

67-72-134/3
13.09.2021

Голові спеціалізованої
вченої ради Д 35.052.06
у Національному університеті
«Львівська політехніка»
д.т.н., проф. Кузю І. В.

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію та автореферат дисертації
Кусого Ярослава Маркіяновича «Науково-прикладні основи технологічного
успадкування параметрів якості для забезпечення експлуатаційних характеристик
виробів», яку представлено на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук зі спеціальності 05.02.08 – технологія
машинобудування (галузь знань 13 – механічна інженерія 131 – Прикладна механіка)

1. Актуальність теми дисертації.

На даний час розроблення та впровадження у практику машинобудівних підприємств інтегрованих інформаційних систем керування технологічними процесами виготовлення деталей є головним рушієм економічного зростання промислово розвинених країн світу.

Під час виготовлення деталей машин значно більше уваги приділяється, як правило, розробленню фінішних і викінчувально-зміцнювальних технологічних операцій у структурі технологічного процесу виготовлення машинобудівних виробів, ніж дослідженню та системному аналізу спадкових властивостей матеріалу із використанням критеріїв оцінки його деградації на важливих етапах і стадіях життєвого циклу машини/виробу. В процесі виготовлення деталей через складність врахування усіх технологічних параметрів та їх взаємодій на етапах конструкторсько-технологічної підготовки виробництва зароджуються структурні концентратори напружень, які формують технологічні дефекти. На етапі експлуатації під дією високих температур, питомих тисків, швидкостей відносних переміщень поверхневі шари деталей машин у спряженнях сприймають значні контактні напруження, що створює передумови для еволюції технологічних дефектів у пошкодження, подальше руйнування поверхневого шару матеріалу та відмову деталей зокрема та машин загалом із непередбачуваними наслідками.

Тому розроблення структури технологічних процесів (ТП) із раціональним застосуванням принципів об'єктно-орієнтованого (ООП) та функціонально-орієнтованого проектування (ФОП) із врахуванням технологічного успадкування для забезпечення експлуатаційних характеристик у виробничому процесі перетворення заготовки у деталь є першочерговим науковим завданням.

Поряд з тим системний принцип розроблення, підтримання, супроводу та реалізації життєвого циклу машинобудівного виробу вимагає безпосереднього (конкретного) зв'язку етапу технологічної підготовки виробництва, стадії

виготовлення виробу із стадією його експлуатації. Опосередкованість зв'язку зазначених етапів життєвого циклу виробу на підставі граничних умов та обмежень, сформульованих на етапі конструювання, не дозволяє повністю реалізувати як потенціал технолога у розробці нового продукту, так й істотно обмежує потенціал інтегрованої конструкторсько-технологічної підготовки машинобудівного виробництва. Усе це вимагає комплексного підходу, що передбачає вибір критеріїв комплексної оцінки деградації матеріалу виробу, які можуть бути використані як для аналізу процесів у ланках технологічного ланцюжка відправна заготовка-кінцева деталь, так і під час подальшої експлуатації виробу. Таким чином, відсутність системного (узагальненого) підходу, що охоплює питання проектування раціональної структури технологічних процесів із урахуванням принципу технологічного успадкування від заготовки до готової деталі для забезпечення експлуатаційних характеристик виробів за дотримання вимог конструкторсько-технологічної документації є актуальною науково-прикладною проблемою

Вирішення цієї проблеми базується на розробленні наукових і прикладних засад технологічного успадкування параметрів якості для забезпечення експлуатаційних характеристик виробів під час проектування функціонально-орієнтованих технологій та вдосконаленні традиційних об'єктно-орієнтованих технологічних процесів.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, темами, планами.

Розглядувана дисертаційна робота виконувалась відповідно до «Концепції Загальнодержавної цільової економічної програми розвитку промисловості на період до 2020 року» (розпорядження КМУ від 17.07.2013 р. № 603-р), «Деяким питанням визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2017–2021 роки» (затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 28 груд. 2016 р. № 1056) на кафедрі робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка» згідно спільного українсько-словацького гранту «Розроблення методів вібраційного поверхневого оброблення виробів та керування віброактивністю технологічних машин» (2006–2007 рр., договір № М/178-2006 р., дисертант – відповідальний виконавець) і тем: «Розроблення методів вібраційного поверхневого оброблення виробів та керування віброактивністю технологічних машин» (2006–2007 рр., договір № М/178-2006 р., дисертант – відповідальний виконавець); «Дослідження динамічних процесів вібраційних технологічних систем» (2017–2021 рр., № держреєстрації 0117U004472, дисертант – керівник проекту).

3. Наукова новизна досліджень та отриманих результатів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому:

1. Отримала подальший розвиток методологія функціонально-орієнтованого проектування та виготовлення машинобудівних виробів на основі аналізу процесів

технологічного успадковування властивостей матеріалу оброблюваних поверхонь на різних етапах технологічного процесу.

2. Вперше запропоновано для аналізу технологічного успадковування для забезпечення параметрів якості під час виготовлення деталей використовувати критерій однорідності матеріалу, що комплексно враховує зміни фізико-механічних властивостей поверхневого шару та параметрів якості поверхонь.

3. Науково обґрунтовано показники, що корелюють зі структурним станом оброблюваного матеріалу машинобудівного виробу та визначають параметр однорідності його структури за ступенем розсіювання характеристик твердості після механічного оброблення.

4. Вперше розроблено структуру та методичне забезпечення системи аналізу формоутворення виробу із урахуванням технологічного успадковування для забезпечення його параметрів якості.

5. Науково обґрунтовано гіпотезу про те, що впорядкованість структури металу заготовок із алюмінієвих сплавів відповідає стану структурно-однорідного, а сталевих заготовок – структурно-неоднорідного матеріалу за ступенем розсіювання характеристик твердості, який визначається коефіцієнтами гомогенності Вейбулла. Встановлено, що структурна неоднорідність заготовок сталевих деталей зменшується почерговими чорновими, чистовими та фінішними методами оброблення за збільшення коефіцієнта гомогенності Вейбулла у 2,8–56,2 рази; заготовок із алюмінієвих сплавів – напівчистовими та чистовими методами технологічного оброблення за збільшення коефіцієнта гомогенності Вейбулла на 49,4–60,2 %.

6. Отримала подальший розвиток методологія функціонально-орієнтованого проектування технологічних процесів виготовлення виробів під час реалізації комбінованих методів оброблення із використанням вібрацій та модифікування поверхневого шару твердим сплавом.

7. Вперше розроблено теоретико-експериментальний підхід для системного забезпечення регламентованих параметрів надійності виробів, що враховує вплив елементів технологічної системи під час успадковування параметрів якості після механічного оброблення на всіх етапах технологічного процесу.

4. Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значення роботи полягає у тому, що на підставі проведених теоретичних, експериментальних досліджень, моделювання технологічних процесів і натурних випробувань вирішена важлива науково-прикладна проблема в галузі технології машинобудування – розроблення узагальненого методологічного підходу для керування технологічним успадковуванням параметрів якості під час вибору структури технологічного процесу виготовлення машинобудівних виробів із врахуванням комплексу властивостей матеріалу, параметрів якості поверхонь і поверхневого шару деталей машин, що забезпечують експлуатаційні характеристики

та регламентовані показники надійності відповідно до службового призначення виробу.

Під час виконання дисертаційної роботи розроблено методику визначення параметрів заготовки після етапу заготівельного виробництва за характеристиками гомогенності матеріалу, що використовується для контролю ступеня неупорядкованості його структури та подальшого проектування технологічного маршруту оброблення поверхонь деталей машин для принципів об'єктно- та функціонально-орієнтованого проектування ТП.

Поряд з тим, запропоновано методику проектування раціональної структури технологічних маршрутів механічного оброблення виконавчих поверхонь деталей машин, яка ґрунтується на узагальненому методологічному підході щодо оптимізації вибору методів і послідовності технологічних оброблень за критерієм гомогенності матеріалу для оцінки технологічного успадковування під час виготовлення деталей, які працюють в умовах силового навантаження та інтенсивного зношування. Застосування розробленої методики забезпечує підвищення необхідних експлуатаційних характеристик, забезпечуючи регламентовані показники надійності об'єктів машинобудівного виробництва для деталей машин, які працюють в умовах силового навантаження та інтенсивного зношування.

Удосконалення технологічного процесу виготовлення втулок циліндрових бурових поршневіх pomp НБ-32 із адаптацією технологічного обладнання об'ємного вібраційного оброблення для реалізації методу вібраційно-відцентрового оброблення деталей форми тіл обертання та розробленням експериментального зразка технологічного оснащення, що забезпечило підвищення експлуатаційних характеристик і ресурсу машинобудівних виробів.

Удосконалення технологічного процесу виготовлення втулок циліндрових бурових pomp НБ-32 за принципом ФОП ТП забезпечило підвищення ресурсу, зменшило загальну трудомісткість і собівартість виготовлення одиниці продукції. Впроваджено ТП на ПП «Техноресурс» (м. Калуш Івано-Франківської обл.). Методики проектування раціональних технологічних маршрутів оброблення виконавчих поверхонь деталей за критерієм гомогенності матеріалу впроваджено на ТзОВ «Транссистем» (м. Львів) і ТзОВ «ІнтерПЕТ» (м. Львів).

Прикладні програми, алгоритми розрахунку, математичне моделювання технологічних процесів виготовлення деталей машин використовуються в навчальному процесі на кафедрі робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету «Львівська політехніка» для навчання студентів за спеціалізацією 131.3 «Технології машинобудування» спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія».

5. Оцінка достовірності та обґрунтованості основних положень дисертації, ідентичність змісту автореферату і основних положень дисертації.

Результати роботи викладені у 53 наукових публікаціях, з яких: 3 – у наукових періодичних виданнях інших держав; 5 статей – у наукових періодичних виданнях інших держав та виданнях України, які включені до БД SCOPUS; 5 – у міжнародних і вітчизняних виданнях, внесених до інших міжнародних наукометричних баз; 11 публікацій у наукових фахових виданнях України (з них 2 одноосібні); 29 публікацій тез конференцій та симпозіумів.

Теоретичні дослідження виконані на основі фундаментальних положень технології машинобудування, основних положеннях статистичних теорій міцності, теорії технічних систем, теорії надійності, теорії ймовірності та математичній статистиці, методології функціонально-орієнтованого проектування технологічних процесів.

Експериментальні дослідження проведені з використанням положень технології машинобудування, з використанням методу ЛМ-твердості. Мікроструктурні дослідження інтенсивності (густини) технологічних дефектів у поверхневому шарі зразків здійснено на електронному мікроскопі ZEISS EVO 40XVP. Вимірювання параметрів шорсткості втулок циліндрових бурових поршневіх pomp НБ-32 проведено за допомогою вимірної комплексу.

Використані в дисертації основні теоретичні положення, припущення, спрощення є коректними і не містять протиріч.

Усі наявні в дисертації аналітичні залежності одержані шляхом логічних математичних перетворень. Обґрунтованість встановлених закономірностей підтверджувалась експериментальним шляхом.

Наукові положення, висновки, пропозиції та рекомендації у достатній мірі обґрунтовані теоретичним аналізом, експериментальними дослідженнями, тому їх слід вважати цілком достовірними.

Висновки і рекомендації, які наведені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, їхня достовірність підтверджена експериментально. Автореферат за своїм змістом відповідає основним положенням, висновкам, які наведені в дисертаційній роботі, відображає її структуру та зміст. Автореферат за змістом, основними положеннями та висновками ідентичний з дисертацією.

6. Структура та характеристика роботи.

Дисертаційна робота складається з анотацій українською та англійською мовами, вступу, 5 розділів, висновків, додатків, списку використаних джерел із 320 найменувань і додатків.

Оформлення, зміст та структура дисертаційної роботи повністю відповідають вимогам до оформлення кваліфікаційних робіт.

У вступі обґрунтовано доцільність проведення досліджень та актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета і завдання дослідження, окреслено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, виділено особистий внесок здобувача та інформацію про впровадження наукових розробок. Наведено дані щодо апробації результатів науково-практичних пошуків та публікації, що відображають основний зміст дисертаційної роботи.

У першому розділі автором проаналізовано стан проблеми. Детально проаналізовано умови роботи та причини виходу з ладу машинобудівних виробів деталей.

Проаналізовано сучасний стан проблеми технологічного успадкування, що слугує узагальненим показником для визначення технологічного успадкування (процесу) та технологічної спадковості (характеристики) машинобудівного виробу. Встановлено, що на сучасному етапі розвитку технології машинобудування більшість досліджень стосується технологічного успадкування в процесі механічного оброблення деталей та складання виробів.

Сформульовані мета і задачі дослідження а також найважливіші результати, які виносяться на захист.

У другому розділі науково обґрунтовано показники, які покладені в основу узагальненого методологічного підходу до аналізу процесів технологічного успадкування параметрів якості деталей машин для забезпечення експлуатаційних характеристик виробів за критерієм однорідності (гомогенності) матеріалу.

Розроблено структуру та методичне забезпечення системи аналізу формоутворення виробу (PSPAS-системи – Product Shaping/Processing Analysis System) в умовах самоорганізації технологічних систем, яка відповідно до типу та форми організації виробництва PSPAS-система є складовою автоматизованої системи аналізу формоутворення виробу (CAF-системи) або використовується незалежно від неї в процесі виготовлення машинобудівних виробів.

Розроблено критерій однорідності матеріалу (КОМ) для аналізу технологічного успадкування параметрів якості деталей під час їхнього виготовлення методами різання, обробки тиском та контролю властивостей поверхневого шару методом LM-твердості.

Розроблено та проаналізовано принципову схему дослідження впливу елементів технологічної системи ВПД(З) на формування регламентованих параметрів якості заготовки виробу на стадії його розроблення у життєвому циклі.

У третьому розділі розроблено взаємозв'язки та встановлено закономірності у різновидах підсистем аналізу технологічного успадкування за характеристиками матеріалу деталі під час контролю параметрів сталевих та алюмінієвих заготовок і проектування технологічних маршрутів оброблення.

Досліджено структуру та інтенсивність формування технологічних дефектів у поверхневому шарі алюмінієвих виливок у піщано-глинисті форми на електронному мікроскопі ZEISS EVO 40XVP.

Представлено алгоритм раціонального вибору заготовки виробу на підставі критерію гомогенності її матеріалу.

На підставі запропонованого алгоритму розроблено раціональні структури маршрутів оброблення виконавчих і спряжених поверхонь заготовок вала 6Е4-2717.00.00.01, кронштейна підтримки штанги СП1-2110830 тролейбуса, призматичних виливок із алюмінієвого сплаву за показниками однорідності їхнього матеріалу: коефіцієнтами гомогенності Вейбулла (m), константами матеріалу A_m , технологічною пошкоджуваністю D і інтенсивністю зростання технологічної пошкоджуваності j_D .

У **четвертому розділі** розроблено взаємозв'язки та встановлено закономірності у підсистемі модифікування поверхні під час поверхневого пластичного деформування (ППД), що функціонує в результаті взаємозв'язків із підсистемою ППД як складовим елементом підсистем аналізу формоутворення виробу методом пластичного деформування, модифікування поверхневого шару виробу і технологічного успадковування під час формоутворення виробу.

За принципом ФОП удосконалено технологічний процес виготовлення втулок циліндрових бурових поршневіх pomp НБ-32 за рахунок адаптування обладнання об'ємної віброобробки для реалізації методу вібраційно-відцентрового зміцнення внутрішньої поверхні їх втулок.

П'ятий розділ присвячено експериментальній апробації з технологічного забезпечення параметрів якості виробів як результату технологічного успадковування у технологічній системі «верстат – пристрій – інструмент - деталь (заготовка)» під час механічного оброблення.

Розв'язано оптимізаційну задачу синтезу режимів оброблення для проектування технологічного процесу виготовлення виробів. За результатами розв'язання оптимізаційної задачі у середовищі Mathcad встановлено граничні значення основного часу та визначено оптимальні режими оброблення для корпусу редуктора К 02.106.

У додатках наведено документи, які підтверджують практичне значення отриманих результатів дисертаційної роботи та допоміжні результати дослідження.

7. Обґрунтування та достовірність основних висновків дисертації.

Наведені в дисертаційній роботі висновки і рекомендації є достатніми і належним чином обґрунтовані. Для їхнього висвітлення автором проведені необхідні теоретичні та експериментальні дослідження, виконані публікації та розроблені відповідні методики дослідження.

8. До дисертаційної роботи та автореферату є такі зауваження:

1. Під час формування змісту 1 та 2 розділів дисертації більшу увагу слід було приділити системному формулюванню науково-прикладної проблеми дисертаційного дослідження. Недостатньо повно, на мою думку, проведено характеристику основних критеріїв для принципів об'єктно- і функціонально-орієнтованого проектування технологічних процесів виготовлення машинобудівних виробів. Не здійснено аналізу взаємозв'язків між експлуатаційними характеристиками та показниками надійності виробів.

2. У п. 2.3. дисертаційної роботи «Розроблення структури та методичного забезпечення системи аналізу формоутворення виробу в умовах самоорганізації технологічних систем» приведено структуру критерію однорідності матеріалу (рис. 2.8). Доцільно було б даний рисунок привести й у авторефераті.

3. У дисертаційній роботі слід було більше уваги надати опису, розкриттю змісту та функцій підсистем нововведеної «системи аналізу формоутворення виробу» (PSPAS-системи), а також розробити блок-схему чи алгоритм функціонування складових PSPAS-системи під час виготовлення машинобудівних виробів.

4. Незрозуміло, як результати досліджень розділу 3 впливають на формування структури та параметрів технологічного процесу. Доцільно було б приділити більше уваги питанням взаємозв'язку гомогенності матеріалу заготовки та формування експлуатаційних властивостей деталі.

5. У розділі 4 дисертаційної роботи під час удосконалення технологічного процесу виготовлення втулок циліндрових бурових насосних pomp НБ-32 технологічне успадковування параметрів якості поверхневого шару потрібно було аналізувати, починаючи із заготівельних операцій (рис. 4.17, рис. 4.18 у дисертації; рис. 9 – у авторефераті).

6. Не зовсім зрозуміло, яке відношення до даної роботи має рис. 4.12.

7. У розділі 5 необхідно було б детальніше зупинитися на розв'язанні оптимізаційної задачі синтезу режимів оброблення для проектування технологічного процесу виготовлення деталей, оскільки приведено часткові результати лише для однієї технологічної операції. Результати для інших технологічних операцій доцільно було б подати у додатках.

8. Додатки до дисертаційної роботи містять велику кількість матеріалу, який не завжди розкриває основну суть роботи, а лише констатує числові результати досліджень. Це ускладнює сприйняття і відокремлення насправді важливого матеріалу. Вважаю, що додатки Б-В недоцільно було подавати в дисертації, або навести хоча б узагальнений результат їх аналізу. Натомість рис. 4.15, рис. 4.16 слід було б перенести в додатки, причому рис. 4.16 доповнити результатами комп'ютерного опрацювання усіх профілограм.

9. У дисертаційній роботі зустрічаються окремі невдалі технічні звороти та граматичні помилки.

Висловлені зауваження водночас не знижують оцінки якості досліджень, а відповідні рекомендації загалом не впливають на основні наукові та практичні результати роботи. Зауваження швидше підкреслюють потенційні можливості роботи. В цілому дисертація справляє позитивне враження завдяки ґрунтовності теоретичних досліджень та достатньому обсягу практичного використання її результатів.

9. Закључна оцїнка дисертацїйної роботи.

Розглядаючи дисертацїю в цїлому, необхідно оцїнити її позитивно.

На основї вивчення дисертацїйної роботи, автореферату, публїкацїй вважаю, що робота є завершеною, цїлїсною науковою працею, присвяченою вирїшенню науково-прикладної проблеми розроблення узагальненого методологїчного пїдходу для керування технологїчним успадковуванням параметрїв якостї пїд час вибору структури технологїчного процесу виготовлення деталей їз врахуванням комплексу властивостей матерїалу, параметрїв якостї поверхонь ї поверхневого шару деталей машин, що забезпечують експлуатацїйнї характеристики та регламентованї показники надїйностї вїдповїдно до службового призначення машинобудївних виробїв. Дисертацїя мїстить обґрунтованї науковї положення, висновки та рекомендацїї, має наукову новизну та практичну цїннїсть. Змїст дисертацїї вїдповїдає паспорту спецїальностї 05.02.08 – технологїя машинобудування.

За змїстом, оформленням, обсягом, науковою новизною, практичною цїннїстю та публїкацїями, важливїстю та глибиною вирїшення актуальних задач дисертацїйна робота Кусого Я. М. вїдповїдає вимогам пп. 9, 10 ї 12 «Порядку про присудження наукових ступенїв», затвердженого постановою Кабїнету Мїнїстрїв України вїд 24 липня 2013 р. № 567 (зї змїнами), а її автор – Кусий Ярослав Маркїянович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технїчних наук за спецїальнїстю 05.02.08 – технологїя машинобудування (галузь знань 13 – механїчна їнженерїя 131 – Прикладна механїка).

Офїцїйний опонент –

професор кафедри комп'ютеризованого
машинобудування Івано-Франкївського
нацїонального технїчного унїверситету нафти


та газу, доктор технїчних наук, с.н.с., доцент

 Л. Я. Роп'як

Пїдпис Л. Я. Роп'яка посвїдчую:

Учений секретар ІФНТУНГ

В. Р. Процюк


10.09.2021.

