

ВІДЗИВ

офіційного опонента Гриця Ігора Євгеновича
на дисертаційну роботу Крупи Володимира Васильовича
“Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для
оброблення глибоких отворів циліндрів”,
подану до захисту у спеціалізовану вчену раду К 58.052.03 Тернопільського
технічного університету ім. І.Пулюя
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та
інструменти

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1. Актуальність теми дисертаційної роботи. Отвори різноманітних видів та типів належать до найпоширеніших елементарних поверхонь деталей машин, які присутні в деталях усіх класів. Приймаючи до уваги дуже широку номенклатуру цих поверхонь, різноманітність призначення та жорсткі технічні умови на їх технологію, працемісткість оброблення отворів, за наявними даними виносить від 10% до 30%, а за кордоном - навіть до 40% загальної працемісткості деталей. Окрему групу становлять центральні отвори в довгомірних деталях, до точності та якості робочих поверхонь яких висувають дуже високі вимоги: 4-8 квалітети розмірної точності, відхилення форми в повздовжньому та поперечному перерізі – порядку 0,015-0,05 мм на 150 - 200 мм довжини, дзеркальність поверхні. З огляду на такий стан, роботи і наукові дослідження, скеровані на зменшення працемісткості та виробничих витрат при виготовленні отворів, підвищення продуктивності технологічних процесів, досягнення високої точності та якості цих поверхонь є актуальною задачею сучасного машинобудування, які вирішуються на етапах технологічної підготовки виробництва, проектування технологічного спорядження, розроблення нових високоефективних методів і способів виготовлення отворів.

Дисертаційна робота виконувалася в межах «Державної програми розвитку машинобудування на 2006-2011 р.р.», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України №516 від 18.04.2006 р., та науково-дослідних робіт "Наукові основи конструкторсько-технологічного забезпечення підвищення якісних характеристик приводних роликів ланцюгів бурових установок газонафтодобувного обладнання» (номер державної реєстрації 0110U002264), та "Підвищення ефективності формування якісних показників робочих поверхонь деталей машин" (номер державної реєстрації 0115U002454).

1.2. Наукова новизна та достовірність результатів дисертаційних досліджень.

Наукова новизна отриманих в роботі результатів полягає у тому, що автором:

- проведено аналіз первинних технічних і технологічних чинників, що впливають на ефективність процесів виготовлення отворів, конструктивних і геометричних параметрів металорізальних інструментів для чистового оброблення довгомірних отворів та представлено їх класифікацію;

- розроблено розрахункові схеми і аналітичні залежності для кількісної оцінки впливу величини осьової подачі, кутів в плані різців та радіусів округлення вершин на параметр шорсткості обробленої поверхні;

- підтверджено, що величина осьової подачі токарно-гвинторізних верстатів є випадковою величиною, встановлено її закон розподілу та кількісні характеристики, а також визначено їх вплив на розсіювання величини параметра R_z шорсткості;

- на основі створених математичних, геометричних та теоретично-ймовірнісних моделей:

- розроблено теоретичні та наукові засади проектування і виготовлення багаторізцевих розточувальних головок та зенкерів з асиметричним розміщенням лез;

- визначено способи корегування кутів у плані їх різців для істотного зменшення висоти мікронерівностей обробленої поверхні;

- розроблено моделі, що встановлюють взаємозв'язок між головним та допоміжним кутами в плані різців багаторізцевих інструментів і дають змогу забезпечити найвищу для заданих умов продуктивність оброблення та отримати мінімальну шорсткість оброблених поверхонь;

- за результатами експериментальних досліджень на основі статистичних методів планування експерименту отримано залежності впливу глибини різання та подачі на осьову силу та крутний момент при обробленні глибоких отворів циліндрів.

Достовірність наукових положень та рекомендацій базується на коректності припущень, застосуванні базових положень теорії різання, технології машинобудування, проектування різальних інструментів та спорядження, засадах теорії ймовірності та математичної статистики, закономірностях формування якості поверхневих шарів деталей машин. Обґрунтованість наукових положень та висновків, сформульованих в роботі підтверджено моделюванням на основі сучасних програмних продуктів,

експериментальними дослідженнями, виконаними в лабораторних та виробничих умовах з використанням універсального і спеціального обладнання та вимірної апаратури, адекватністю теоретичних і практичних результатів, економічним ефектом від їх практичного використання і промислового впровадження. Результати роботи в повній мірі викладено в опублікованих автором працях.

1.3. Практичне значення результатів роботи.

Практична цінність дисертаційних досліджень полягає в наступному:

- розроблена методика проектування багаторіцевих інструментів з асиметричним розміщенням лез і корегованими кутами в плані та комплекти робочої документації для їх виготовлення;
- створена методика дослідження розсіювання випадкової величини подачі на токарних верстатах, яку можна використовувати для таких досліджень на інших типах верстатів;
- розроблено рекомендації щодо призначення режимів різання багаторіцевими розточувальними головками та зенкерами для оброблення довгомірних отворів з заданою якістю поверхонь та продуктивністю процесу;
- запропоновано конструкцію спеціального пристрою для оброблення глибоких отворів циліндрів, яка дає змогу зменшити похибку форми у їх поперечному і повздовжньому перерізах;
- створено конструкцію спеціального патрону для базування і закріплення тонкостінних циліндрів з глибокими отворами;
- запропоновано методику розрахунку комплексного економічного ефекту від впровадження та використання розроблених інструментів та спорядження.

Конструкції розточувальної головки та спеціальних зенкерів впроваджені на ПАТ «Кам'янець-Подільськавтоагрегат»; матеріали дисертації використовуються у навчальному процесі кафедри конструювання верстатів ТТУ ім.І.Пулюя.

Технічні рішення роботи захищено патентами України на винаходи №67542; №72588; № 73092; № 88484.

2. АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА ЗМІСТУ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти основних розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг відповідає вимогам до кандидатських робіт.

У вступі автор обґрунтовує актуальність проблеми та обраного для дослідження напрямку, формулює мету і задачі дослідження, визначає

наукову новизну, приводить дані про апробацію роботи, її практичну цінність, показує зв'язок з науковою тематикою, дає список публікацій за темою дисертації.

У першому розділі наведено результати аналізу стану в галузі процесів обробки глибоких отворів циліндричних деталей. Досліджено інструментальні систем та оснащення, детально описано конструкції та будову металорізальних інструментів відомих світових виробників, переваги, обмеження та недоліки їх використання для чистового оброблення вказаних елементарних поверхонь. Розкрито суть прогресивних схем різання, що базуються на поділі припуску та розділенні осьової подачі між окремими елементами багаторізцевих інструментів, а також на комбінуванні цих способів в одному інструменті. Наведено огляд конструкцій твердосплавних пластин для оснащення різцевих розточувальних головок та зенкерів. Проаналізовано відомі залежності для розрахунку висотних параметрів шорсткості поверхонь при механічній обробці та показано обмеження і неточності при їх використанні для практичних цілей. Висунена гіпотеза про випадковість величини осьової подачі та, внаслідок цього, про стохастичний характер формування параметра шорсткості поверхонь, оброблюваних різанням. Досліджено способи та методи експериментального вимірювання сили різання в процесі оброблення глибоких отворів. За результатами виконаних досліджень та аналізу стану проблеми сформульовано задачі, які ставляться в дисертаційній роботі.

Другий розділ дисертації присвячено обґрунтуванню методики теоретичних досліджень та розрахунку висотних параметрів шорсткості обробленої поверхні при зенкеруванні та розточуванні. На основі відомих схем різання створено уточнені схеми формування залишкової поверхні припуску у багатоінструментальній обробці. Виведено аналітичні залежності для розрахунку висотних параметрів шорсткості залежно від кутів різців у плані, радіуса округлення вершини та величини осьової подачі.

Обґрунтовано методику експериментальних досліджень розсіювання величини осьової подачі на токарних верстатах, описано порядок проведення коректного лабораторного експерименту та опрацювання статистичних даних при багатократному повторенні дослідів з визначення параметрів розподілення вказаної випадкової величини. Доведено, що фактичні значення подачі істотно

відрізняються від паспортних даних, що має істотний вплив на формування обробленої поверхні та її якісні показники.

На підставі обґрунтованості стохастичності осьової подачі виведено теоретико-ймовірнісні залежності та математичні моделі, що дають змогу прогнозувати випадкове значення шорсткості як функції стохастичної подачі. Визначено закон розсіювання цього параметра поверхні отвору і значення його середнього арифметичного та дисперсії при обробці партії довгомірних деталей.

У третьому розділі наведено результати теоретичного обґрунтування технологічного забезпечення процесу чистового оброблення глибоких отворів. Автор розробляє класифікацію багаторіцевих розточувальних головок та зенкерів, що створює основу для розгляду особливостей їх використання в процесі зняття припуску. Наведено схеми різання та залежності для визначення складових сили різання і напрямку їх дії. Досліджено залишковий переріз зрізів для схем, які обґрунтовуються у роботі та їх вплив на формування поверхні чистового оброблення отворів. Вибравши за функцію мети максимальну продуктивність, наведено систему рівнянь, які служать конструктивно-технічними та геометричними обмеженнями і дають можливість для оптимальних з точки зору висоти мікронерівностей вибрати величину осьової подачі, при якій буде забезпечено найвищу ефективність процесу різання.

Задача за цим алгоритмом вирішена для різних варіантів компоновання чистових різальних інструментів з асиметричним розташуванням пластин, при різноманітному поєднанні величини головних та допоміжних кутів у плані та радіуса при вершині різців. За результатами проведених досліджень запропоновано конструкції розточувальних багаторіцевих головок і зенкерів з оптимальним поєднанням корегованих конструктивних і геометричних параметрів, наведено порівняння отриманих з їх використанням форми та висоти мікронерівностей. Підтверджено істотне зменшення параметрів шорсткості порівняно із використанням традиційних інструментів і прийнятими схемами різання.

У четвертому розділі приводяться результати експериментального дослідження сили та моменту різання і параметрів якості оброблюваних отворів в лабораторних умовах. На першому етапі ставилася задача отримати функції відгуку силових параметрів від глибини різання і величини подачі, для цього використано засади математичної статистики та методу планування експерименту. Результати експериментальних досліджень та значення

коефіцієнтів регресії перевірено та підтверджено їх достовірність. Для урахування особливостей базування і закріплення тонкостінних довгомірних деталей при чистовій обробці їх центральних отворів спроектовано і виготовлено спеціальне оснащення: сформульовано технічні умови та виконано розрахунки конструкції спеціального патрону, конструкція якого враховує ці особливості, спеціального динамометричного пристрою для оброблення глибоких отворів циліндрів, а також установку для проведення виробничих випробувань. Спеціальне спорядження використано для вимірювання тангенціальної складової сили різання і обертового моменту в процесі чистового оброблення глибоких отворів розточувальними головками і зенкерами на вертикально-свердлильному верстаті. Результати багатократних досліджень силових параметрів опрацьовані та підтверджені критеріями статистичної достовірності, що дозволило запропонувати уточнений метод визначення впливу осьової подачі на силу різання і на досягнену якість поверхні отворів циліндрів.

У п'ятому розділі наведено результати експериментальних досліджень, які проводилися у виробничих умовах з метою перевірки теоретичних положень роботи та підтвердження прогнозованої працездатності розроблених різальних інструментів. Автором сформована матриця планування експерименту, здійснено тарування тензометричних пристроїв для вимірювання тангенційної складової сили та моменту різання. Результати опрацювання дослідних даних, достовірність відтворюваності, значущість коефіцієнтів регресії, адекватність коефіцієнтів кореляції емпіричних рівнянь підтвердили високий рівень правдоподібності та співпадіння цих результатів з розрахунковим значеннями силових чинників.

Перевірка прогнозованих значень висотного параметра шорсткості на основі співставлення з експериментальними результатами, отриманими для аналогічних початкових умов теж показала збіжність результатів та підтвердила правильність теоретичних положень роботи.

У цьому розділі автор також наводить методику розрахунку комплексного економічного ефекту від використання розроблених різальних інструментів за рахунок підвищення їх довговічності та збільшення продуктивності процесу різання.

3. ЗАУВАЖЕННЯ ПО РОБОТІ

1. Будова зенкера та схема різання і усунення припуску, яка розробляється автором, характерна не для зенкерів, а для розточувальних

головок. Традиційно зенкер має різальний забірний конус та калібрувальну частину на циліндричній ділянці робочої поверхні, звичайно з непарною кількістю лез на зубцях, розташованих по гвинтовій поверхні з більшим, ніж у свердла кутом підйому, а параметри «головний та допоміжний кути в плані» у них не мають змісту. У цьому зв'язку автору доцільно було б означати об'єкт досліджень як різноманітні конструкції багаторізцевих розточних головок.

2. У переліку задач досліджень, які ставляться в роботі відсутні такі задачі, як розроблення спеціального спорядження для вимірювання сили різання і шорсткості; встановлення емпіричної залежності сили різання від глибини різання і величини подачі, хоча ці задачі вирішені в дисертації.

3. В роботі не виокремлено і не підкреслено, як сила різання, що досліджується експериментально, ув'язана з параметром шорсткості та з ефективністю процесу обробки отворів. Крім того, в експериментальній частині досліджується тангенційна (вертикальна) складова сили різання, хоча на параметри шорсткості, які визначаються автором для різальних пластин в плані, більший вплив на шорсткість має радіальна (горизонтальна) складова сили різання.

4. В роз.1.8 «Аналіз існуючих методів дослідження сил різання БМІ...» автор аналізує першоджерела з існуючих теорій стружкоутворення та механізмів пластичного деформування при різанні замість аналізу відомих багаточисельних залежностей для розрахунку сили різання і методів експериментального дослідження цього параметру.

5. На рис. 3.8. і 3.12 графічно показано область системи обмежень моделі, але не показано графічний вид функції мети, не зрозуміло також, як відбувається процес оптимізації рішень. Вказано також (с.89) що це множина оптимальних рішень, але оптимальним має бути єдине поєднання параметрів.

6. У висновках не відмічено, які за результатами досліджень оптимальні співвідношення між основними параметрами - кутами в плані, кутовим розміщенням зубців по колу і величинами подач тощо.

7. Автор використовує однаковою мірою терміни «Точіння і розточування», не зрозуміло яких особливих умов обробки отворів відноситься точіння. Прийнято точіння отвору визначати як розточування, а власне точіння стосується обробки зовнішніх поверхонь, які в роботі не розглядаються.

8. Деякі терміни, що використовує автор, не цілком правильні: визначення «подача» замість «величина подачі» (подача є кінематичний рух верстата, а його кількісною характеристикою є величина подачі;

«ймовірнісно-математична модель» замість «математична теоретико-ймовірнісна модель»; «огранка» замість «гранчатість»; «основи механічного різання металів» замість «механіка процесу різання».

4. ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ

4.1. Загалом дисертаційна робота Крупи В.В. 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 наукову та прикладну основу для розроблення покращених різальних інструментів для чистового оброблення довгомірних отворів циліндричних деталей, які дають змогу зменшити висоту мікронерівностей отриманої поверхні, здійснювати оброблення з вищими осьовими подачами та володіють кращими експлуатаційними показниками.

Отримані математичні моделі і теоретичні залежності дозволяють прогнозувати теоретичний профіль і якісні показники поверхонь отворів, розраховувати раціональні геометричні і конструктивні параметри різальних інструментів і значення осьової подачі.

Практичне значення роботи полягає в розробленні методики проектування інструментів з асиметричним розташуванням різальних елементів і корегованими значеннями їх кутів у плані для чистового оброблення глибоких отворів; створенні спеціального оснащення для проведення експериментальних досліджень процесів оброблення довгомірних тонкостінних деталей на різних металорізальних верстатах; створенні методики оцінки стохастичності величини осьової подачі та впливу цього випадкового чинника на параметр шорсткості утвореної поверхні.

4.2. В авторефераті достатньо точно і повно відображено основні положення та висновки, ступінь новизни, сутність та практичне значення результатів досліджень. Внесок автора у підготовку публікацій, відображених у авторефераті, є визначальним.

4.3. Дисертаційна робота і автореферат написані державною мовою, що відповідає вимогам Департаменту атестації кадрів Міністерства освіти і науки України. За змістом дисертація і автореферат – ідентичні.

4.4. Основні положення, результати досліджень та висновки дисертації опубліковані в 18 наукових працях, серед яких 7 статей - у фахових виданнях, одна наукова стаття - в періодичному виданні, що входить до

наукометричної бази даних Skopus, 7 тез у збірниках матеріалів науково-технічних конференцій; отримано чотири патенти України на корисні моделі.

4.5. Зауваження, зроблені до дисертації та автореферату, в цілому, не зменшують наукової новизни та практичної цінності одержаних результатів, які виносяться дисертантом на захист, а дисертаційна робота заслуговує позитивної оцінки.

4.6. Зазначене вище дає підставу вважати, що дисертаційна робота Крупи В. В. "Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів" 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 – Крупа Володимир Васильович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти.

Завідувач кафедри
технології машинобудування НУ «Львівська політехніка»
д.т.н., професор

Підпис Грицай І.Є. засвідчую
Вчений секретар НУ «Львівська політехніка»



Грицай І.Є.

Брилинський Р.Б.