

ВІДГУК

ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, доцента Онисько Олега Романовича на

дисертаційну роботу Ше Сяньнін

«Підвищення ефективності механічного оброблення деталей з титанових сплавів на основі імітаційного моделювання процесу формоутворення»,

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

131 «Прикладна механіка»

Актуальність обраної теми та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами

Широке використання титанових сплавів в аерокосмічній, автомобільній та оборонній промисловості насамперед пов'язане з їхніми унікальними властивостями, серед яких слід відзначити малу густину, високу питому міцність, корозійну стійкість, технологічність при обробці тиском і зварюваність, холодостійкість, немагнітність і низку інших цінних фізико-механічних характеристик.

Незважаючи на високі пластичні властивості, під час механічної обробки титанових сплавів виникають проблеми, які різко знижують ефективність процесу різання. Основна проблема полягає у високих характеристиках міцності цього металу. У більшості випадків інструмент швидко зношується, а якість обробки є недостатньою для забезпечення високих експлуатаційних властивостей.

Це безпосередньо пов'язано з такими чинниками: високий показник в'язкості сплавів сприяє значному підвищенню температури в зоні різання та спричиняє наростоутворення частинок металу на поверхні різальних інструментів, знижуючи ресурс їхньої роботи; для різання титану потрібне спеціальне обладнання, що забезпечує необхідний режим різання; титан має низьку теплопровідність, що вимагає застосування для процесу різання спеціально підібраних різальних

інструментів. Для досягнення заданої точності та якості поверхні процес обробки поділяється на операції попередньої, проміжної та основної обробки. Практика показує, що на параметри точності можуть впливати також виникнення вібрації під час обробки заготовок і високий рівень температури в зоні різання. Таким чином, розв'язання цих основних проблем, що виникають під час обробки титанових сплавів, *визначають актуальність тематики дисертаційних досліджень*

Виконання дисертаційної роботи відповідає проблематиці наукових досліджень кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка», а саме: «Комплексна система функціонально-орієнтованого проектування механічного оброблення деталей з титанових та хромонікелевих сплавів» (№ держреєстрації 0119U101127). Крім того, здобувач приймав участь у НДР «Комплексна система функціонально-орієнтованого проектування механічного оброблення деталей з важкооброблюваних матеріалів для військово-промислового комплексу» згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 20.03.2022 №264

Ступінь достовірності та обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Ретельне вивчення змісту дисертації, наведених у ній даних, здійснених розрахунків та сформульованих висновків свідчить про обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій.

При написанні дисертації автором використано низку наукових методів, що базується на положеннях технології машинобудування, теорії різання, динаміки процесів механічного оброблення, механіки деформованого твердого тіла, теорії пластичності та статистичному аналізі. Їх застосування підтверджує обґрунтованість наукових положень та отриманих результатів наукових досліджень Ше Сяньнін.

Мета дисертаційного дослідження, що полягає у розробленні теоретико-методичних положень та практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності механічного оброблення виробів з титанових сплавів шляхом вибору структури та

параметрів технологічних операцій на основі імітаційного реологічного моделювання процесів різання.

Об'єкт і предмет дослідження визначені правильно. Наукові задачі сформульовані логічно і структуровано, їх кількість дозволяє повністю розкрити тематику наукового дослідження дисертанта.

У першому розділі дисертаційної роботи проаналізовано сучасний стан технологічного забезпечення та розроблення методів прогнозуючого моделювання процесів механічного оброблення виробів з титанових сплавів. Проведений аналіз літературних джерел за станом питання оброблюваності титанових сплавів та визначені основні напрямки сучасних досліджень інженерії поверхонь під час оброблення титанових сплавів. Пошукувач провів ґрунтовний аналіз результатів досліджень динамічних процесів різання титаномістких сплавів та впливу трибомеханічних чинників на формування силових та напружено-деформаційних параметрів різання титанових сплавів та зносостійкість різального інструменту. На основі цих досліджень сформульовано мета і задачі дослідження.

У другому розділі дисертації пошукувач навів методики досліджень функціонально-орієнтованого технологічного процесу механічного оброблення деталей з титанового сплаву, серед яких - методика імітаційного моделювання напружено-деформованого та термодинамічного стану заготовки в зоні різання на основі теорії скінчених елементів та особливості імітаційного моделювання процесу механічного оброблення в системі DEFORM 2D; методика досліджень динамічних процесів системи «Верстат-Пристрій-Інструмент-Заготовка» під час оброблення виробів з титаномістких сплавів.

Третій розділ присвячено питанням дослідження силових та термодинамічних чинників механічного оброблення деталей з титанових сплавів. Дисертант навів результати імітаційних та аналітичних досліджень процесів формоутворення стружки в зоні різання; аналіз впливу силових та термодинамічних чинників на формування напружено-деформованого стану заготовки. Наведені особливості процесу стружкоутворення під час механічного оброблення титанових сплавів та його вплив на формування залишкових напружень та деформацій.

Четвертий розділ дисертаційних досліджень містить результати аналізу впливу триботехнічних факторів на напружено-деформований і термодинамічний стан заготовки при механічному обробленні титанових сплавів. У зв'язку з поставленими задачами наведені особливості постановки задачі аналізу впливу трибології різання підчас механічного оброблення титанових сплавів. Здобувачем проаналізовані результати імітаційного моделювання впливу триботехнічних параметрів на силові та термодинамічні процеси різання та описані імітаційні та експериментальні дослідження зношування інструменту підчас оброблення титанових сплавів. Крім того наведені результати експериментальних досліджень зношування різального інструменту з використанням різноманітних критеріїв зношування різців.

У п'ятому розділі дисертації її автор описує дослідження вібраційних процесів різання виробів з титанових сплавів. Цей процес включає формалізацію особливостей моделювання динамічної картини системи ВПЗ підчас механічного оброблення та моделювання динамічних процесів різання титанових сплавів в DEFORM 2D. Результати аналітичного моделювання динамічних процесів різання титанових сплавів підтверджуються збіжністю параметрів отриманих на основі експериментальних досліджень.

Як узагальнення досліджень, наприкінці кожного з розділів наведено висновки. Усі рекомендації сформовані на їх основі, що вказує на їхню практичну спрямованість.

Усі наукові завдання, отримана наукова новизна та висновки дисертації взаємопов'язані та отримані автором особисто. Отже, наукові положення, висновки і рекомендації, викладені у дисертаційній роботі Ше Сяньнін, є обґрунтованими та достовірними.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження і достовірність отриманих результатів, висновків і рекомендацій

Усі наукові положення, сформовані Ше Сяньнін самостійно та відображають особистий внесок дисертанта в розвиток теоретичних засад технології машинобудування та теорії різання. Аналізування дисертації та публікацій дисертанта свідчить про наявність наукової новизни.

У роботі дістали подальший розвиток методика рекомендацій щодо раціонального вибору режимів та інструментального забезпечення процесу різання титаномістких сплавів на основі системного аналізу і узагальнення досвіду впровадження наукових засад інженерії поверхонь, термодинамічного аналізу впливу трибомеханічних чинників процесу різання на формування силових та напружено-деформаційних параметрів виробів, особливостей використання імітаційних моделей та критеріїв руйнування важкооброблюваних матеріалів.

Вперше запропонована методика поєднання імітаційного і експериментального дослідження трибомеханічних процесів різання титанових сплавів яка передбачає первинне імітаційне моделювання механічного оброблення виробів з різними коефіцієнтами тертя в підсистемі «Деталь-Інструмент-Стружка», аналіз цих результатів і лише після цього пропозицію щодо досягнення найбільш ефективних умов різання як з технологічної, так і з техніко-економічної точки зору.

Заслуговує на увагу удосконалений аналіз механізму динаміки дисонансної циклічної зміни складових сил різання, що є наслідком адіабатичного зсуву в зоні стружкоутворення. Такий підхід створює підґрунтя для акцентованих рішень щодо стійкості процесів різання титанових сплавів, а відтак, забезпечення високої якості поверхневого шару та мікрогеометрії оброблюваних поверхонь.

Автором удосконалено методику дослідження динамічної стійкості системи ВПЗ шляхом поєднання результатів аналітичного моделювання вібраційних процесів, що виникають підчас механічного оброблення виробів з титанових сплавів, з результатами імітаційного моделювання процесів різання.

Аналіз літератури, використаної в дисертаційному дослідженні

Достовірність усіх наукових положень, отриманих висновків і рекомендацій підтверджується використанням широкої інформативної бази, яка включає: праці вітчизняних і зарубіжних науковців у сфері інженерії поверхонь, теорії різання та технології машинобудування. Перелік використаних джерел в дисертаційному дослідженні Ше Сяньнін складає 139 найменувань.

Аналіз публікацій автора за темою дисертаційного дослідження

За темою дисертації опубліковано 12 наукових праць, з них: 2 статті у наукових фахових виданнях України, 4 - у виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus та Web of Science і 6 тез доповідей.

Апробація результатів дисертації відбувалась на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях: 1st International Conference «Drives of vehicles, computer modeling of constructions and technological systems» (Санок, Польща 22-24 вересня, 2019 р.); IX Міжнародна науково-практична конференція «Прогресивні технології в машинобудуванні (Львів–Плай, 3–7 лютого, 2020 р.); Grabchenko’s International Conference on Advanced Manufacturing Processes (InterPartner-2020) (Одеса, 8-11 вересня, 2020 р.); XIX-XX Міжнародна науково-технічна конференція «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» (Суми, 25-26 листопада 2020 р.), International Youth Scientific and Technical Conference «Young science - robotics and nano-technologies of modern mechanical engineering» (Краматорськ, 14-15 квітня, 2021 р.); 4-th International Conference «Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2020» (Львів, 8-11 червня 2021 р.); X Міжнародна науково-практична конференція «Прогресивні технології в машинобудуванні» (Івано-Франківськ - Яремче, 1–5 лютого 2022 р.); IX Всеукраїнська науково-технічна конференція «Сучасні технології у промисловому виробництві» (Суми, 19–22 квітня 2022 р.); 5-th International Conference «Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE-2020» (Познань, Польща 7-10 червня 2022 р.); XX Міжнародна науково-технічна конференція «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку»

(Краматорськ-Тернопіль, 1 - 3 вересня 2022 р.).

Опубліковані Ше Сяньнін наукові праці повністю відображають зміст дисертації. На підставі аналізування наукових публікацій дисертанта можна стверджувати про повноту викладу основних наукових положень та результатіву наукових джерелах.

Практична цінність положень, результатів та висновків дисертаційної роботи

Практична цінність отриманих результатів дослідження полягає в розробленні нових та вдосконаленні існуючих методик дослідження напружено-деформаційних та термодинамічних явищ підчас механічного оброблення титанових сплавів.

Отримані автором рекомендації можна використовувати в реальній інженерній практиці машинобудівних підприємств підчас проектування технологічних процесів виготовлення виробів з титаномістких матеріалів. Запропоновані методики слугуватимуть дослідникам для більш ефективного аналізу чинників, які сприяють підвищенню продуктивності, зменшення зношування різального інструменту, підвищенню експлуатаційної якості виробів.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри «Робототехніка та інтегровані технології машинобудування» Національного університету «Львівська політехніка» при підготовці бакалаврів і магістрів за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

Дискусійні положення та зауваження до дисертації

За результатами аналізу положень, висновків та рекомендацій, що містяться у дисертації, були сформульовані наступні зауваження та дискусійні положення:

1. Оскільки дисертація присвячена підвищенню ефективності функціонально-орієнтованого технологічного процесу механічного оброблення виробів з титанового сплаву, то аналіз досягнень у цій сфері повинен би був знайти своє відображення у Розділі 1 дисертаційної роботи. Проте, висвітленню цього

питання приділено занадто мало уваги.

2. Запропоновані автором методики дослідження процесів різання титанових сплавів доцільно було б подати в алгоритмічній формі. Це дало б змогу дослідникам в цій галузі більш логічно та акцентовано використовувати наукові напрацювання дисертанта, оскільки кількість даних для адекватної побудови імітаційних моделей є дуже багато і їх вагомість достатньо важко аналізувати.

3. Автор зосереджує увагу на дослідженні процесів різання переважно одного матеріалу – титанового сплаву ВТ6 (аналог Ti6Al4V). Проте, слід би було аналізувати процеси механічного оброблення інших титанових сплавів.

4. Не зрозуміло, яким чином дисертанту вдавалось забезпечувати різні трибомеханічні умови різання підчас проведення експериментальних досліджень, наведених в Розділі 4.

5. В експериментальній установці, наведеній на Рис. 5.8, давач 3 встановлений не на вершині інструменту. У цьому випадку результати дослідження амплітудних показників вібрації можуть бути спотворені.

6. Усі висловлені у дисертації гіпотези та моделі доцільно було проілюструвати відповідним прикладом з реальної виробничої практики, який би наочно демонстрував їх прикладну спрямованість.

Не дивлячись на висловлені зауваження та рекомендації, я вважаю, що всі вони не носять принциповий характер і не знижують загальне позитивне сприйняття досягнень дисертанта.


Висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертація Ше Сяньнін є завершеною оригінальною науковою працею, що присвячена вирішенню актуального наукового та практичного завдання із удосконалення структури та параметрів технологічного процесу механічного оброблення виробів з титаномістких матеріалів.

Дисертація виконана державною мовою, стиль дисертації відповідає вимогам до дисертацій, що висуваються для присудження ступеня доктора філософії, характеризується логічністю, обґрунтованістю, структурованістю та послідовністю,

висновки науково-обґрунтовані та підтверджуються результатами дослідження.

Дисертаційна робота на тему «Підвищення ефективності механічного оброблення деталей з титанових сплавів на основі імітаційного моделювання процесу формоутворення» відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», постанові Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.2022 р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022 р., а її автор, громадянин КНР Ше Сяньнін заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (галузь знань 13 – Механічна інженерія).

Офіційний опонент, професор кафедри комп'ютеризованого машинобудування Івано- Франківського національного технічного університету нафти і газу, д.т.н., доцент	 Онисько О.Р.
--	--

Підпис(и) Онисько О.Р.
посвідчую Учнів секретар ІФНТУНГ 27 12 2022 р.

