

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»**, яка представлена на здобуття
наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 «Механічна інженерія» за
спеціальністю 131 «Прикладна механіка»

Актуальність теми дисертаційної роботи

У сучасному наукоємкому високотехнологічному виробництві, що дедалі активніше рухається в напрямку інтелектуалізації праці та підвищення надійності деталей з конструкційних матеріалів, комплексна оптимізація процесів механічної обробки важкооброблюваних матеріалів набуває пріоритетного значення. Хромо-нікелеві сплави, які широко використовують у важливих галузях вітчизняної економіки, зокрема, в авіаційній, енергетичній, а також для формоутворення елементів медичної техніки, надчутливо реагують на термомеханічні навантаження в зоні різання. Успішна реалізація технологій їхнього формоутворення різанням вимагає поряд із аналітичними знаннями глибокого фізико-механічного розуміння процесів різання, що відбуваються у мікрооб'ємі контакту металорізального інструмента із заготовкою.

Обрана тема наукових досліджень є доцільною у контексті трансформації класичних уявлень стосовно проектування технологічних процесів: від емпіричного підходу — до математичного моделювання із прогнозованими наслідками. Саме перехід до широкомасштабного використання віртуальних методів аналізу з урахуванням нелінійної поведінки матеріалів у зоні деформації дає змогу досягнути значної ефективності технологічного процесу на якісно новому рівні.

Актуальність обумовлена також недостатньою кількістю робіт, у яких напружено-деформований стан оброблюваних матеріалів розглядається у тісному зв'язку з геометричними параметрами інструмента, зокрема радіусом заокруглення ріжучої кромки, та структурою процесу стружкоутворення. Це питання є особливо важливим у випадках, коли необхідно досягнути не тільки регламентовану технічними вимогами високу геометричну точність виробу, а й покращити якість його поверхневого шару, забезпечивши достатній градієнт і глибину залягання залишкових напружень стиску, що формують параметри довговічності машинобудівної продукції.

Таким чином, тематика дисертації відповідає запитам інженерної науки на сучасному етапі її розвитку, і водночас доповнює відомі теорії у прикладному аналізі поведінки хромо-нікелевих сплавів під час інтенсивної механічної обробки. Це свідчить про її безумовну наукову й практичну актуальність.

Аналіз структури роботи

Дисертаційне дослідження побудоване у логічно обґрунтованій формі, яка дозволяє чітко простежити послідовність реалізації поставлених завдань та досягнення наукової мети. Структура роботи відповідає сучасним вимогам до наукових кваліфікаційних праць інженерного профілю, з чітким поділом на змістові блоки, що охоплюють теоретичну, методологічну, аналітичну та прикладну частини.

У вступі обґрунтовано необхідність вирішення поставленої науково-прикладної задачі, наведено короткий огляд стану проблеми, сформульовано мету й задачі дослідження, а також окреслено об'єкт і предмет, що дозволяє одразу ввести читача в контекст теми. Звертає на себе увагу лаконічне й водночас змістовне подання наукової новизни та практичного значення, що дає підстави вважати дисертацію самостійною авторською працею.

Перший розділ присвячений аналізу бази літературних джерел та визначенню проблемних аспектів оброблюваності хромо-нікелевих матеріалів. Його зміст дозволяє не тільки з'ясувати сучасний науковий ландшафт, а й виявити недосліджені напрями, які були логічно використані як обґрунтування для постановки цілей роботи.

У другому розділі запропоновано методику чисельного аналізу термомеханічного стану заготовки під час різання, базовану на принципах кінцево-елементного моделювання. Варто відзначити вдало структуровану подачу алгоритму побудови моделей, включно з вихідними умовами, граничними параметрами та характеристиками обраного матеріалу. Це створює передумови для відтворюваності експериментів і підвищує наукову вагу отриманих результатів.

Третій і четвертий розділи логічно переходять від чисельного аналізу до оцінювання впливу інструментальних характеристик і параметрів режимів на результати обробки. Ретельна диференціація між зоною первинної, вторинної та третинної деформації дає змогу глибше зрозуміти природу формування залишкових напружень.

П'ятий розділ має прикладний характер і демонструє, наскільки здобувач вміло зіставляє теоретичні напрацювання з результатами експериментів. Цей підхід сприяє перевірці гіпотез та надає вагомих підстав для практичного впровадження.

Загалом, структура роботи є логічно завершеною, взаємопов'язаною і відповідає високим вимогам до досліджень у сфері прикладної механіки.

Аналіз публікацій за результатами досліджень

Результати дисертаційного дослідження знайшли відображення у низці наукових публікацій, що охоплюють як фахові видання, так і матеріали міжнародних конференцій. Кількість та зміст опублікованих праць свідчать про належний рівень наукової активності здобувача, а також про системність у розкритті основних положень дисертації.

Особливо варто відзначити присутність результатів у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах. Це є свідченням того, що тематика дослідження має не лише локальну, а й глобальну наукову значущість. Участь у фахових конференціях, зокрема тих, що проводяться за участі міжнародної наукової спільноти, демонструє відкритість здобувача до фахової дискусії та апробації результатів у широкому колі.

Аналіз структури публікацій вказує на поетапне висвітлення окремих напрямів дослідження: від постановки проблеми та формалізації математичних моделей — до інтерпретації результатів чисельного моделювання й узагальнень щодо комплексного впливу параметрів різання. Такий підхід свідчить про стратегічно вивірене подання матеріалу, яке не є фрагментарним, а, навпаки, цілісно відображає зміст і логіку дисертаційної роботи.

Здобувачем витримано вимоги до якості публікацій, зокрема щодо коректного представлення авторського внеску у співавторських роботах. Зміст публікацій не лише підтверджує результати, наведені у тексті дисертації, але й доповнює їх прикладами та деталями, що не увійшли безпосередньо до основного тексту.

Таким чином, можна констатувати, що публікаційна активність автора є адекватною масштабам виконаної наукової роботи та повністю відповідає критеріям, які висуваються до здобувача наукового ступеня доктора філософії.

Завдання, вирішені у дисертаційній роботі

У дисертаційній роботі О.О. Проданчука вирішено комплекс завдань, спрямованих на вдосконалення процесів механічної обробки хромо-нікелевих сплавів. На основі глибокого аналізу існуючих підходів уточнено ключові фактори, що впливають на формування залишкових напружень у поверхневому шарі при різанні.

Запропоновано й реалізовано методику чисельного моделювання процесу формоутворення з урахуванням фізичної нелінійності матеріалу та впливу мікрогеометрії металорізального інструмента. Проведено порівняння результатів моделювання з експериментальними даними, що дозволило уточнити аналітичні залежності й підтвердити валідність запропонованої моделі.

Загалом, розв'язані в роботі завдання охоплюють всі ключові етапи — від постановки проблеми до практичних рекомендацій, що робить дослідження цілісним і значущим з практичної точки зору.

Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи О.О. Проданчука полягає у розробленні та валідації підходів до аналізу процесу механічної обробки хромо-нікелевих сплавів, що поєднують методи чисельного моделювання з глибоким інженерним трактуванням отриманих результатів. Вперше з позицій прикладної механіки системно досліджено роль заокруглення ріжучої кромки у контексті формування залишкових напружень та впливу на деформований шар виробу.

Запропоновано нову методику для побудови імітаційних моделей, що забезпечує підвищену відповідність між теоретичними розрахунками і експериментальними результатами у різних діапазонах швидкості та глибини різання. Отримано нові аналітичні співвідношення, які відображають нелінійний характер впливу технологічних факторів на термодинамічний та напружено-деформаційний стан заготовки.

Крім того, в роботі доведено ефективність застосування комбінованих моделей пластичної поведінки матеріалу для більш точного прогнозування динаміки формоутворення в умовах інтенсивного деформування в стані високих термодинамічних навантажень. Такий підхід відкриває можливості для адаптивного проєктування технологічних процесів із врахуванням прогнозованих експлуатаційних характеристик функціональної поверхні виробу.

Загалом, одержані результати дозволяють доповнити та пояснити деякі традиційні припущення щодо механізмів деформації в процесі різання та є внеском у подальший розвиток наукових основ високоточних технологій обробки важкооброблюваних матеріалів.

Зауваження до роботи

Незважаючи на цілісність і високу якість поданої дисертації, окремі аспекти викликають критичні зауваження або потребують уточнення. Подані нижче зауваження не мають принципового характеру, однак можуть бути корисними для подальших досліджень здобувача або уточнення окремих положень у разі практичного впровадження результатів.

1. Обмежена порівняльна аналітика з іншими типами обробки.

Дисертація повністю сфокусована на процесі різання з одним типом інструменту — без порівняння з альтернативними способами обробки (наприклад, електрофізичними або абразивними). Така ізоляція зменшує

універсальність висновків у контексті вибору технологічної стратегії для складних сплавів.

2. **Недостатня увага до впливу накопичених залишкових деформацій.** Хоча у роботі розглядається формування залишкових напружень, аспект циклічного нагромадження деформацій при багаторазовій обробці або при багатопохідному різанні залишається поза увагою, попри його потенційний вплив на довговічність виробу.
3. **У загальних висновках роботи відчутна декларативність.** Частина узагальнень представлена у вигляді, що не повністю відображає конкретику одержаних результатів. У роботі варто було б чіткіше прив'язати висновки до кількісних показників і розрахункових моделей.
4. **Підхід до валідації результатів експериментом залишає можливості для розширення.** Обґрунтованість моделей переважно підтверджується співставленням із результатами експериментальних досліджень, однак не подано оцінку похибок вимірювань або чутливості моделей до варіації вхідних параметрів. Такий аналіз дозволив би точніше окреслити межі достовірності висновків.
5. **Відсутній аналіз масштабованості підходу.** Було б доцільно коротко окреслити потенціал застосування отриманих результатів для виробів із більшими габаритами, іншими матеріалами або у контексті індустриальних умов багатомасштабного виробництва.

Зазначені зауваження не впливають на загальну оцінку дисертаційної роботи, проте їх урахування могло б зробити дослідження ще глибшим і орієнтованішим на практичну інженерну реалізацію.

Висновок

Дисертаційна робота Олега Олександровича Проданчука демонструє високий рівень наукової зрілості здобувача та вміння розв'язувати складні міждисциплінарні задачі в межах сучасної прикладної механіки. Проведене дослідження охоплює широкий спектр актуальних проблем, пов'язаних з обробкою важкооброблюваних матеріалів, зокрема хромо-нікелевих сплавів, які все частіше використовуються в галузях, що висувають підвищені вимоги до довговічності та точності виготовлення деталей.

Автор запропонував комплексний підхід до аналізу термомеханічних процесів у зоні різання, застосувавши поєднання аналітичного моделювання, чисельного аналізу та експериментальної перевірки. Особливу цінність становить детальне дослідження впливу геометричних параметрів інструмента на структуру та характеристики обробленого шару, що дозволяє перейти від

класичних емпіричних методів до обґрунтованого проєктування технологічних процесів з урахуванням реальних фізичних ефектів.

У роботі також продемонстровано вміння здобувача інтегрувати результати чисельного моделювання із натурними даними, забезпечивши належну точність і валідацію. Запропоновані підходи можуть бути використані для створення імітаційних моделей процесу різання, адаптивних систем технологічного контролю, а також при оптимізації параметрів оброблення в умовах серійного або високоточного виробництва.

Зміст, структура та стиль викладення матеріалу свідчать про глибоку обізнаність автора з предметом дослідження, володіння сучасним науковим інструментарієм та вміння аргументовано представити результати. Розв'язання поставлених у роботі завдань є повним, а отримані наукові й практичні результати відповідають критеріям новизни та достовірності.

Ураховуючи викладене, вважаю, що дисертація О.О. Проданчука повністю відповідає вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 — «Прикладна механіка», а її автор заслуговує на присудження відповідного наукового ступеня.

Доктор технічних наук, професор, доцент
кафедри робототехніки та інтегрованих
технологій машинобудування, Інституту
механічної інженерії та транспорту,
Національного університету «Львівська
політехніка»



Ярослав КУСИЙ

Підпис професора Кусого Я.М.
засвідчую:

Проректор Національного університету
«Львівська політехніка»



Микола ЛОГОЙДА