

Голові разової спеціалізованої вченої ради,
доктору технічних наук,
професору кафедри механічної інженерії та
автомобільного транспорту
Державного університету
«Житомирська політехніка»
Луціву Ігору Володимировичу

РЕЦЕНЗІЯ

професора, професора кафедри механічної інженерії та автомобільного
транспорту Державного університету «Житомирська політехніка»

МЕЛЬНИЧУКА Петра Петровича

на дисертаційну роботу ТОМАШЕВСЬКОГО Олега Олеговича
на тему «Технологічне забезпечення якості пазів на поверхнях виробів з нікеліду
титану при мікрофрезеруванні»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13
«Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

Актуальність теми дисертаційної роботи. Дисертаційна робота
Томашевського Олега Олеговича присвячена вирішенню актуального науково-
технічного завдання, стосовно забезпечення якості пазів, утворюваних на
поверхнях широкого спектру виробів із нікеліду титану методом
мікрофрезерування.

Розширення застосування виробів із мікророзмірними конструктивними
елементами в медицині, авіаційній техніці, мікромеханіці та прецизійному
машинобудуванні зумовлює підвищення вимог до точності їх виготовлення,
якості поверхні та стабільності технологічних процесів. Особливе місце серед
матеріалів, що використовуються для виготовлення таких виробів, посідають
сплави нікеліду титану, які характеризуються унікальним поєднанням фізико-
механічних властивостей.

Водночас механічна обробка сплавів нікеліду титану є складним
технологічним процесом, що обумовлено їх специфічними фізико-механічними
властивостями. Низька теплопровідність, схильність до деформаційного
зміцнення, висока пластичність, адгезійна взаємодія з матеріалом різального
інструмента та особливості термомеханічної поведінки сплаву призводять до
зростання сил і температур різання, нестабільності процесу стружкоутворення,

інтенсивного зношування мікроінструмента, утворення заусенців і погіршення точності геометричних параметрів оброблених елементів.

Зазначені особливості набувають особливої актуальності під час мікрофрезерування, коли товщина незрізаного шару матеріалу стає співрозмірною з радіусом округлення різальної кромки інструмента. За таких умов змінюється механізм відокремлення матеріалу, зростає частка пластичного деформування та проявляється масштабний ефект, що суттєво впливає на сили різання, температурний стан процесу, характер стружкоутворення та якість сформованої поверхні. Унаслідок цього закономірності, характерні для традиційного фрезерування, не можуть бути безпосередньо використані для вибору раціональних режимів мікрообробки, що зумовлює необхідність проведення спеціалізованих досліджень процесу мікрофрезерування.

Аналіз наукових джерел, виконаний у дисертації, засвідчив, що окремі характеристики мікрофрезерування NiTi досліджувалися у працях вітчизняних і зарубіжних учених. Проте комплексне визначення взаємозв'язків між режимами різання, силовими, температурними та вібраційними характеристиками процесу, проявом масштабного ефекту і показниками якості пазів потребувало подальшого розвитку.

З огляду на це обрана тема є актуальною та відповідає сучасним напрямкам розвитку технологій обробки важкооброблюваних матеріалів. Результати роботи мають значення як для розвитку наукових основ мікрорізання, так і для практичного проектування технологічних процесів виготовлення деталей зі сплавів NiTi.

Ступінь обґрунтованості наукових досліджень, висновків і рекомендацій.

Наукові положення, висновки та практичні рекомендації дисертаційної роботи мають належний рівень обґрунтованості. Це забезпечено послідовною постановкою дослідження, застосуванням взаємопов'язаних експериментальних і розрахункових методів, а також статистичною обробкою одержаних результатів.

Мета дисертаційної роботи полягає у технологічному забезпеченні якості виготовлення пазів на поверхнях виробів зі сплаву NiTi методом

мікрофрезерування шляхом керування параметрами режиму різання. Для досягнення поставленої мети автором сформульовано взаємопов'язаний комплекс завдань, що охоплює аналіз сучасного стану проблеми, розроблення методик експериментальних досліджень, побудову скінченно-елементної моделі процесу різання, встановлення закономірностей формування показників якості, статистичне моделювання та оптимізацію режимів мікрофрезерування.

Структура дисертації відповідає логіці розв'язання поставленого науково-прикладного завдання.

У першому розділі систематизовано відомості щодо властивостей сплавів NiTi, особливостей їх мікрообробки, механізмів стружкоутворення, масштабного ефекту, силових і температурних характеристик, вібраційних явищ та критеріїв оцінювання якості пазів. За результатами аналітичного огляду визначено недостатньо досліджені аспекти процесу та обґрунтовано напрями подальшої роботи.

У другому розділі представлено методичне забезпечення експериментів і чисельних досліджень. Автором обґрунтовано вибір оброблюваного матеріалу, мікроінструментів, технологічного обладнання та засобів вимірювання. Описано методики реєстрації складових сили різання, дослідження вібраційних сигналів, визначення параметрів шорсткості, геометричної точності пазів і розмірів заусенців. Окрему увагу приділено побудові скінченно-елементної моделі контактної взаємодії мікрофрези із заготовкою з урахуванням деформування матеріалу, тепловиділення та перебудови сітки скінченних елементів.

У третьому розділі наведено результати експериментальних і чисельних досліджень. Встановлено характер зміни складових та рівнодійної сили різання залежно від глибини різання, подачі на зуб, швидкості різання і діаметра мікрофрези. Досліджено зміну питомої сили різання залежно від масштабного коефіцієнта, проаналізовано температурний стан стружки та вібраційні характеристики процесу. Значний обсяг матеріалу присвячено оцінюванню якості пазів за параметрами шорсткості дна, відхиленнями ширини і глибини, кутами нахилу бокових поверхонь, радіусами їх заокруглення та розмірами заусенців.

У четвертому розділі здійснено узагальнення отриманих даних із

використанням дисперсійного та регресійного аналізу. Визначено ступінь впливу параметрів режиму різання на характеристики процесу та показники якості. Побудовано математичні залежності, придатні для прогнозування результатів обробки в дослідженому діапазоні технологічних параметрів. На основі функції бажаності Харрінгтона реалізовано багатокритеріальну оптимізацію та запропоновано режими мікрофрезерування для різних вимог до якості й продуктивності.

Загальні висновки підтверджують досягнення мети та завдання дисертаційної роботи, узгоджуються зі змістом основних розділів і відображають найбільш значущі результати дослідження. Сформульовані рекомендації спираються на одержані експериментальні й розрахункові залежності та можуть бути рекомендовані до застосування на відповідних виробництвах.

Достовірність одержаних результатів у дисертаційній роботі.
Достовірність основних результатів забезпечується використанням комплексу сучасних методів дослідження, відповідністю застосованого обладнання характеру поставлених завдань, поєднанням фізичного експерименту з чисельним моделюванням і використанням методів математичної статистики.

Дослідження виконано із застосуванням сучасного технологічного, вимірювального та програмного забезпечення, що дозволило отримати експериментальні дані щодо сил різання, температури стружки, вібраційних характеристик та показників якості пазів при мікрофрезеруванні сплаву NiTi.

Достовірність результатів також підтверджується логічною узгодженістю одержаних залежностей із фізичними уявленнями про процес мікрофрезерування.

Таким чином, застосовані методи, обсяг виконаних досліджень і взаємне узгодження експериментальних, чисельних та статистичних результатів дають підстави вважати основні наукові положення і висновки дисертації достатньо достовірними.

Теоретична та практична цінність дослідження для науки та практики.

Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає у розвитку наукових положень щодо формування показників якості пазів під час мікрофрезерування сплаву NiTi. Автором системно досліджено взаємозв'язок між параметрами

режиму різання, силовими та температурними характеристиками, вібраційним станом технологічної системи, масштабним ефектом і результатами формоутворення.

Одержані залежності уточнюють уявлення про особливості переходу від стабільного стружкоутворення до режимів, у яких переважають пластичне деформування та витіснення матеріалу перед округленою різальною кромкою. Визначення характеру зміни питомої сили різання залежно від масштабного коефіцієнта становить інтерес для подальшого розвитку моделей мікрорізання важкооброблюваних матеріалів.

Наукову цінність мають також результати комплексного аналізу якості пазів. На відміну від підходів, у яких якість оцінюється лише за шорсткістю поверхні, у дисертації враховано комплекс геометричних і морфологічних показників. Це дозволяє повніше характеризувати точність формоутворення і визначати технологічні умови, за яких забезпечується прийнятне поєднання шорсткості, геометричної точності та мінімальних розмірів заусенців.

Практичне значення роботи визначається можливістю використання побудованих регресійних моделей і результатів багатокритеріальної оптимізації під час вибору режимів мікрофрезерування.

Розроблені рекомендації можуть бути використані під час проєктування та вдосконалення технологічних процесів виготовлення мікророзмірних елементів із нікеліду титану. Результати становлять інтерес для медичних підприємств, приладобудування, точного машинобудування, авіаційної та інструментальної промисловості.

Практичну спрямованість роботи підтверджують запропоновані впровадження результатів наукового дослідження у виробничу діяльність ТОВ «СОФ-Орто» та ТОВ «Даніко». Окремі положення дисертаційного дослідження також використовуються в освітньому процесі Державного університету «Житомирська політехніка».

Отже, одержані результати мають наукову цінність, практичну спрямованість і можуть бути використані в подальших дослідженнях, освітній діяльності та технологічній підготовці виробництва виробів з нікеліду титану з

мікроелементами.

Оцінка оформлення дисертації. Дисертація оформлена відповідно до вимог Міністерства освіти і науки України. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 243 сторінок. Робота містить 39 таблиць та 106 рисунків. Ілюстративні матеріали загалом відповідають змісту тексту, відображають методики й результати досліджень та сприяють сприйняттю значного обсягу експериментальної і розрахункової інформації. Список використаних джерел нараховує 88 найменувань.

Академічна доброчесність. Порушень академічної доброчесності у наукових працях, а також в дисертаційній роботі Томашевського Олега Олеговича не виявлено. У дисертації наведено інформацію про особистий внесок здобувача у виконання досліджень і підготовку наукових праць, опублікованих у співавторстві.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи. Відзначаючи високий науково-методичний рівень дисертаційної роботи Томашевського Олега Олеговича, слід звернути увагу на деякі дискусійні моменти, які потребують уточнення чи додаткової аргументації:

1. У роботі недостатньо уваги приділено узагальненню особливостей процесу формування пазів при мікрофрезеруванні виробів зі сплавів NiTi та їх впливу на вибір технологічних параметрів. Більш повне висвітлення зазначених питань сприяло б кращому обґрунтуванню мети дисертаційної роботи та логіки формування поставлених завдань дослідження.

2. Автор навів приклади застосування виробів зі сплавів NiTi в різних галузях, однак доцільно було б доповнити цей аналіз конкретними вимогами до геометричної точності та показників якості пазів, що формуються методом мікрофрезерування для відповідних виробів.

3. Під час вибору інструменту автор використовував характеристики, рекомендовані виробником. Водночас доцільно було б ширше обґрунтувати вибір покриття інструмента та його можливий вплив на сили різання, температуру процесу і якість сформованих пазів.

4. У роботі детально проаналізовано температуру стружки, однак меншою мірою розглянуто розподіл теплоти між стружкою, інструментом та заготовкою. Додатковий аналіз цього питання дозволив би повніше пояснити вплив температурного поля на точність формування пазів, зношування інструмента та забезпечення якості обробки.

5. Після визначення оптимальних режимів різання доцільно було б виконати підтверджувальні експериментальні дослідження для оцінювання відповідності прогнозованих і фактично отриманих показників якості пазів, що додатково підтвердило б практичну ефективність запропонованих рекомендацій.

6. У вступі дисертаційної роботи положення наукової новизни сформульовано із застосуванням категорій «вперше», «вдосконалено» та «набули подальшого розвитку». Водночас доцільно було б більш розгорнуто показати їх відмінність від результатів попередніх досліджень та конкретизувати науковий внесок автора порівняно з відомими положеннями.

Проте зазначені зауваження не знижують загальної оцінки дисертаційної роботи. Вони можуть бути враховані автором у подальших дослідженнях.

Загальний висновок. З урахуванням викладеного вважаю, що дисертаційна робота Томашевського Олега Олеговича є самостійно виконаним та завершеним науковим дослідженням, не порушує принципів академічної доброчесності та містить науково обґрунтовані результати, які вирішують актуальну науково-прикладну задачу технологічного забезпечення якості пазів на поверхнях виробів зі сплаву NiTi при мікрофрезеруванні шляхом встановлення закономірностей впливу режимів різання, масштабного ефекту, сил різання, температури стружки та вібраційних характеристик процесу на показники якості пазів.

Зміст наукових публікацій за темою дисертації достатньою мірою відображає основні результати виконаного дослідження, підтверджує актуальність обраної теми, наукову новизну, теоретичне та практичне значення отриманих результатів.

За оформленням дисертаційна робота відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 року № 40 «Про

затвердження Вимог до оформлення дисертації», а за змістом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю відповідає вимогам, передбаченим Порядком присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами).

На підставі викладеного вважаю, що Томашевський Олег Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

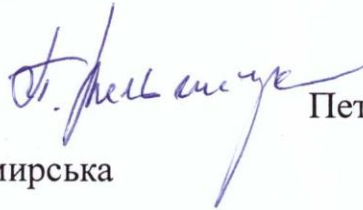
Рецензент:

професор, д.т.н., професор кафедри

механічної інженерії та

автомобільного транспорту

Державного університету «Житомирська
політехніка»



Петро МЕЛЬНИЧУК

Підпис Петра Петровича

Засвідчую:

Проректор з НІПР та

цифрової трансформації

Житомирської політехніки



Андрій МОРОЗОВ