

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Проданчука Олега Олександровича

**на тему «Підвищення ефективності технологічного процесу механічного
оброблення деталей з хромо-нікелевих сплавів на основі імітаційного
моделювання процесу формоутворення»**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю 131
«Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія»

Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота Олега Олександровича Проданчука присвячена комплексному дослідженню та підвищенню ефективності процесів механічного оброблення деталей із хромо-нікелевих сплавів — матеріалів, що характеризуються складною оброблюваністю, високою термомеханічною стабільністю та критичними вимогами до якості поверхні. У роботі вдало поєднано теоретичний аналіз, комп'ютерне імітаційне моделювання та експериментальні дослідження, що в сукупності забезпечує достовірну оцінку і глибоке розуміння процесів формоутворення при різанні відповідальних деталей.

Своєчасність дослідження обумовлена потребами сучасного машинобудування в точному прогнозуванні залишкових напружень, силових навантажень та теплових ефектів, які виникають при обробці високолегованих сплавів, особливо у галузях, де на перший план виходить експлуатаційна надійність — авіабудуванні, енергетиці, оборонній промисловості. Автор акцентує увагу на взаємозв'язку параметрів режиму різання, геометрії інструмента та мікромеханічного стану обробленого шару, що дозволяє реалізувати більш керовану, функціонально-орієнтовану технологію оброблення.

Структура роботи відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. У роботі наведено обґрунтовану постановку мети, визначено предмет і об'єкт дослідження, сформульовано чіткий перелік задач. Впроваджено використання методів кінцево-елементного аналізу в середовищах Deform 2D та AdvantEdge для оцінки напружено-деформованого стану, а також залучено інструментарій математичного планування експериментів та статистичної обробки результатів для підтвердження отриманих висновків. Значну увагу приділено валідації результатів чисельного моделювання шляхом зіставлення з натурними експериментами.

Робота свідчить про високий рівень володіння здобувачем сучасними науковими підходами до аналізу та оптимізації технологічних процесів. Отримані результати є не лише теоретично вагомими, але й мають прикладну

цінність для впровадження у промислове виробництво.

Актуальність теми дослідження

Сучасне машинобудування дедалі частіше стикається з потребою у високоточному виготовленні деталей з матеріалів, які мають складні фізико-механічні властивості. Зокрема, хромо-нікелеві сплави, що вирізняються високою жаростійкістю, корозійною стійкістю та міцністю, активно застосовуються в енергетичному, аерокосмічному, оборонному та медичному машинобудуванні. Проте їх оброблення супроводжується значними технологічними труднощами, зокрема — швидким зношуванням інструменту, підвищеними тепловими навантаженнями та нерівномірним формуванням залишкових напружень. Це створює додаткові виклики для забезпечення стабільної якості поверхонь і прогнозованих експлуатаційних характеристик.

Тема дисертації знаходиться в полі перетину прикладної механіки, технології машинобудування та комп'ютерного інженерного моделювання. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю розробки достовірних методів аналізу процесів різання, що дозволяють глибше зрозуміти взаємодію силових, термічних та деформаційних факторів у зоні оброблення. Особливо важливим є перехід від емпіричних спостережень до обґрунтованого прогнозування поведінки заготовки при зміні геометрії інструмента та параметрів різання, що можливо лише за умов інтеграції імітаційного моделювання з експериментальною перевіркою

Зростаючий інтерес до адаптивних технологічних систем і високонавантажених виробів з унікальними властивостями вимагає переосмислення класичних підходів до організації процесів механічної обробки. У цьому контексті дослідження, яке виконує автор, є своєчасним і спрямованим на створення нового інструментарію для підвищення ефективності та керованості оброблення важкооброблюваних матеріалів. Запропоновані в дисертації підходи до аналізу та оптимізації термомеханічних параметрів процесу різання мають потенціал широкого практичного застосування в сучасному виробництві, що й підтверджує високу прикладну та наукову значущість теми.

Наукова новизна результатів

У дисертаційній роботі сформувано наукові положення, що суттєво розширюють існуючі уявлення про механізми формування напружено-деформованого та термодинамічного стану обробленого шару при механічному різанні хромо-нікелевих сплавів. Здобувачем запропоновано системний підхід до моделювання процесу формоутворення, що дозволяє з урахуванням специфіки обраного матеріалу здійснювати кількісну оцінку параметрів обробки та їх

впливу на експлуатаційні характеристики виробів.

Наукова новизна полягає, зокрема, у впровадженні адаптованої до структури та властивостей важкооброблюваних сплавів моделі пружно-пластичного різання з урахуванням заокруглення ріжучої кромки інструмента. Вперше в межах комплексного аналізу доведено, що не лише режими оброблення, але й мікрогеометрія ріжучого інструмента суттєво змінюють глибину проникнення залишкових напружень та характер їх розподілу у поверхневому шарі.

Важливим аспектом є обґрунтування граничних умов та вихідних параметрів чисельного моделювання, які забезпечують підвищену збіжність між імітаційними, теоретичними та експериментальними даними. Здобувачем запропоновано вдосконалений підхід до параметризації зони різання з урахуванням змінної інтенсивності пластичних деформацій, що дозволяє точно моделювати вплив локальних термомеханічних процесів на структуру обробленої поверхні.

До нових результатів також слід віднести встановлення нелінійної залежності між швидкістю різання та формуванням стискуючих залишкових напружень, що може бути використано для цілеспрямованого покращення втомної міцності відповідальних деталей. Запропоновані автором аналітичні рішення можуть бути використані як теоретична база для побудови цифрових двійників механообробних процесів у складних виробничих умовах.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Олега Олександровича Проданчука є самостійним завершеним науковим дослідженням, в якому розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення ефективності механічної обробки відповідальних деталей з хромо-нікелевих сплавів шляхом комплексного аналізу напружено-деформованих та теплових процесів, що відбуваються в зоні різання. Робота виконана на стику прикладної механіки, обробки матеріалів тиском, комп'ютерного моделювання та технології машинобудування.

У структурі дисертації логічно поєднано аналітичні, чисельні та експериментальні методи дослідження. Основний акцент зроблено на практично орієнтованому підході до розв'язання технологічних задач, пов'язаних з точністю та надійністю обробки складних сплавів, які використовуються в умовах інтенсивних навантажень. Узагальнення результатів імітаційного моделювання в середовищах Deform 2D і AdvantEdge, з подальшою валідацією на основі натурних експериментів, забезпечило високий рівень достовірності отриманих висновків.

Робота має чітко сформульовану мету та завдання дослідження, логічно

структурована і побудована відповідно до вимог до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Основні теоретичні положення, нові підходи та практичні рекомендації підтверджені належною кількістю публікацій у фахових виданнях і апробовані у промислових умовах.

Здобувач продемонстрував глибоке розуміння предметної області, вміння формулювати та розв'язувати складні інженерні задачі, використовувати сучасні методи комп'ютерного аналізу і критично осмислювати результати. Дисертація відзначається високим рівнем технічної грамотності, наукової логіки викладення та орієнтованістю на впровадження у виробництво.

Зауваження до дисертаційної роботи

Попри загальну високу якість виконаного дослідження, у дисертаційній роботі наявні окремі аспекти, які, на мою думку, могли б бути реалізовані більш послідовно або потребують уточнення:

1. Оброблення важкооброблюваних матеріалів завжди супроводжується використанням мастильно-охолоджувальних рідин (МОР). Проте в дисертації не враховано варіанти використання МОР та, відповідно, зміну термічного стану та коефіцієнту тертя в зоні різання., хоча така можливість є у потенціалі систем імітаційного моделювання, зокрема Deform 2D. Це звужує прикладну релевантність моделі до умов реального виробництва.
2. Недостатньо уваги приділено впливу структури матеріалу після термообробки. У випадку сплаву IN718 мікроструктура після попередньої термообробки суттєво впливає на його оброблюваність. Було б доречно хоча б стисло, вказати, чи враховано це під час проведення експериментів та побудови моделей.
3. Відсутність економічної оцінки. Запропоновані в дисертації рекомендації мають потенціал зменшення зношення інструменту та підвищення ресурсу деталі, однак їх вплив на економічну ефективність виробничого процесу не проаналізовано. Навіть орієнтовна оцінка економічного ефекту підвищила б прикладну цінність роботи.
4. Термінологічна неузгодженість в окремих місцях. У тексті роботи трапляються випадки паралельного вживання термінів без пояснення відмінностей. У науковій роботі такого рівня варто дотримуватись одноманітності термінології або окреслити контекст, у якому ці поняття вживаються.

Зазначені зауваження не зменшують загальної наукової цінності дисертації, але можуть бути враховані здобувачем у подальших дослідженнях або під час впровадження результатів у виробництво.

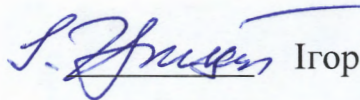
Загальний висновок

Дисертаційна робота Олега Олександровича Проданчука є завершеним, самостійно виконаним дослідженням, що відзначається високим рівнем теоретичної глибини, методичної обґрунтованості та практичної значущості. У роботі представлено нові наукові результати щодо механізмів формоутворення під час обробки хромо-нікелевих сплавів, які мають вагоме значення для подальшого розвитку прикладної механіки та підвищення ефективності технологічних процесів у машинобудуванні.

Методологія дослідження базується на комплексному поєднанні сучасних методів імітаційного моделювання, аналітичного аналізу та експериментальної перевірки, що забезпечило високу достовірність отриманих результатів і переконливість зроблених висновків. Дисертація відповідає чинним вимогам до наукових кваліфікаційних праць і має потенціал практичного впровадження у виробництво.

З урахуванням актуальності обраної тематики, наукової новизни, повноти вирішення поставлених задач і належного рівня оформлення, вважаю, що дисертаційна робота Проданчука О.О. відповідає вимогам 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 щодо робіт на здобуття наукового ступеня за спеціальністю 131 — «Прикладна механіка», а її автор заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за цією спеціальністю.

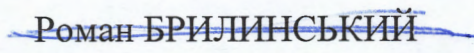
Доктор технічних наук, професор,
професор кафедри робототехніки та
інтегрованих технологій
машинобудування Національного
університету "Львівська політехніка"

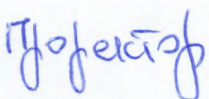
 Ігор ГРИЦАЙ

Підпис професора Грицяя І.Є.
засвідчую:

Вчений секретар, доцент



 Роман БРИЛИНСЬКИЙ



 Микола ЛОГОЗДА