роботи підтверджується впровадженнями окремих її результатів на ТОВ «TeXC» (м. Тернопіль) та УМГ «Прикарпаттрансгаз».

Отримано патент України на корисну модель. Результати роботи використовуються у навчальному процесі кафедри конструювання верстатів інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету при підготовці інженерів-механіків.

4. Апробація дисертації та її відповідність планам наукових досліджень

Результати проведених у дисертації досліджень доповідались і обговорювались на 17 наукових і науково-практичних конференціях, в тому числі – на 11 міжнародних. Матеріали дисертації також доповідались на розширеному засіданні кафедри конструювання верстатів, інструментів та машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, а в повному обсязі – на розширеному науково-технічному семінарі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя відповідно до плану науково-дослідної роботи науково-педагогічних працівників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя згідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 516 від 18.04.2006 р. «Державна програма розвитку машинобудування», за програмою наукових досліджень Міністерства освіти та науки України, а також відповідно до держбюджетної науково-дослідної теми «Енергоефективні технології обробки деталей з полімерних матеріалів для обладнання магістральних газопроводів» (01.01.2013 р. 31.12.2014 р.) (номер державної реєстрації НДР: 0113U000252), під час реалізації якої здобувач був виконавцем окремих етапів..

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації

Проведені в дисертаційній роботі Буховця В.М. теоретичні та експериментальні дослідження комплексного самоналагоджувального оснащення для високоефективного затиску та багаторізцевої обробки є системними і виконувалися з використанням спеціально створеного оснащення. Отримані наукові результати базуються на врахуванні існуючого досвіду проектування механізмів затиску і багато різцевих токарних пристройів та узгоджуються з положеннями теоретичної механіки, теорії затискних механізмів верстатів, теорії машин і механізмів, теорії різання та наукових основ проектування верстатів та інструментів. Усі аналітичні залежності одержані шляхом логічних математичних перетворень. Прийняті в дисертації вихідні положення та припущення є коректними. Їх достовірність підтверджена послідовністю висновків.

Таким чином, основні наукові положення, рекомендації та допущення, що сформульовані в дисертаційній роботі, що опонується, є коректними і в достатній мірі обґрунтованими теоретичним аналізом та експериментальними дослідженнями, що дає можливість вважати їх достовірними.

6. Відповідність змісту автореферату і дисертаційної роботи та представленість результатів роботи в наукових друкованих виданнях

Автореферат повною мірою відображає структуру дисертаційної роботи та за своїм змістом відповідає основним її положенням і висновкам. Оформлення автореферату відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

Результати дисертаційної роботи висвітлені в 25-ти друкованих працях, з них 7 статей у фахових наукових виданнях (з них одна – у закордонному виданні; 6 – у фахових наукових виданнях України, серед яких 3 – у журналах, що входять до міжнародних наукометричних баз даних EBSCO, Index Copernicus, Ulrichs Web, Google Scholar) і один патент України на корисну модель. Також, результати роботи обговорювалися на 17 наукових конференціях, засіданні кафедри та розширеному науково-технічному семінарі університету.

7. Загальна структура та зміст дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається із вступу, основної частини, висновків, додатків на 9 сторінках, списку використаних джерел із 175 найменувань. Основний текст роботи викладений на 160 друкованих аркушах та містить в собі 58 ілюстрацій і 14 таблиць. В додатках наведені документи, що підтверджують патентування та впровадження у виробництво результатів роботи, а також матеріали, які висвітлюють програмне забезпечення для розрахунку характеристик елементів самоналагоджувального оснащення. Повний обсяг дисертаційної роботи складає 201 сторінку друкованого тексту.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету та задачі дослідження, наведено загальну характеристику роботи, а також зазначено наукову новизну й практичну цінність отриманих результатів.

У першому розділі на основі патентної, реферативної інформації та літературних джерел автор розкриває проблеми підвищення точності та якості токарної обробки деталей малої жорсткості. Наведено аналіз труднощів, які виникають в процесі токарної обробки, що супроводжується пружними деформаціями і вібраціями, які чинять багатофакторний вплив на параметри точності та якості оброблюваної поверхні, стійкість інструментів та довговічність верстату. Такі негативні передумови суттєвим чином визначають зниження продуктивності обробки та інших важливих техніко-економічних показників. Okрім того в процесі обробки деталей малої жорсткості змінюються умови різання, які істотно впливають на умови затиску заготовок, що теж зумовлює утворення різноманітних похибок. Представлені результати патентного пошуку та аналіз відомих схем і конструкцій як механізмів затиску і їх характеристик, так і багато різцевих пристройів. Автором проаналізовані роботи представників закордонних і вітчизняних шкіл, що проводять дослідження в даному напрямку, на основі чого сформульовані основні висновки щодо актуальності дисертаційної роботи. визначені об'єкт, предмет, мету і завдання дисертаційного дослідження.

Другий розділ присвячений теоретичним дослідженням оцінки впливу похибок складових комплексного самоналагоджувального оснащення на результатуючу точність токарного оброблення. Зокрема визначені складові елементи оснащення: адаптивна підсистема затиску заготовки та адаптивна підсистеми обробки заготовки та охарактеризовані керовані параметри цих підсистем, а також відповідні ефекти роботи комплексного самоналагоджувального оснащення.

На основі відомих підходів до створення затискних пристройів за пропоновані схеми конструкцій гідрравлічних затискних патронів з розподіленим зусиллям затиску, які чинять адаптивний вплив на механізм затиску заготовки.

Прослідкована еволюція пристройів багато різцевого точіння для випадків одно- і дворізцевої обробки адаптивного типу та проаналізовано вплив різноманітних факторів на результатуючі похибки деталі.

Автором дисертації вперше на основі варіаційного методу розрахунку точності машин розроблена аналітична модель, яка дозволила провести оцінку впливу похибок складових комплексного самоналагоджувального оснащення, що виникають в результаті силової дії зі сторони процесу різання та сил затиску, на вихідну точність оброблюваних циліндричних поверхонь консольно закріплених деталей. Таким чином, отримані відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по куту повороту, що враховують малі лінійні зміщення і кути повороту, викликані поперечним заклинюванням заготовки в затискному патроні та малі лінійні зміщення, викликані деформаціями різцевих блоків під дією радіальних складових сил різання

За результатами моделювання встановлено постійність відхилення радіуса циліндричної поверхні деталі по довжині у певних кутових положеннях затискного пристрою що свідчить про доцільність застосування багаторізцевого самоналагоджувального оснащення

У третьому розділі проведено математичне моделювання характеристик комплексного самоналагоджувального оснащення для обробки мало жорстких заготовок. Обґрунтовано розрахункову схему динамічної поведінки дворізцевого самоналагоджувального оснащення в системі патрон-заготовка та запропоновано матричну математичну модель динамічних характеристик дворізцевого оснащення при обробці мало жорстких заготовок. На основі представлення моделі дворізцевого оснащення в процесі різання замкнутою структурною схемою і побудови відповідної передаточної функції системи визначені АФЧХ оснащення як узагальнені характеристики для оцінки вібростійкості до неприпустимих автоколивань динамічної системи комплексного дворізцевого оснащення. При цьому отримано, що запас динамічної стійкості дворізцевої системи адаптивного типу з рівномірним затиском порівняно з однорізцевим різанням зростає у 1,5-4,1 рази в залежності від умов обробки.

Здійснено моделювання характеристик затискних пристройів із рівномірним затиском широкого діапазону діаметрів заготовок. На основі принципу інтеграції діапазонів затиску в затискному елементі розроблений

затискний патрон гідравлічного типу, що має багатопрофільні затискні елементи, які дозволяють здійснювати рівномірний затиск заготовки при різних діапазонах затиску, а також його твердо тільну 3-Д модель. Проведено генерацію кінцево-елементної сітки, здійснено накладання граничних умов та формування навантаження. в результаті чого отримана картина деформаційних рішень і картину напруженого стану. Таким чином, автором за допомогою методу скінчених елементів було проведено моделювання втулкового затискного елемента, який забезпечує максимальний діапазон затиску. При цьому, виходячи із умови здійснення пружних деформацій матеріалу елемента затиску, визначені максимальні переміщення затискної частини втулкових елементів затискуякі складають 0,45-2,2 мм.

У четвертому розділі проведені експериментальні дослідження і представлені рекомендації, що стосуються стабільного затиску нежорстких заготовок при обробці багато різцевими пристроями із само налагодженням.

Для експериментальних досліджень процесу стабільного затиску заготовок автором вибраний токарний патрон із рівномірним гідро-затиском з використанням спеціальних втулок. В результаті експериментів отримані залежності радіального биття пропонованого патрона із рівномірним затиском заготовки, конусності при такому затиску та радіальної жорсткості системи патрон-оправка. При цьому доведено що затиск по контуру деталі сприяє підвищенню жорсткості обробної системи приблизно в 1,2-1,6 рази, зменшенню радіального биття, а також стабілізації конусності.

Автором були проведені дослідження комплексного самоналагоджувального дворізцевого оснащення на базі використання експериментального стенду. При цьому в результаті аналізу отриманих даних круглограм, профілограм та даних вимірювань виявлені позитивні ефекти збільшення продуктивності обробки у 2,4 рази, зменшення радіальних похибок – у 2,1 рази, зниження шорсткості поверхні після обробки, подрібнення стружки. В дисертації зазначається погодження результатів експериментальних і теоретичних досліджень в межах похибок до 30%.

В якості рекомендацій щодо раціонального використання комплексного самоналагоджувального обладнання затиску і обробки при багатолезовому різанні побудована модель впливу силових факторів на похибку форми нежорстких кільцевих заготовок. Наведені умови застосування затиску і обробки і створення на кулачках додаткових радіальних та тангенціальних реакцій при однорізцевій і дворізцевій обробці з врахуванням позицій кулачків. Результатами моделювання є результатуючі профілі кільцевих циліндричних деталей при певних умовах обробки різною кількістю лез дворізцевого самоналагоджувального оснащення.

Описано також запропоновану автором спеціальну цангу для рівномірного затиску, технічна новизна якої полягає у виконанні конструкції кришки з еластичного матеріалу, в якій радіально розміщені пружні елементи у вигляді ряду плоских пружин, що дозволяє захистити робочі поверхні та запобігає залипанню цанги.

В додатках наведено акти впровадження окремих результатів

дисертаційної роботи у виробництво та навчальний процес, копію патенту на корисну модель та зразки програм для розрахунків характеристик окремих елементів оснащення.

Оцінка змісту дисертації. Робота, що опонується, має всі необхідні для дисертації розділи, які достатньо повно розкривають виконану автором роботу - від аналізу існуючих теоретичних та технічних рішень до конкретних рекомендацій та інженерних методик проектування. Стиль викладення дисертації відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України.

8. Зауваження до дисертації

В результаті детального аналізу дисертаційної роботи і автoreферату виникли наступні зауваження і побажання:

1. Перший пункт наукової новизни носить скоріше декларативний характер.
2. З формулювання «об'єкту дослідження» роботи не зрозуміло, чи вказані процеси є взаємозв'язані, чи розглядаються як незалежні.
3. В автoreфераті доцільно було б навести конструкційну схему багаторізцевих самоналагоджувальних систем для токарної обробки з розширеним діапазоном і рівномірно розподіленим зусиллям затиску та вирівнюванням зусиль різання адаптивного типу, яка висвітлена у практичній цінності роботи.
3. В дисертації не повною мірою розкрито як реалізовується процес самоналагоджування в затискному оснащенні.
4. В автoreфераті доцільно було б відобразити графічні результати експериментальних досліджень, як затиску так і токарної обробки (хоча вони і наведені в дисертації), та вказати діапазон зміни керованих параметрів при проведенні експериментів або вказати зміну режимів різання при дослідженні багаторізцевого точіння.
5. Із рисунку 7 автoreферату незрозуміло який фізичний зміст параметру $\Delta/2$ (вісь у на графіку).
6. В роботі доцільно було б провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень та вказати прогнозований економічний ефект від впровадження.
7. В роботі доцільно було б вказати раціональні (оптимальні) параметри різання та затиску, при яких отримані покращені показники точності, шорсткості та продуктивності для подальшого використання результатів роботи на виробництві.
8. У роботі і автoreфераті є описки та неточності редакційного характеру.

Наведені вище зауваження не знижують якості досліджень та наукової цінності висновків і не впливають на основні теоретичні та практичні результати роботи.

Заключна оцінка дисертаційної роботи

Враховуючи вище зазначене, вважаю, що дисертаційна робота Буховця В.М. на тему «Комплексне самоналагоджувальне оснащення для високоефективного затиску та багато різцевої обробки» є завершеною науковою працею, в якій вирішено важливу науково-технічну задачу і отримані нові наукові теоретичні та експериментальні результати. За актуальністю, новизною, практичною цінністю та за об'ємом публікацій дисертаційна робота відповідає вимогам, що встановлені Міністерством освіти і науки України до кандидатських дисертацій, а її автор Буховець Валерій Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Офіційний опонент

декан факультету комп'ютерних наук та
інформаційних технологій Луцького
національного технічного університету,
кандидат технічних наук, доцент

Редько Р.Г.

