

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

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»

Актуальність теми дисертації

Забезпечення економічної та експлуатаційної ефективності технологічних процесів та виробництв відповідальних виробів з важкооброблюваних матеріалів, які підлягають значному навантаженню в процесі функціонування, можливе лише за умови комплексного аналізу впливу силових, термодинамічних та напружено-деформаційних процесів, що відбуваються під час механічного оброблення цих виробів. Особлива увага щодо забезпечення якісних та експлуатаційних показників приділяється виробам авіаційної, ракетно-космічної, транспортної техніки та військово-технічного обладнання. Оскільки такі вироби безпосередньо підлягають вищеназаним навантаженням, то основним матеріалом, з яких вони виготовляються, є, в основному, високолеговані сталі та сплави, в т.ч. на основі хрому та нікелю. Саме ці матеріали є важкооброблюваними, що спричинює значні проблеми у забезпеченні продуктивності їх виготовлення, собівартості продукції, значної інтенсивності зношування різального інструмента тощо. Ще більша проблема полягає у пов'язуванні структурно-параметричних показників технології механічного оброблення таких виробів з забезпечуванням заданих параметрів функціональної якості оброблених поверхонь, таких як втомна міцність, зносостійкість тощо. З іншої сторони, ці показники формуються з огляду на залишковий напружено-деформований та мікрогеометричний стан механічно-обробленого шару виробів. Вирішенню саме цих науково-практичних задач присвячена дисертаційна робота О.Проданчука.

Потрібно також відзначити, що дослідження та формалізована інтерпретація напружено-деформаційних та термодинамічних процесів під час оброблення виробів з хромо-нікелевих матеріалів відзначається складністю та невизначеністю внаслідок впливу значної кількості складнопрогнозованих чинників. Велика кількість дослідників, що вже тривалий час вирішують цю наукову проблему, мають контраверсійні погляди на причину та наслідки цих процесів. Отже, актуальним є розроблення методики дослідження та оцінки впливу структурно-параметричних показників функціонально-орієнтованого технологічного процесу механічного оброблення відповідальних виробів з хромо-

нікелевих сплавів на основі співставлення результатів імітаційного та аналітичного моделювання процесу формоутворення з результатами експериментальних досліджень. Це **актуальне** науково-практичне завдання вирішується здобувачем у дисертаційній роботі.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків дисертації підтверджені застосуванням відомих методів досліджень, зокрема базових положень технології машинобудування та теорії різання. Для розробки і обґрунтування методів дослідження термодинамічних, силових та напружено-деформаційних процесів різання важкооброблюваних матеріалів, до яких належать хромо-нікелеві сплави, використано методологію імітаційного моделювання на основі методу скінченних елементів в системах Deform 2D та AdvantEdge, а також теоретичні положення механіки деформованого твердого тіла. При опрацюванні результатів експериментальних досліджень застосовувались методи математичної статистики, кореляційного аналізу та математичного планування експерименту за допомогою програмного середовища PTC MathCAD Prime.

Чисельні методи, які застосовуються для розв'язання поставлених науково-аналітичних задач, є обґрунтованими, їх збіжність встановлена на основі доведених тверджень та отриманих числових результатів. Достовірність отриманих наукових результатів дисертаційної роботи також підтверджується достатнім рівнем співпадіння теоретично- та аналітично отриманих результатів імітаційного моделювання процесів різання виробів з хромо-нікелевого сплаву з результатами експериментальних досліджень. Частина результатів узгоджується з тими, що одержані при проведенні аналогічних досліджень і відомі з фундаментальних літературних джерел.

У дисертаційній роботі отримані нові наукові результати, серед яких слід виділити такі:

1. Вперше проаналізовані та доведені рекомендації щодо доцільності використання жорстко-пластичної або пружно-пластичної імітаційної моделі різання виробів з хромо-нікелевих матеріалів.
2. Теоретично- та аналітично аргументовано та обґрунтовано вибір найбільш ефективної швидкості різання при обробці заготовки з хромо-нікелевого сплаву на основі аналізу впливу складної залежності сили різання від таких чинників, як динаміка зміни пластичної деформації, скорочення товщини стружки та зниження сил адгезії між стружкою і різальним лезом інструменту в зоні первинної та вторинної деформації.

3. Визначена та доведена пріоритетність параметру впливу глибини різання у співставленні з швидкістю та подачею щодо формування залишкових напружень.
4. Вдосконалена модель аналітичного дослідження деформаційних процесів, що відбуваються у первинній, вторинній та третинній зоні деформації в залежності від аналізу експотенційних ліній тренду та апроксимаційних рівнянь кутів деформації на заокругленій частині леза різального інструмента підчас оброблення хромо-нікелевого сплаву. Даний підхід дозволяє обґрунтувати механізм формування корисних залишкових напружень стиску на обробленій поверхні, що безпосередньо залежить від радіусу при вершині різального леза.
5. Теоретично доведено та експериментально підтверджено аргументовану збіжність впливу таких факторних показників процесу різання виробу з хромо-нікелевого сплаву, як режими різання та радіус при вершині різального леза на силу різання. Разом з цим, пояснено загальну тенденцію відносного порушення збіжності результатів для початкових та заключних показників у деяких прийнятих інтервалах зміни даних.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків по роботі, списку джерел посилань із 120 найменувань. Робота викладена на 222 сторінках, основний зміст роботи становить 208 сторінок друкованого тексту, в тому числі 88 рисунків, 2 таблиць та 3 додатків.

У анотації та вступі обґрунтовано вибір теми дисертації та підтверджено її актуальність, визначено мету, завдання для досліджень, об'єкт та предмет досліджень. У вступі також представлено нові наукові результати, відображено їх практичне значення, а також подано відомості про опублікування результатів роботи та їх апробацію.

У першому розділі проаналізовано стан та результати опрацювання та проблемно-орієнтованого аналізу літературних джерел щодо оброблюваності важкооброблюваних матеріалів і серед них виділені особливості призначення структури та параметрів технологічних операцій механічного оброблення деталей з хромо-нікелевих сплавів. Особливу увагу автор приділив аналізу технологічного формування таких структурно-параметричних характеристик оброблених поверхонь, які б забезпечували отримання високоякісних функціональних властивостей виробів, до яких можна віднести показники зносостійкості, втомної міцності тощо.

Другий розділ присвячений розробленню методики імітаційних та

аналітичних досліджень функціонально-орієнтованого технологічного процесу оброблення важкооброблюваних матеріалів на основі хрому та нікелю. Дисертантом обґрунтовано доцільність застосування жорстко-пластичної та пружно-пластичної імітаційної моделі різання, що дозволяє більш адекватно описати реальні напружено-деформаційні процеси в зоні формоутворення обробленої поверхні.

У третьому та четвертому розділах дисертант представив результати теоретичних та імітаційних досліджень в системі Deform щодо характеру та обсягів зони поверхневих та глибинних залишкових напружень та деформацій а також впливу геометрії різального інструменту на формування силових, та термодинамічних та напружено-деформаційних параметрів процесу механічного оброблення хромо-нікелевих сплавів.

П'ятий розділ дисертації присвячено опрацюванню експериментальних даних щодо співставлення їх з наведеними у попередніх розділах результатів теоретичних та імітаційних моделювань. Дисертантом пояснені причини деяких розбіжностей у результатах аналітичних, імітаційних моделей з реальними показниками силових показників різання виробів з хромо-нікелевих сплавів.

Дисертаційна робота Проданчука О.О. оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації». Вона є завершеною науковою працею у якій автором отримані нові наукові та практичні результати. Поставлені у роботі завдання виконані і, відповідно, мета роботи досягнута.

Представлені у роботі результати, а також матеріали звіту за результатами перевірки дисертаційної роботи на оригінальність, вказують на те, що дисертаційна робота Проданчука О.О. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, та плагіату. Використані ідеї, результати досліджень інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою. Стилїстика та орфографія наукового тексту є досконалою, не містить помилок, використовує сучасні вимоги до опису наукових праць.

Описові матеріали досліджень, викладені у розділах дисертаційної роботи, логічно взаємопов'язані між собою, їх послїдовність та змістовність демонструє логіку у вирішенні поставлених завдань та досягнення мети роботи. Автор застосовує сучасну усталену наукову термінологію у галузі технології машинобудування та теорії різання, а також суміжних галузей, що дає можливість однозначно трактувати положення та отримані результати.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Результати дисертаційної роботи опубліковані у 20 друкованих працях, серед яких: п'ять статей у наукових фахових виданнях України категорії Б, 13 публікацій у матеріалах міжнародних конференцій. Дві публікації у матеріалах міжнародних конференцій індексовані в наукометричній базі SCOPUS.

Публікації та їх зміст відповідають темі дисертації, у повній мірі відображають її наукові положення, практичні результати і висновки. У працях, що опубліковані у співавторстві, чітко визначено особистий внесок здобувача. Отже, основні наукові результати, викладені в дисертаційній роботі, достатньо повно висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Зауваження та дискусійні положення дисертаційної роботи:

За результатами опрацювання дисертації виявлено такі недоліки та дискусійні положення:

1. Наведена в дисертаційній роботі наукова новизна є занадто розлогою і потребує конкретизації та артикуляцію найбільш вагомих наукових результатів та висновків. Натомість достатньо складно виділити елементи наукової новизни серед великої кількості наведених статистичних та експериментальних результатів. Кількість наведених у цьому розділі висновків доцільно би було скоротити, або перенести у розділ практичних результатів дослідження.
2. На мою думку, автором недостатньо повно аргументовано та пояснено порушення відповідності результатів імітаційного дослідження і експериментальних даних для імітаційних моделей механічного оброблення заготовки з хромо-нікелевого сплаву при малих (до 0,4 мм) та великих (більше 2,5 мм) глибинах різання та малих (до 50 м/хв) швидкостях різання.
3. Не зрозуміло, чому дисертант обмежується дослідженням лише одного з представників хромо-нікелевих матеріалів – а саме сплаву IN 718, хоча в меті досліджень наголошується на загальних особливостях механічного оброблення таких сплавів.
4. Дисертація переобтяжена значною кількістю наведених графічних результатів імітаційного моделювання, особливо у 3 та 4 розділах дисертації. Це дещо ускладнює сприйняття отриманих результатів та логіку автора щодо їх інтерпретації. Щоправда, у висновках до цих розділів ця помилка частково виправляється і автор достатньо аргументовано їх узагальнює. На мою думку, частину цих результатів доцільно би було перенести в додатки, а більше уваги приділити аналізу та поясненню цих досліджень.

Проте, вважаю, що вищенаведені зауваження не впливають на загальну позитивну

оцінку виконаного на високому науковому рівні дисертаційного дослідження, не зменшують його наукову новизну та практичну значимість і не знижують загального позитивного сприйняття від проведеного обсягу досліджень.

Вважаю, що представлена дисертаційна робота справляє позитивне враження як за глибиною теоретичного аналізу, так і за рівнем прикладної реалізації. Автор послідовно вирішив комплекс завдань, що охоплюють моделювання, аналіз похибок, тощо. Сформульовані зауваження стосуються переважно подальших напрямів дослідження. Таким чином, викладені міркування і рекомендації мають на меті лише посилити позитивне враження від дисертації, окресливши потенціал для подальшого впровадження і розвитку нових напрямків роботи для здобувача. Тобто, вважаю, що робота є цілісною, змістовною і заслуговує на високу оцінку.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Проданчука Олега Олександровича на тему «Підвищення ефективності технологічного процесу механічного оброблення деталей з хромо-нікелевих сплавів на основі імітаційного моделювання процесу формоутворення» є завершеним науковим дослідженням в галузі механічної інженерії і, безпосередньо в спеціальності «Прикладна механіка», що містить нові наукові та практично цінні результати, сукупність яких розв'язує актуальну задачу науково-прикладного характеру. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти», а здобувач Проданчук Олег Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – прикладна механіка.

Офіційний опонент, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології машинобудування Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Підпис професора Охріменка О.А.
засвідчую:



Охріменко О.А.

Прокханов С.І.