Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U002194

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-06-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кечур Дмитро Ігорович
2. Kechur Dmytro I.

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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: 05-08-2025

Спеціальність за освітою: 133 Галузеве машинобудування

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 9557

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 61.61.29, 61.61.99

Тема дисертації:

1. Основи технологій одержання полілактидних композитів і виробів з них 3Д друком
2. Fundamentals of the Technology for Producing Polylactide Composites and 3D-Printed Products Based on Them

Реферат:

1. Дисертаційну роботу присвячено розробленню основ технологій одержання нових полілактидних композитів, які відзначаються підвищеною технологічною сумісністю компонентів і експлуатаційними властивостями, а також виготовлення філаменту для використання в FDM 3Д друці. Інтенсивний розвиток FDM 3D друку зумовлює потребу в удосконаленні полімерних матеріалів. Полілактид вирізняється екологічністю, низькою температурою плавлення, малою усадкою, але має низьку теплостійкість, крихкість та обмежені фізико-механічні властивості. Перспективним є створення композитів на його основі з додаванням крохмалю, CaCOп, епоксидованої соєвої олії, а також формування комбінованих структур з заповненням модифікованими термореактивними смолами. Розроблено фізико-хімічні і технологічні засади одержання модифікованих полілактид-крохмальних композитів та філаментів на їхній основі для використання в FDM 3Д друці. На підставі виявленого впливу крохмалю і ЕСО на закономірності модифікування і властивості полілактидних матеріалів обґрунтовано умови та раціональні технологічні параметри процесу виготовлення полілактидних крохмальвмісних матеріалів. Обгрунтовано використання

крохмалю та епоксидованої соєвої оливи (ЕСО) як технологічно сумісних модифікаторів полілактидних матеріалів під час фізичного суміщення у набряклому та в'язкотекучому стані. На підставі фізико-хімічних досліджень виявлено доцільність попереднього суміщення крохмалю з ЕСО з подальшим фізичним модифікуванням ними полілактиду за вмісту компонентів: крохмаль - до 25% мас., ЕСО - до 15% мас. Виявлено, що розроблені полілактидні композити відзначаються покращеними технологічними властивостями. Відзначено збільшення ПТР до 50-60 г/10хв завдяки пластифікувальному впливу ЕСО за вмісту 10-15% мас, зменшення в'язкості розтопу, а також зниження енергії активації течії завдяки впливу крохмалю, що сприяє підвищенню технологічності під час переробки у в'язкотекучому стані екструзією та FDM друком. Встановлено, що використання як модифікаторів полілактидних матеріалів гідрофільного крохмалю та гідрофобної ЕСО забезпечує стабільні у часі надмолекулярні структурні утворення полілактиду і крохмалю внаслідок перерозподілу міжмолекулярних взаємодій у досліджуваній системі за безпосередньої участі молекул ЕСО та стабільні фізико-хімічні і експлуатаційні характеристики цих матеріалів і виробів на їх основі під час тривалого використання. Поєднання у розроблених виробах термопластичної полілактидної та термореактивної епоксидної або поліуретанової складової дає можливість сформувати унікальну гібридну структуру, що об'єднує високі фізико-механічні та теплофізичні характеристики, властиві термореактивним матеріалам та технологічністю під час переробки термопластичною складовою, а також переваги 3Д друку. Модифіковані крохмалем та ЕСО полілактидні композити з гідрофобізованим кальцію карбонатом відзначаються підвищеними поверхневою твердістю до ≈ 15%, границею високоеластичності до 35%, коефіцієнтом структури до 50-55%, а також теплостійкістю на ≈70□. Обгрунтовано використання полілактилних крохмальвмісних композитів як філаментів для FDM 3Д друку для виготовлення виробів конкретного призначення. Розроблено основи технологій одержання комбінованих 3Д друкованих полілактидних виробів з термореактивним модифікованим заповнювачем, розроблена принципова технологічна схема виробництва та обгрунтовані технологічні параметри, зокрема процесу заповнення ПЛА матриці термореактивним епоксидним та поліуретановим зв'язним та умови їх структурування. Одержані комбіновані композити на основі модифікованої ПЛА матриці та термореактивного заповнювача відзначаються зменшеною масою порівняно з суцільно наповненими 3Д виробами на 10-15%, покращеними фізико-механічними властивостями, зокрема підвищеною твердістю (15-30%), міцністю під час згинання та розтягування залежно від природи термореактивного зв`язного і кількості модифікатора у заповнювачі, площини прикладеного навантаження, особливостей патерна (структури заповнення) та щільності заповнення.

2. The PhD thesis is devoted to the development of the foundamentals of technologies for the fabrication of new polylactide composites, that are characterized by increased technological compatibility of components and operational properties, as well as the manufacture of filament for use in FDM 3D printing. The rapid advancement of FDM 3D printing technologies necessitates the improvement of polymer materials. Polylactide is distinguished by its environmental friendliness, low melting temperature, and minimal shrinkage; however, it exhibits low thermal resistance, brittleness, and limited physical and mechanical properties. A promising approach involves the development of composites based on PLA through the incorporation of starch, CaCO□, and epoxidized soybean oil, as well as the formation of combined structures filled with modified thermosetting resins. The physicochemical and technological principles for obtaining modified polylactide-starch composites and filaments based on them for use in FDM 3D printing have been developed. Based on the identified influence of starch and epoxidized soybean oil (ESO) on the modification patterns and properties of polylactide materials, the conditions and rational technological parameters for producing starch-containing polylactide materials have been substantiated. The use of starch and ESO as technologically compatible modifiers for polylactide materials during physical blending in the swollen and viscous-flow state has been justified. Physicochemical studies have demonstrated the feasibility of pre-blending starch with ESO, followed by physical modification of polylactide with this mixture at component contents of up to 25 wt% for starch and up to 15 wt% for ESO. It has been found that the developed polylactide composites exhibit improved processing properties. An increase in the melt flow rate (MFR) to 50–60 g/10 min was observed due to the plasticizing effect of ESO at a content of 10–15 wt%, along with a decrease in melt

viscosity and a reduction in the flow activation energy as a result of starch incorporation. These effects contribute to enhanced processability in the viscous-flow state during extrusion and FDM printing. It was established that the use of hydrophilic starch and hydrophobic ESO as modifiers of polylactide materials ensures the formation of stable supramolecular structures of polylactide and starch over time. This stability arises from the redistribution of intermolecular interactions within the system, with the direct involvement of ESO molecules, resulting in long-term stability of the physicochemical and performance characteristics of both the materials and the products derived from them. The combination of a thermoplastic polylactide component with a thermosetting epoxy or polyurethane component in the developed products enables the formation of a unique hybrid structure. This structure integrates the high physical-mechanical and thermophysical properties typical of thermosetting materials with the processability of the thermoplastic phase, as well as the advantages of 3D printing technologies. Polylactide composites modified with starch and ESO, incorporating hydrophobized calcium carbonate, exhibit enhanced surface hardness (by approximately 15%), increased elastic limit (up to 35%), structural coefficient (up to 50–55%), and heat resistance of approximately 70п°C. The feasibility of using starch-containing polylactide composites as filaments for FDM 3D printing to manufacture application-specific products has been substantiated. The fundamentals of technologies for producing combined 3D-printed polylactide products with a thermosetting modified filler have been developed. A basic technological scheme of the manufacturing process has been designed, and key processing parameters have been substantiated—particularly those related to the filling of the PLA matrix with thermosetting epoxy and polyurethane binders, as well as the conditions for their structuring. The resulting combined composites, based on a modified PLA matrix and thermosetting filler, are characterized by a 10–15% reduction in weight compared to fully filled 3D-printed products, along with improved physical and mechanical properties. Notably, these include increased hardness (by 15–30%), enhanced flexural and tensile strength, depending on the nature of the thermosetting binder, the amount of modifier in the filler, the plane of applied load, the pattern characteristics (filling structure), and the filling density.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Masiuk A. S., Levytskyi V. Y., Kulish B.I., Kechur D. I., Humenetskyi T. V., Bilyi L. M. Physicomechanical and Thermophysical Characteristics of Starch-Containing Polyactide Materials for 3D Printing. Material Science. 2023. Vol. 58. P. 554–559. doi.org/10.1007/s11003-023-00698-y
- Levytskyi V. Y., Masyuk A. S., Katruk D. S., Boyko M. V., Kechur D. I. Technological features of obtaining polylactide extrusion products. Chemistry, Technology and Application of Substances. 2021. Vol. 4, № 2. P. 179–187. doi.org/10.23939/ctas2021.02.179
- Масюк А. С., Левицький В. Є., Кечур Д. І., Куліш Б. І., Катрук Д. С. Вплив кальцію карбонату на експлуатаційні властивості полілактидних композитів. Chemistry, Technology and Application of Substances. 2022. Vol. 5, № 1. P. 180–185. doi.org/10.23939/ctas2022.01.180
- Кечур Д. І., Масюк А. С., Левицький В. Є., Кисіль Д. Б., Чопик Н. В. Технологічні особливості одержання крохмальвмісних полілактидних матеріалів для 3D друку. Chemistry, Technology and Application of Substances. 2023. Vol. 6, № 2. P. 150–154. doi.org/10.23939/ctas2023.02.150
- Katruk D. S., Masyuk A. S., Krasinskyi V. V., Laruk Y., Levytskyi V. Y., Kechur D. I. The influence of various nature additions on the properties of epoxy resin EPOSIR F740. Chemistry, Technology and Application of Substances. 2024. Vol. 7, № 2. P. 206–212. doi.org/10.23939/ctas2024.02.206

- Кечур Д. І., Масюк А. С., Катрук Д. С., Куліш-Пеленська Б. І., Левицький В. Є. Особливості структури і властивостей композитів на основі полілактидних 3Д матриць і поліуретану. Chemistry, Technology and Application of Substances.2024. Vol. 7, № 2. P. 213–218. doi.org/10.23939/ctas2024.02.213
- Левицький В. Є., Масюк А. С., Кечур Д. І, Куліш Б. І., Тараненко. Б. П. Особливості переробки полілактидних композитів з використанням в 3D друці. Огляд. Chemistry, Technology and Application of Substances. 2022. Vol 5, № 1. P. 147–159. doi.org/10.23939/ctas2022.01.147
- Masyuk A., Kulish B., Kysil K., Levytskyi V., Katruk D., Kechur D. Features of technology, morphology and properties of heat-resistant polylactide composites. Technological and design aspects of the processing of composites and nanocomposites.: Collective Monograph. Kosice : Technical University of Kosice, 2021. Vol. 4. P. 259–279
- Спосіб одержання модифікованого полілактидного матеріалу для 3D-друку : пат. UA158730 Україна, МПК C08L67/04, B33Y70/00, C08L3/02 / Левицький В. Є., Масюк А. С., Катрук Д. С., Кечур Д. І. ; заявл. 14.08.2024 ; опубл. 12.03.2025. Бюл. 11. https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1845706/
- Кечур Д. І., Куліш Б. І. , Сережко Є., Масюк А. С., Левицький В. Є. Крохмальвмісні полілактидні матеріали для 3D друку. XI Міжнародна науково-технічна конференція «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості»: матеріали конференції, 16–20 травня 2022 р. м. Львів : 2022. – С. 324.
- Kechur D. I., Kulish B. I., Masyuk A. S., Levytskyi V. Y. Polymer silicate fillers as modifiers of the properties of thermoplastic and thermoset materials. XV Українська конференція з високомолекулярних сполук з міжнародною участю : матеріали конференції (25–27 жовтня 2022 року). – 2022. – С. 132–133.
- Кечур Д. І., Масюк А. С., Левицький Б. В. Одержання та використання в 3Д друці полілактидних композитів наповнених крохмалем та тальком. Modern achievements in food, organic and polymer chemistry : book of abstract of the international scientific conference, dedicated to the brigth memory of professor Stanislav Voronov, Lviv, October 24–26, 2023. – 2023. – С. 58.
- Кечур Д. І., Катрук Д. С., Масюк А. С.. Особливості одержання 3д виробів на основі полілактиду та смол різної природи. XII Міжнародна науково-практична конференція “Modern problems of science, education and society”, 5-7.02.2024, Київ, Україна. - С. 215-218
- Masyuk A., Kulish B., Kechur D., Levytskyi V. Polylactide composites with calciumcontaining fillers. Nanomaterials: applications & properties : book of abstracts of the 2024 IEEE 14th International conference, Riga, Latvia, September 8–13, 2024. – 2024. – P. 11.
- Кечур Д. І., Кисіль Д. Б., Левицький Б. В., Масюк А. С. Комбіновані композити на основі полілактидних FDM 3Д матриць . Перспективні полімерні матеріали та технології : збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції, Львів, 24–26 вересня 2024 р. – 2024. – С. 39–40.
- Кечур Д. І., Масюк А. С., Левицький В. Є. Методи одержання і властивості полілактидних крохмальвмісних композитів. Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості : матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції, Львів, 20–24 травня 2024 р. – 2024. – С. 195–196.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; економія матеріалів; підвищення продуктивності праці

Охоронні документи на ОПІВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

UA158730

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: № 0122U000953, № 0124U000827

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Левицький Володимир Євстахович

2. Volodymyr Levytskyi

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

Ідентифікатор ORCID 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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Савченко Богдан Михайлович

2. Bohdan Savchenko

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

Ідентифікатор ORCID 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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лебедєв Володимир Володимирович

2. Volodymyr Lebedev

Кваліфікація: д.т.н., доц., 05.17.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6934-2349

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гриценко Олександр Миколайович
2. Oleksandr Grytsenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8578-4657

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Семенюк Наталія Богданівна
2. Natalia Semenyuk

Кваліфікація: к.т.н., старший науковий співробітник, 05.17.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1112-8486

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:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Скорохода Володимир Йосипович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Скорохода Володимир Йосипович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Кечур Дмитро Ігорович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна