Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U002970

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 16-07-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Федорів Тарас Романович
2. Taras Fedoriv

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0009-0002-4644-3993

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 161

Назва наукової спеціальності: Хімічні технології та інженерія

Галузь / галузі знань: хімічна та біоінженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Хімічні технології та інженерія

Дата захисту: 20-08-2025

Спеціальність за освітою: Хімічні технології та інженерія

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 9970

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет технологій та дизайну

Код за ЄДРПОУ: 02070890

Місцезнаходження: вул. Мала Шияновська, буд. 2, Київ, 01011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет технологій та дизайну

Код за ЄДРПОУ: 02070890

Місцезнаходження: вул. Мала Шияновська, буд. 2, Київ, 01011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 61.61.29, 61.61.01, 61.61.09

Тема дисертації:

1. Технології адитивного виробництва електропровідних полімерних композитів.
2. Technologies of additive manufacturing of electrically conductive polymer composites.

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого науково-практичного завдання зі створення нових, більш ефективних, електропровідних полімерних композиційних матеріалів для адитивного виробництва. Актуальність роботи обумовлена неохідністю покращення комплексу електричних, механічних, антипіренних та радіопоглинальних характеристик полімерних композитів, що використовуються в адитивних технологіях. Обмеженість наявних рішень та відсутність комплексних досліджень взаємозв'язку між складом, технологічними параметарами та кінцевими властивостями матеріалів обумовлює необхідність створення нових ефективних композицій. Запропоновані у роботі технологічні та матеріалознавчі підходи дозволяють формувати вироби з чітко контрольованими властивостями, відкриваючи нові можливості для їх застосування в радіолокаційній техніці, електроніці, системах живлення та інших галузях. Мета роботи

полягає у розробці технологій адитивного виробництва електропровідних полімерних композиційних матеріалів. Об’єктом дослідження є явище формування перколяційних шляхів електропровідних наповнювачів в структурі полімерних композиційних матеріалів в процесі адитивного виробництва. Предметом дослідження є технології адитивного виробництва електропровідних полімерних композитів. Основні положення, що визначають наукову новизну дисертаційної роботи, полягають у наступному: 1. Вперше було встановлено, що критичний вміст технічного вуглецю для утворення перколяційної структури в матриці термопластичного поліуретану (ТПУ) становить 17□±□2□%, тоді як у ПЕТГ — 20–23□%. У випадку вуглецевих нанотрубок критичний вміст у ТПУ становить 4,5□±□0,7□%, а в ПЕТГ — 6,0–6,8□%. Це свідчить про вищу здатність гнучкої матриці термопластичного поліуретану до орієнтації та фіксації провідних шляхів завдяки нижчій релаксаційній в’язкості, порівняно з ПЕТГ. 2. Вперше створено та досліджено електропровідні композиції на основі термопластичного поліуретану (ТПУ) та поліетилентерефталат-гліколю (ПЕТГ) з вуглецевими нанотрубками, модифіковані декабромдифенілетаном. Виявлено, що додавання 20% декабромдифенілетану забезпечує зниження поверхневого опору композиту з 0,38 Ом/□ до 0,09 Ом/□, що зумовлює зростання провідності на 76 % а також дозволяє суттєво підвищити антипіренні властивості композицій. Для композицій на основі ПЕТГ аналогічне введення приводить до зниження поверхневого опору з 1,3 Ом/□ до 0,57 Ом/□ (56%). Така поведінка поєднання діелектричного та електропровідного наповнювача, ймовірно, свідчить саме про хімічний вплив галогенної природи діелектричного наповнювача на провідність ЕПК, адже за використання діелектричного карбонату кальцію за того ж вмісту наповнювача поверхневий опір зменшувався не більше ніж на 53%. 3. Встановлено, що введення 20% карбонільного заліза до складу ТПУ та ПЕТГ з вуглецевими нанотрубками забезпечує значне підвищення електропровідності композицій, знижуючи поверхневий опір до значень менше ніж 0,09 Ом/□, а об'ємний опір – до 6,9 Ом·м. Це зниження пов'язане з утворенням додаткових електропровідних містків між окремими нанотрубками завдяки частинкам карбонільного заліза, що забезпечує високий рівень електропровідності, а також підвищенням об’ємної концентрації вуглецевих нанотрубок у структурі полімерного композиту. 4. Виявлено анізотропію електричних властивостей при адитивному виробництві зразків із ТПУ та ПЕТГ з композитними наповнювачами на основі вуглецевих нанотрубок. Зразки, надруковані з орієнтацією шарів за схемою «0°/90°», демонструють зниження поверхневого опору до 35% порівняно зі зразками, надрукованими з однорідною орієнтацією шарів (0°). Це зумовлено особливостями формування електропровідних шляхів у тривимірній структурі, що значно підвищує провідність у декількох напрямах одночасно. 5. Виявлено наявність терморезистивного ефекту у досліджених електропровідних композитів з вуглецевими нанотрубками. Показано, що підвищення температури від 20 до 90 °C призводить до зростання поверхневого опору на 8-10%, а об'ємного опору – на 12-15%, що пов'язано з тепловим розширенням полімерної матриці та порушенням міжчасткових контактів наповнювачів. Зміна об’ємного опору на 1□°C становить у ТПУ-композитах у середньому 0,03–0,06□Ом·м/°C, тоді як у ПЕТГ-композитах цей показник досягає 0,07–0,09□Ом·м/°C. Ці результати важливі для прогнозування електропровідних характеристик композитів при різних температурах експлуатації. 6. Отримали подальший розвиток уявлення про можливості регулювання електропровідних, радіопоглинальних та механічних властивостей полімерних композитів шляхом зміни щільності заповнення та типу внутрішньої структури виробів при адитивному виробництві. Виявлено, що найбільш раціональною для маскувальних виробів є комірчаста структура із щільністю лінійного заповнення близько 5%.

2. The dissertation is devoted to solving an important scientific and practical problem: creating new, more effective, electrically conductive polymer composite materials for additive manufacturing. The relevance of this work lies in the need to enhance the complex of electrical, mechanical, flame-retardant, and radio-absorbing characteristics of polymer composites used in additive technologies. The limitations of existing solutions and the lack of comprehensive studies of the relationship between the composition, technological parameters, and final properties of materials necessitate the creation of new effective compositions. The technological and materials science approaches proposed in the work allow the formation of products with clearly controlled properties, opening up new opportunities for their application in radar technology, electronics, power systems, and other

industries. The work aims to develop technologies for the additive production of conductive polymer composite materials. The object of the study is the phenomenon of the formation of percolation paths of electrically conductive fillers in the structure of polymer composite materials in the process of additive manufacturing. The subject of the study is the technologies of additive manufacturing of electrically conductive polymer composites. The scientific results obtained in the course of the study in total allowed for solving an important scientific and applied problem of creating new, more effective, electrically conductive polymer composite materials for additive manufacturing. The scientific novelty of the obtained results lies in the following: 1. For the first time, it was shown that the critical carbon-black content for percolation in TPU is 17 ± 2 %, whereas in PETG it is 20–23 %. For NC7000 carbon nanotubes, the critical content is 4.5 ± 0.7 % in TPU and 6.0–6.8 % in PETG, proving the higher ability of the more flexible TPU matrix to orient and lock conductive pathways thanks to its lower relaxation viscosity compared with PETG. 2. Electrically conductive TPU and PETG composites with carbon nanotubes modified by decabromodiphenyl-ethane were produced and researched for the first time. Adding 20 % of this flame retardant lowered surface resistivity from 0.38 Ω/□ to 0.09 Ω/□ (-76%) in TPU and from 1.3 Ω/□ to 0.57 Ω/□ (-56%) in PETG systems while markedly improving flame resistance. 3. Introducing 20% of carbonyl iron into TPU and PETG with carbon nanotubes reduced surface resistivity below 0.09 Ω/□ and volume resistivity to 6.9 Ω·m thanks to additional conductive bridges and an increased effective CNT concentration. 4. Anisotropy of electrical properties was revealed: samples printed with a 0°/90° lay-up showed up to 35 % lower surface resistivity than those with a uniform 0° lay-up. 5. A pronounced thermoresistive effect was discovered: raising the temperature from 20 °C to 90 °C increased surface resistivity by 8–10 % and volume resistivity by 12–15 %. The rate of change is 0.03–0.06 Ω·m /°C for TPU composites and 0.07–0.09 Ω·m /°C for PETG composites. 6. Concepts for tuning electrical, EM-absorbing, and mechanical properties by varying infill density and internal architecture were advanced; a honeycomb with ~5 % linear infill reduced reflected EM radiation by 43 dB at 10 GHz.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Федорів Т., Слєпцов О. Дослідження адитивного виробництва електропровідних полімерних композитів. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2025. № 351(3). С. 520-527. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-351-67
- 2. Ящук Є. С., Сова Н. В., Слєпцов О. О., Федорів Т. Р. Осауленко С. І. Повторна переробка співполімеру поліетилентерефталату в процесі адитивного виробництва. Технології та інжиніринг. 2022. № 5 (10). С. 80-87. DOI: https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.5.8
- 3. Свістільнік Р. Ф., Федорів Т. Р. Вплив полімерних матриць на електричні властивості композитних покриттів. Технології та інжиніринг. 2023. № 5 (16). С. 115-122. DOI: https://doi.org/10.30857/2786-5371.2023.5.10.
- 4. Свістільнік Р. Ф., Федорів Т. Р., Савченко Б. М., Осауленко С. І. Розробка технології електропровідних гібридних композиційних покриттів. Технології та інжиніринг. 2022. № 4. С. 60-70. DOI: https://doi.org/10.30857/2786-5371.2022.4.5
- 5. Savchuk A., Fedoriv T. Determination of the influence of the thermostabilizer content on the cyclic processing of polyvinyl chloride. Technology Audit and Production Reserves. 2025. № 1 (81). P. 34–40. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.322887.

- 6. Савчук А. П., Федорів Т. Р. Дослідження процесів циклічної переробки ПВХ композитів. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2025. № 1 (287). С. 77-82. DOI: https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-287-1-77-82.
- 7. Савченко Б. М., Сова Н. В., Федорів Т. Р., Слєпченко Р. Ю. Адитивні технології виробництва електропровідних полімерних композитів. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС- 2023) : тези доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції (м. Чернігів, 25–26 травня 2023 р.) : у 2 т. Т. 1. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2023. С. 339. URL: http://ir.stu.cn.ua/123456789/28061
- 8. Свістільнік Р. Ф., Савченко Б. М., Федорів Т. Р. Створення полімерних гібридних струмопровідних покриттів. Хімія та сучасні технології : тези доповідей X Ювілейної Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених (23-24 листопада 2021 р.) : у 6 томах. Т. 2. Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2021. С. 137-138. URL: https://udhtu.edu.ua/studentskinaukovizahodu
- 9. Савченко Б. М., Свістільнік Р. Ф., Федорів Т. Р. Електропровідні композитні покриття. Отримання та властивості. Композиційні матеріали : зб. матеріалів XII Міжнародної науково-практичної WEB-конференції (квітень 2023 р.) / укладач: Л. І. Мельник. Львів-Торунь : Liha-Pres, 2023. С 85-89. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/50ea43ff-083a-4681-b180-55b3291d4a5e/content
- 10. Свістільнік Р. Ф., Федорів Т. Р., Слєпцов О. О. Вплив полімерної основи на електричні властивості захисних покриттів. Освіта для сталого майбутнього: екологічні, технологічні, економічні і соціокультурні питання : колективна монографія за матеріалами Всеукраїнської наукової конференції, м. Київ, 18 жовтня 2023 року / за ред. В. П. Плаван, А. О. Касич, О. О. Бутенко. Київ : КНУТД, 2023. С. 158-161.
- 11. Svistilnik R. F., Fedoriv T. R., Limaz Ya. Ye. Application of carbon composite coatings for the creation of electromagnetic radiation reflection surfaces. Promising Materials and Processes in Applied Electrochemistry : 6th ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry., May 22th, 2024, P. 127-128.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0123U100731

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Савченко Богдан Михайлович

2. Bohdan M. Savchenko

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.17.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-8636-5734

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет технологій та дизайну

Код за ЄДРПОУ: 02070890

Місцезнаходження: вул. Мала Шияновська, буд. 2, Київ, 01011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Левицький Володимир Євстахович
2. Volodymur Levytskii

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.17.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-1323-1943

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сокольський Олександр Леонідович
2. Oleksandr Sokolskyi

Кваліфікація: д. ю. н., професор, 05.05.13

Ідентифікатор ORCHID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Березненко Наталія Михайлівна

2. Nataliia Bereznenko

Кваліфікація: к.т.н., професор, 05.17.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-4589-3829

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Плаван Вікторія Петрівна

2. Viktoriia P. Plavan

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.18.18

Ідентифікатор ORCHID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет технологій та дизайну

Код за ЄДРПОУ: 02070890

Місцезнаходження: вул. Мала Шияновська, буд. 2, Київ, 01011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Хоменко Володимир Григорович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Хоменко Володимир Григорович

Відповідальний за підготовку облікових документів Букорос Тетяна

Реєстратор УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Тетяна Анатоліївна