

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0225U004648

Державний реєстраційний номер: 0124U003362

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-12-2025

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 2

Назва етапу: Лазерна обробка удосконалених вуглепластиків. Формулювання узагальнень щодо експериментальних результатів та рекомендацій до впровадження змін у технологічні процеси

Початок етапу: 01.2025

Закінчення етапу: 12.2025

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації: Понад 250 співробітників

Телефон: 380442048274, 380442049200

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 01135, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR:

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - Договір (замовлення) з міністерством, іншим центральним органом виконавчої влади, академією наук (головним розпорядником бюджетних коштів на проведення ДіР)

Напрямок фінансування: 2.2 - Прикладні наукові дослідження і науково-технічні (експериментальні) розробки

Джерела фінансування

7713 - Кошти загального фонду державного бюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201380

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 199.000
--

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Дослідження взаємодії фемтосекундних лазерних імпульсів з армованими вуглецевим волокном конструкційними пластиками

Назва роботи англійською:

Study of the interaction of a femtosecond laser pulses with carbon fiber reinforced structural plastics

Реферат українською:

У звіті представлено результати комплексного дослідження, спрямованого на підвищення ефективності, керованості та якості фемтосекундної лазерної обробки вуглецевмісних пластиків (CFRP) шляхом поєднання оптимізації параметрів опромінення з цілеспрямованою модифікацією полімерної матриці NIR-абсорбуючими наповнювачами. Експериментальна частина включала створення референтних та модифікованих CFRP-систем із мідно- та кальційвмісними гідроксиапатитними добавками, а також проведення абляції на довжині хвилі 1030 нм із контрольованою флюенсністю, перекриттям імпульсів та режимами сканування. Кількісну оцінку виконано методом оптичної профілометрії та SEM/EDS, а також за допомогою FTIR, UV-VIS-NIR, XPS і XRD для підтвердження властивостей наповнювачів. Показано, що мідний гідроксифосфат є ефективним локальним поглиначем випромінювання: хоча в чистій епоксидній матриці він може знижувати абляційну ефективність, у CFRP ця добавка підвищує однорідність процесу, збільшує глибину проникнення та стабілізує видалення матриці. Встановлено раціональне робоче вікно: максимальна ефективність $\sim 6\text{--}7 \text{ мкм}^3/\text{мкДж}$ досягається при флюенсності $6\text{--}8 \text{ Дж/см}^2$ без надмірного теплового навантаження. Режими різання забезпечують низьку ширину термічно зміненої зони ($\sim 8 \text{ мкм}$) та шорсткість кромки $0,9\text{--}1,3 \text{ мкм}$. Апробація сканувальної головки з f-theta-лінзою підтвердила досяжну швидкість різання близько $0,7 \text{ мм/с}$ для зразків завтовшки 400 мкм , що підкреслює перспективність багатопрхідної абляції як технологічного маршруту для промислової імплементації. Отримані дані стали основою практичних рекомендацій щодо інтегрованого підходу «параметри лазера + рецептура матриці», спрямованого на підвищення точності, повторюваності та продуктивності процесів виготовлення армованих пластиків.

Реферат англійською:

The report presents the results of a comprehensive study on improving the efficiency, controllability, and quality of femtosecond laser processing of carbon-fiber-reinforced plastics (CFRP) through the combined optimisation of irradiation parameters and targeted modification of the polymer matrix with NIR-absorbing fillers. Experimental work involved fabricating reference and modified CFRP systems containing copper- and calcium-based hydroxyapatite additives, followed by femtosecond laser ablation at 1030 nm with controlled fluence, pulse overlap, and scanning strategies. Quantitative evaluation included optical profilometry of ablated volumes, SEM/EDS microstructural assessment, and physicochemical characterisation of fillers (FTIR, UV-VIS-NIR, XPS, XRD). The results demonstrate that copper hydroxyphosphate functions as an effective local absorber at 1030 nm: while it may reduce ablation efficiency in pure epoxy matrices, it significantly enhances ablation uniformity, penetration depth, and process stability in CFRP. A rational operating window was identified, with peak efficiency of $\sim 6\text{--}7 \text{ }\mu\text{m}^3/\mu\text{J}$ at $6\text{--}8 \text{ J/cm}^2$, ensuring high material-removal rates without excessive thermal load. Cutting trials confirmed low thermal-affected zones ($\sim 8 \text{ }\mu\text{m}$) and edge roughness of $0.9\text{--}1.3 \text{ }\mu\text{m}$, meeting applied technological requirements. Implementation of a galvo-scanner with an f-theta lens demonstrated effective cutting speeds of $\sim 0.7 \text{ mm/s}$ for $400\text{-}\mu\text{m}$ laminates, highlighting the technological potential of multi-pass ablation for industrial use. The findings form the basis for practical recommendations that integrate laser-parameter selection with matrix-formulation design, providing a pathway for improving precision, repeatability, and productivity in CFRP manufacturing.

Індекс УДК:621.9.048.7, 678.03:546.26; 677.4

Коди тематичних рубрик: 55.20.15.13, 61.67.33

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Миронюк Олексій Володимирович

Науковий ступінь: д. т. н.

Вчене звання: доц.

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0499-9491

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com/citations?user=HUmYB3kAAAAJ&hl=ru>

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Остаточний звіт про результати виконання науково-дослідної роботи "Дослідження взаємодії фемтосекундних лазерних імпульсів з армованими вуглецевим волокном конструкційними пластиками"

Назва НТП англійською: Final Report on the Results of the Research Project "Study of the Interaction of Femtosecond Laser Pulses with Carbon-Fiber-Reinforced Structural Plastics"

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Аналітичні матеріали

Галузь застосування: авіаційна промисловість, автомобільна промисловість, матеріалознавство

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Науково-технічна продукція представлена у вигляді завершеного «Остаточного звіту про результати науково-дослідної роботи "Дослідження взаємодії фемтосекундних лазерних імпульсів з армованими вуглецевим волокном конструкційними пластиками"». Звіт містить комплекс експериментальних, аналітичних та прикладних результатів, спрямованих на підвищення ефективності та керованості фемтосекундної лазерної обробки композитів на основі вуглецевого волокна та епоксидної матриці. У документі систематизовано дослідження впливу параметрів лазерного опромінення (флюєнсність, частота, перекриття імпульсів, режими сканування) та рецептурних змін полімерної матриці на продуктивність абляції, рівномірність видалення матеріалу та формування поверхневих текстур. Особливу увагу приділено використанню NIR-активних мідь- та кальційвмісних гідроксиапатитних наповнювачів як локальних поглиначів енергії, що дозволяють зменшити гетерогенність поглинання у композиті та стабілізувати процеси різання й текстурування. Наукова цінність продукції полягає у встановленні нових закономірностей взаємодії ультракоротких імпульсів з багатокомпонентними гетерогенними матеріалами, зокрема у визначенні ролі оптичних домішок у формуванні абляційного профілю та зсуві оптимальних робочих режимів. Вперше показано, що модифікація матриці може бути рівноцінним інструментом керування процесом поряд з оптимізацією параметрів лазера, що відкриває нові підходи до точного налаштування процесів мікрообробки. Практична цінність звіту полягає у формуванні рекомендацій для промислового використання лазерного різання CFRP, зокрема визначенні робочих «вікон» флюєнсу, способів підвищення однорідності абляції та методів масштабування продуктивності за допомогою галвосканерних систем. Результати можуть бути впроваджені підприємствами авіаційної, автомобільної та оборонної промисловості для зменшення дефектності, підвищення точності та прискорення виготовлення композитних деталей.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Збільшення обсягів виробництва, Зменшення зносу обладнання

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 01.2025

Закінчення етапу: 12.2025

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

ІХ. Бібліографічний опис

Baklan, D., Myronyuk, O., Bilousova, A., Vanagas, E. (2025). Study of the influence of laser radiation adsorbers on the ablation of carbon fiber-reinforced plastic by femtosecond laser pulses. Вісник Східноукраїнського Національного Університету Імені Володимира Даля, 5 (291), 59–63. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2025-291-5-59-63>

Šlevas, P., Minkevičius, J., Ulčinas, O., Orlov, S., Vanagas, E., Bilousova, A., Baklan, D., & Myronyuk, O. (2025). An Investigation of Carbon-Fiber-Reinforced Plastic Ablation by Femtosecond Laser Pulses for Further Material Cutting. Coatings, 15(1), 104. <https://doi.org/10.3390/coatings15010104>

Baklan, D., Myronyuk, O., Bilousova, A., Šlevas, P., Minkevičius, J., Ulčinas, O., Orlov, S., & Vanagas, E. (2025). Femtosecond Laser Ablation of Copper-Hydroxyphosphate-Modified CFRP. Materials, 18(21), 4879. <https://doi.org/10.3390/ma18214879>

Orlov, S., Slevas, P., Ulčinas, O., Minkevičius, J., Vanagas, E., Bilousova, A., Baklan, D., Myronyuk, O. (2025). The peculiarities of carbon fiber reinforced plastic processing by femtosecond laser pulses. Proceedings of SPIE - the International Society for Optical Engineering, 10. <https://doi.org/10.1117/12.3043366>

Baklan, D., Bilousova, A., Myronyuk, O., Vanagas, E. (2025). Evaluation of copperhydroxyapatite additive on femtosecond laser ablation of carbon fiber reinforced plastics. XIV Міжнародна науково-практична WEB-конференція Композиційні матеріали, 2025, 98-104. <https://doi.org/10.20535/iwccmm2025327080>

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Стіренко Сергій Григорович
д. т. н., професор

Перелік осіб-виконавців

Баклан Денис Віталійович
(д.філософ, 161)

Білоусова Анна Олегівна
(161)

Васильєв Георгій Степанович
(д. т. н., професор, 05.17.14)

Воробйова Вікторія Іванівна
(д.т.н., професор, 05.17.14)

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Савич Олена Володимирівна

Телефон

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна