

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію Сіренка Максима Костянтиновича
«Розробка та вдосконалення технології пошарового синтезу
виробів з полімерних композиційних матеріалів
для авіаційної та ракетно-космічної техніки», подану до захисту на здобуття
ступеня доктора філософії
за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації

Технологія пошарового синтезу дозволяє виготовляти вироби більш складної геометрії та форм, отриманих в результаті оптимізації топології, і суттєво зменшити потребу у обробці, бо виріб виготовляється методами синтезу вже в готовому вигляді з набагато меншим об'ємом операцій подальшої обробки. І для виробів РКТ, що випускаються малими партіями або одиничними екземплярами, застосування технології 3D друку не потребує спеціального коштовного оснащення, є перспективним і економічно ефективним в цієї сфері виробництва. Також, оскільки методи пошарового синтезу є адитивним виробництвом, коефіцієнт використання матеріалу набагато вищий.

Дисертаційна робота Сіренка М. К. присвячена розробці нових технологічних рішень, які забезпечують підвищення механічних та експлуатаційних властивостей виробів з полімерних композиційних матеріалів, що отримано з використанням методів 3D-друку. Як справедливо зауважує автор дисертаційного дослідження, на сьогодні в сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки існує проблематика підвищення експлуатаційних характеристик деталей та виробів, що отримані методами пошарового синтезу, для покращення масової довершеності конструкції. Тому, запропоновану тему дослідження слід вважати актуальною та своєчасною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі ракетно-космічних та інноваційних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара відповідно до одного з напрямів досліджень держбюджетної науково-дослідної роботи Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара: «Створення і удосконалення технологій і матеріалів для ракетних засобів ураження на основі інноваційних конструкторсько-технологічних рішень», № державної реєстрації 0123U101855.

Метою дисертаційної роботи є пошук шляхів підвищення механічних та експлуатаційних властивостей виробів з полімерних композиційних матеріалів на основі нових конструктивних і технологічних рішень з використанням методів 3D-друку.

Наукова новизна отриманих автором результатів

Наукова новизна результатів дослідження, отриманих особисто здобувачем, полягає у наступному:

1. Вперше розроблено нові схему та метод армування деталей волокном в процесі пошарового синтезу для отримання полімерного композиційного матеріалу, які полягають у тому, що армування виконується прокладанням волокна між друкованими шарами основного полімеру з збереженням суцільності волокна.
2. Вперше встановлено, що армування деталей базальтовим волокном дозволяє підвищити, у випадку найкращих характеристик в залежності від параметрів армування, межу міцності армованого матеріалу на 80% та модуль пружності на 101% по відношенню до неармованого матеріалу.
3. Вперше доведено, що основним фактором впливу на характеристики виробу є відстань між армованими шарами, і встановлена залежність властивостей полімерного композиційного матеріалу від щільності заповнення деталі і відстані між шарами армування. Це дозволяє прогнозувати властивості кінцевого полімерного композиційного матеріалу та активно впливати на них шляхом зміни параметрів армування та 3D-друку.
4. Вперше з використанням розробленої моделі армованого полімеру отримано значення властивостей виробів, виготовлених з використанням методів 3D-друку.

Практичне значення одержаних результатів

1. Розроблена схема і метод армування виробів волокном при використанні FDM/FFF 3D-друку, з описом впливу технологічних параметрів друку та рекомендацій щодо їх вибору, розроблено технологічне оснащення для армування, що встановлюється на 3D-принтер з кінематикою типу Delta і прийоми виконання армування;
2. Запропоновано та обґрунтовано методику механічних випробувань полімерних композиційних матеріалів з шароватою структурою, що отримані методом 3D-друку;
3. Результати дослідження впроваджені в освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара та Національного центру аерокосмічної освіти молоді імені О.М. Макарова

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та їх достовірність

Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- результатами виконаних за безпосередньої участі автора експериментальних досліджень, зокрема випробувань на міцність зразків

полімерного композиційного матеріалу отриманого методами, що викладені роботі;

- використанням необхідних та сучасних теоретичних та експериментальних методів, методів аналізу даних;
- публікацією статей у фахових виданнях України;
- апробацією отриманих наукових результатів на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конгресах, конференціях;
- впровадженням отриманих результатів у освітній процес фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара та Національного центру аерокосмічної освіти молоді імені О.М. Макарова.

Проаналізувавши та оцінивши наукові результати, їх новизну і достовірність, слід зазначити, що сформульована в дисертаційній роботі мета дослідження досягнута повністю, наукові результати обґрунтовані і мають наукову цінність, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Аналіз змісту дисертації

Дисертаційна робота містить вступ, 4 розділи, що складаються з 16 підрозділів, основні висновки та список використаних джерел.

У вступі визначено актуальність теми дисертації та сформульовано її мету та основні завдання досліджень. Розглянуто об'єкт, предмет та методи досліджень і описано наукову новизну та практичне значення здобутих результатів. Надано інформацію щодо апробації результатів роботи та кількості публікацій по зазначеній темі із посиланням на внесок автора. Представлено структуру та обсяг дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено аналіз існуючих технологій пошарового синтезу деталей з полімерних матеріалів та з полімерних композиційних матеріалів, розглянуті та проаналізовані основні матеріали, які використовуються. Окрема увага була приділена аспектам застосування цих технологій та методів в авіаційній та ракетно-космічній техніці. В ході аналізу були встановлені основні недоліки, над усуненням яких необхідно працювати. За основні недоліки було прийнято недотримання суцільності волокна армування, неможливість точного та вибіркового контролю положення волокна у межах шару, а також недостатня прогнозованість кінцевих характеристик.

У другому розділі розглянуто матеріали, що використовувались для дослідження, обґрунтовано вибір основного полімерного матеріалу та матеріалу армування. У якості основного полімеру був прийнятий сополімер поліетилентерефталату (соРЕТ), у якості армуючого волокна – базальтове волокно. Обґрунтовано критерії, по яким розроблюється нова структура

армування та розроблено структуру нового типу армування деталей в процесі FDM/FFF 3D-друку з метою отримання деталей з полімерного композиційного матеріалу. Розроблена структура являє собою пошарово прокладене волокно між шарів друкованого основного полімеру, причому розрізів чи інших порушень суцільності в межі шару немає. Також, завдяки відсутності розрізів при переході волокна між шарами, зберігається і суцільність волокна між шарами. Розглядаючи одиничне волокно, його суцільність не порушується в всьому об'ємі деталі. Крім цього, були розглянуті методи дослідження та контролю. В контексті можливості та особливостей використання до виробів, виготовлених 3D-друком, була проаналізована низка видів неруйнівного та руйнівного контролю та випробувань. Також був розглянутий аспект їх використання при наявності неперервного волокна армування в основному полімері. Як той вид, що буде використаний в роботі, було прийняте дослідження міцності шляхом випробувань на розтяг.

Третій розділ присвячено розробленню технологічного обладнання для встановлення на FDM/FFF 3D-принтер з кінематикою Delta. Ця кінематика також була обрана відповідно до проведеного аналізу. Обладнання являє собою вузли, що встановлюються на платформу побудови 3D-принтеру та виконують функції утримання, направлення та контролю положення і натягу волокна. Обладнання дозволяє виконувати однонаправлене армування полімеру в процесі друку. Як завдання для випробувань, було заплановано проведення аналізу впливу частоти прокладання шару армуючого волокна на характеристики міцності матеріалу та аналіз впливу щільності заповнення на них. Відповідно, за допомогою обладнання було виготовлено партії зразків з полімерного композиційного матеріалу та були проведені випробування зразків. По результатам, межа міцності зросла, в варіанті армування з найкращими результатами, на 80%, модуль пружності – на 101%. Також була встановлена залежність міцносних властивостей зразків та матеріалу від частоти прокладання волокна, і це є основний і найбільш впливовий чинник впливу на властивості.

Четвертий розділ присвячено підтвердженню результатів випробувань на деталі типу фітінг відповідно до її умов експлуатації. Модель деталі складної форми було розроблено засобами CAD програмного забезпечення Solidworks. За допомогою CAE модулю цієї програми до деталі було накладено матеріал з характеристиками, що були отримані в результаті експерименту. Далі проводилось аналітичне дослідження деталі для визначення сили, при якій здійснюється її руйнування. Після цього була виготовлена партія деталей для випробувань. По результатам випробувань, середнє відхилення фактичного навантаження руйнування від розрахункового склало не більше 12%. Це

прийнятний результат для інженерних розрахунків деталей з полімерних композиційних матеріалів.

Висновки по роботі узагальнюють основні отримані в дисертаційному дослідженні результати.

Дисертація в цілому є структурно та змістовно гарно збалансованою роботою. Послідовність викладення її положень є логічною і такою, що побудована у відповідності з науковим методом.

Дисертаційна робота за структурою та змістом відповідає вимогам, є завершеною науковою працею, її результати свідчать про наявність особистого внеску здобувача у галузі знань Механічна інженерія.

Публікація та апробація основних результатів дисертації

Основні матеріали дисертаційної роботи відображено у 4 статтях у вітчизняних фахових виданнях категорії Б, 5 матеріалів міжнародних та вітчизняних конференцій.

Публікації Сіренка М.К. відповідають вимогам пп. 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 (із змінами).

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота Сіренка Максима Костянтиновича написана українською мовою, має змістовну цілісність та послідовність.

Дисертаційну роботу оформлено відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні, про що свідчить висновок перевірки на плагіат за допомогою спеціалізованої програми StrikePlagiarism з коефіцієнтом унікальності 95,80%.

Очевидних ознак порушення автором академічної доброчесності, зокрема випадків оприлюднення, частково або повністю, наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення їх авторства, не виявлено.

Зауваження до дисертації

1. Назва роботи носить занадто розширений характер – для авіаційної та ракетно-космічної техніки, що призвело до недостатньо чіткого визначення практичної цінності отриманих конструктивно-технологічних рішень.

2. Недостатня кількість прикладів реалізації конкретних технологій і дещо надлишковий об'єм розрахунків даних для гіпотетичних зразків ракетно-космічної техніки.

3. Робота могла б здобути додаткову цінність якби результати були впроваджені в реальних зразках ракетно-космічної чи авіаційної техніки.

Загальні висновки

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії на тему «Розробка та вдосконалення технології пошарового синтезу виробів з полімерних композиційних матеріалів для авіаційної та ракетно-космічної техніки» виконана на високому науковому рівні, є завершеним науковим дослідженням, результати якого мають теоретичну та практичну цінність. Вони спрямовані на розв'язання важливої науково-практичної задачі, що має важливе значення для розвитку галузі знань «Механічна інженерія»

Зміст дисертації не суперечить принципам академічної доброчесності, а її актуальність, наукова новизна та практична цінність відповідають вимогам, визначеним пунктами 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 року № 44.

Здобувач Сіренко Максим Костянтинівч заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Рецензент:

доктор технічних наук,
професор кафедри ракетно-космічних
та інноваційних технологій
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара

 **Микола ДРОНЬ**

Підпис професора Миколи ДРОНЯ засвідчую:

Проректор з наукової роботи

Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара,
кандидат біологічних наук,
доцент



Олег МАРЕНКОВ