

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Кушнірчука Андрія Сергійовича** на тему «Технологічне забезпечення якості деталей машин, отриманих з пластмас методом 3-D-друку», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка

1 Актуальність теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт університету.

FDM-друк, як найпоширеніший вид адитивного виробництва знайшов застосування в багатьох сферах, невисока вартість обладнання та витратних матеріалів зробила технологію доступною та поширеною. Велика різноманітність філаменту дозволяє виготовляти деталі з урахуванням експлуатаційних вимог до майбутнього виробу. Сучасні пластики дозволяють отримати такі властивості виробів: масло-бензостійкість, високий рівень діелектричності, стійкість до ультрафіолетового випромінювання, відсутність реакції з кислотами, стійкість при контакті з водою та ін.

Геометрична точність виробів отриманих на 3D-принтерах повністю залежить від типу механічної структури принтера, від коректної роботи елементів конструкції, рівня зносу рухомих частин, також важливу роль у формуванні точності виробу відіграє стабільна робота електроніки принтера, що повинна забезпечити відсутність пропуску кроків на крокових двигунах. Отримані деталі дозволяють відразу без постобробки використовувати їх за призначенням, а деталі, що мають відповідальні з'єднання, точні посадки та вимоги щодо взаємного розташування поверхонь потребують додаткового оброблення.

Одним з рішень проблеми покращення функціональності є механічна обробка деталей, отриманих FDM-друком. Це може бути виконано за допомогою різноманітних інструментів та методів, включаючи токарну обробку, фрезерну обробку, шліфування та інші.

У роботі вирішено науково-технічну задачу машинобудування, а саме забезпечення технологічних параметрів якості деталей, отриманих FDM-друком, завдяки комплексному підходу до якості виробу, що включає в себе: точність відповідальних поверхонь згідно технічних вимог, необхідна шорсткість, міцнісні характеристики матеріалу, дизайн форми з мінімізацією маси деталі.

Дисертаційна робота виконувалась у відповідності до державних і науково-технічних програм за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки України та відповідає положенням Закону України «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності

в Україні» від 08.09. 2011р. № 3715-VI та Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки та інноваційної діяльності» від 13 січня 2024р. № 3534-IX, а також в рамках науково-дослідних робіт кафедри технології машинобудування Хмельницького національного університету.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

До найбільш суттєвих і науково нових результатів дисертаційної роботи, на мою думку, можна віднести:

1. Отримала подальший розвиток побудова математичної моделі процесу різання точінням та фрезеруванням поверхонь деталей з пластмас, виготовлених 3D-друком, у порівнянні з процесом різання металів з урахуванням пружних відтискань поверхонь матеріалу. Отримані результати у вигляді номограм дають можливість прогнозувати неточність розмірів поверхонь при різних видах оброблення для матеріалів, отриманих 3D-друком, при чистових та чорнових режимах різання;

2. Отримав подальший розвиток процес визначення механічних характеристик зразків, надрукованих за допомогою адитивних технологій FDM. Встановлено, що зниження внутрішнього заповнення матеріалу пропорційно зменшує межу міцності зразка. ABS-пластик виявився менш міцним на розрив у порівнянні з CoPet пластиком. При дослідженні діаграм руйнувань зафіксовано пластичну поведінку у зразків з CoPet, тоді як зразки з ABS демонструють крихке руйнування. Найкращий результат було отримано в парі матеріалів ABS+ та CoPet, величина зносу склала 30 мкм, що робить таку пару тертя найбільш оптимальним вибором.

3. Експериментально визначені співвідношення параметрів режимів різання та конструктивних особливостей різального інструменту, що забезпечують найбільшу точність та низьку шорсткість відповідальних поверхонь деталей отриманих 3-D друком при оптимальних температурах різання.

Вважаю, що наукові результати здобувача є вагомим внеском у розвиток створення, теоретичного обґрунтування та експериментальному дослідженні технологічного забезпечення якості деталей машин, отриманих 3D-друком.

3. Практичне значення отриманих результатів.

Практичне значущість отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних положень дисертації до реалізації, рекомендаціях розробнику та безпосередньому використанні на підприємстві.

Практичне значення отриманих результатів для машинобудування полягає у створенні методології вибору режимів на операції точіння та фрезерування поверхонь деталей для технологічного забезпечення якості деталей машин, отриманих 3-D друком.

Результати виконаних теоретичних і експериментальних досліджень реалізовані у методології процесу оптимальної стратегії обробки її поверхонь та розробленню алгоритм розрахунку траєкторії руху інструмента, який враховує процеси, що протікають при утворенні поверхні деталі та застосовувати програмно-математичне забезпечення, що дозволить управляти процесом обробки за заданим алгоритмом. Використання цих компонентів при проектуванні керуючої програми дозволить компенсувати похибку, викликану пружними деформаціями і підвищити продуктивність обробки. У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що величини зношування пар тертя, отриманих за допомогою FDM-друку із ABS та COPET пластику розрізняються по здатності до зношування поверхонь. Найкращий результат було отримано в парі матеріалів ABS+ та CoPet, величина зносу склала 30 мкм, що робить таку пару тертя найбільш оптимальним вибором серед пар, що досліджувались.

Проведена модернізація конструкції поворотного стола підвищує ефективність застосування верстатів з ЧПК, особливо для малих підприємств та не призводить до значного дорожчання оснащення. Заміна ручного приводу на кроковий двигун не тільки збільшує експлуатаційний ресурс поворотного стола, але й підвищує точність виконання робіт.

Для конструкторів та проектантів рекомендована методологія топологічної оптимізації за допомогою адитивних технологій, що дозволяє отримати кінцевий продукт без потреби в додатковій обробці. Це знижує масу деталі від 40 до 60% при збереженні всіх статичних характеристик, що дозволяє економити на матеріалах, скоротити час на підготовку виробництва і зменшити обсяги механічної обробки.

Результати виконаних досліджень та окремі теоретичні положення прийнято до впровадження на підприємстві ПБКФ «Бджілка» (м. Хмельницький).

Теоретичні та практичні результати, отримані в дисертаційному дослідженні, впроваджені у навчальний процес кафедри технології машинобудування Хмельницького національного університету при викладанні дисципліни «Технологічні методи забезпечення якості виробів».

4. Структура дисертації, мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, огляду літератури, аналітичного розділу, матеріалів та методів досліджень, результатів експериментальних та теоретичних досліджень з їх обговоренням, висновків, списку літератури і додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи складає 175 сторінок.

Структура дисертації повністю узгоджується з її назвою, предметом та об'єктом дослідження, метою і завданнями дослідження.

Дисертаційна робота написана діловою українською мовою з науковим стилем викладення її змісту. Вона характеризується цілісною, змістовною завершеністю, логічною послідовністю розглянутих питань, чіткістю, ясністю та достовірністю викладення матеріалів дослідження. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

5. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

За результатами досліджень опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії Б, 1 стаття в інших виданнях України, 6 матеріалів конференцій та тез доповідей.

Основні результати роботи охоплюють усі положення, що виносяться на захист. Науковий рівень здобувача достатньо високий, особистий внесок має місце у кожній роботі. Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

6. Особистий внесок здобувача

Усі наукові результати дисертаційної роботи, винесені на захист, є особистим здобутком автора. Постановка проблеми, формулювання дослідницьких завдань та аналіз отриманих результатів здійснені у співпраці з науковим керівником. Автору належать основні ідеї технологічних методів забезпечення якості виробів отриманих 3D- друком.

7. Зауваження до дисертаційної роботи

У результаті розгляду дисертаційної роботи сформовано наступні зауваження та рекомендації:

1) перший розділ займає багато об'єму. Бажано було би надати більш лаконічний аналіз по підрозділах;

2) здобувачем запропоновано побудову аналітичних моделей процесу різання пластмас фрезеруванням та точінням, проте не зазначено чи до статичних чи динамічних моделей вони належать;

3) загальні висновки по роботі представлені у більшості реферативно, бажано було би більш чітко їх сформулювати;

4) виявлено незначні наявні орфографічні помилки та недоречності у використанні розділових знаків.

Проте підкреслюю, що зазначені зауваження істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та її науково-технічні здобутки.

8. Загальний висновок.

Рецензована дисертаційна робота є самостійною, завершеною науковою працею, що містить наукові результати, яким властива наукова новизна, теоретичне та практичне значення, а отже, свідчить про особистий істотний внесок здобувача у розвиток науки в галузі механічної інженерії.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація цілком відповідає вимогам пп. 6, 7, 8, 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. Здобувач Кушнірчук Андрій Сергійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Рецензент:

доктор технічних наук, професор, Заслужений
винахідник України, професор кафедри
технології машинобудування Хмельницького
національного університету

Анатолій ГОРДЕЄВ

Підпис Анатолія ГОРДЕЄВА
засвідчую

Проректор з наукової роботи
Хмельницького національного університету

Олег СИНЮК

