

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001187

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 25-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Котик Михайло Михайлович

2. Mykhailo M. Kotyk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0005-8255-481X

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:

Спеціальність за освітою: Хімічна технологія та інженерія

Місце роботи здобувача: 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

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 13010

Повне найменування юридичної 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

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

Повне найменування юридичної 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

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 61.13.27.11, 61.31.59

Тема дисертації:

1. Високоточне локальне електроосадження міді для електрохімічного 3D-друку
2. High-precision local electrodeposition of copper for electrochemical 3D-printing

Реферат:

1. Дисертаційну роботу присвячено дослідженню та розробці науково обґрунтованих підходів до керування процесами електрохімічного адитивного виробництва металів, зокрема локального електроосадження міді в умовах обмеженого об'єму електроліту. Актуальність теми зумовлена стрімким розвитком адитивних технологій, які відкривають нові можливості для виготовлення складних виробів із високою точністю та мінімальними витратами матеріалу. Попри значний прогрес у сфері 3D-друку, виготовлення металевих виробів традиційними адитивними методами, такими як лазерне або електронно-променево плавлення, залишається енергоємним і технологічно складним процесом. У цьому контексті електрохімічний 3D-друк (ЕСАМ) розглядається як перспективна альтернатива, оскільки дозволяє здійснювати формування металів за кімнатної температури без їх плавлення, що суттєво знижує енергетичні витрати та усуває низку недоліків термічних методів. Метою роботи є встановлення взаємозв'язків між електрохімічними, геометричними та

кінематичними параметрами процесу локального електроосадження і властивостями отриманих металевих структур, а також розробка ефективної методології керування цими процесами. Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні комплексного підходу до моделювання процесів локального електроосадження та їх експериментальної верифікації. Зокрема, вперше за допомогою комп'ютерного моделювання визначено параметри, які забезпечують локалізацію осадження міді в межах капіляра на рівні до 85 %. Встановлено граничні значення відстані між капіляром і катодом, електропровідності електроліту та нахилу катодної поляризаційної кривої, що забезпечують стабільність процесу. Експериментальні дослідження структури матеріалу показали, що мідь, отримана методом електрохімічного 3D-друку, має більший розмір кристалітів порівняно з гальванічною, що обумовлено імпульсним характером осадження. Виявлено також зміну переважної кристаліграфічної орієнтації, що свідчить про специфіку формування структури в умовах локального електроосадження. Дослідження фізико-механічних властивостей показали, що мікротвердість, модуль Юнга та пластичні характеристики локально осадженої міді є близькими до відповідних показників гальванічної міді, при цьому її мікротвердість значно перевищує показники металургійного аналога. Встановлено також підвищену корозійну стійкість електрохімічно осадженої міді, що підтверджує її перспективність для практичного застосування. Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів для створення та оптимізації систем електрохімічного 3D-друку. Зокрема, підібрано оптимальний склад сульфатного електроліту міднення, який забезпечує високу локалізацію процесу осадження (понад 95 %) та стабільні електрохімічні характеристики. Результати досліджень доводять, що електрохімічний 3D-друк є ефективною альтернативою традиційним методам адитивного виробництва металів, оскільки поєднує високу точність, низьку енергоємність та можливість формування матеріалів із заданими властивостями. Розроблені підходи можуть бути використані у виробництві мікроелектроніки, сенсорних систем, біомедичних пристроїв та інших високотехнологічних галузях. Таким чином, дисертаційна робота робить вагомий внесок у розвиток низькотемпературних адитивних технологій і створює наукову основу для подальшого впровадження електрохімічного 3D-друку в промисловість.

2. The dissertation is devoted to the study and development of scientifically grounded approaches to controlling the processes of electrochemical additive manufacturing of metals, in particular the local electrodeposition of copper under conditions of a limited electrolyte volume. The relevance of the topic is обусловлена the rapid development of additive technologies, which open up new opportunities for manufacturing complex products with high precision and minimal material consumption. Despite significant progress in the field of 3D printing, the fabrication of metal products using traditional additive methods, such as laser or electron beam melting, remains energy-intensive and technologically complex. In this context, electrochemical 3D printing (ECAM) is considered a promising alternative, as it enables metal formation at room temperature without melting, significantly reducing energy consumption and eliminating a number of drawbacks inherent in thermal methods. The aim of this work is to establish relationships between the electrochemical, geometric, and kinematic parameters of the local electrodeposition process and the properties of the resulting metallic structures, as well as to develop an effective methodology for controlling these processes. The scientific novelty of the obtained results lies in the development of a comprehensive approach to modeling local electrodeposition processes and their experimental verification. In particular, for the first time, computer modeling was used to determine the parameters that ensure localization of copper deposition within the capillary area at a level of up to 85%. The limiting values of the distance between the capillary and the cathode, electrolyte conductivity, and the slope of the cathodic polarization curve that ensure process stability were established. Experimental studies of the material structure showed that copper obtained by electrochemical 3D printing has larger crystallites compared to electroplated copper, which is обусловлено the pulsed nature of the deposition process. A change in the preferred crystallographic orientation was also identified, indicating specific features of structure formation under local electrodeposition conditions. Studies of physical and mechanical properties demonstrated that the microhardness, Young's modulus, and plasticity characteristics of locally deposited copper are close to those of electroplated copper, while its microhardness significantly exceeds that of metallurgical copper. Increased corrosion resistance of electrochemically deposited copper was

also established, confirming its potential for practical applications. The practical significance of the work lies in the possibility of using the obtained results for the design and optimization of electrochemical 3D printing systems. In particular, an optimal composition of a sulfate copper plating electrolyte was selected, ensuring a high localization of the deposition process (over 95%) and stable electrochemical characteristics. The research results demonstrate that electrochemical 3D printing is an effective alternative to traditional metal additive manufacturing methods, as it combines high precision, low energy consumption, and the ability to form materials with tailored properties. The developed approaches can be applied in microelectronics, sensor systems, biomedical devices, and other high-tech industries. Thus, the dissertation makes a significant contribution to the development of low-temperature additive technologies and provides a scientific basis for the further implementation of electrochemical 3D printing in industry.

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: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- Васильєв Г., Котик М. (2023) Аналіз впливу умов локального електроосадження на точність електрохімічного 3D-друку. Наукові вісті КПП. – 2023. – №1-2.
- Vasyliiev, G., Vorobyova, V., Ushchapovskiy, D., Kotyk, M., & Linyucheva, O. (2023). Influence of polarization curve slope on the accuracy of local copper electrodeposition from sulphate electrolyte: Original scientific paper. Journal of Electrochemical Science and Engineering
- Ushchapovskiy, D., Babchuk, R., Kotyk, M., Vorobyova, V., & Vasyliiev, G. (2024). Electrochemical additive manufacturing of copper parts: printed material properties vs. traditionally deposited. Journal of Solid State Electrochemistry, 29(4), 1499–1507
- Котик М., Ущачповський Д., Воробйова В., Васильєв Г. Визначення оптимальних параметрів локального електроосадження міді в середовищі COMSOL MULTIPHYSICS. Збірка тез доповідей Міжнародна конференція з хімії, хімічної технології та екології, присвяченій 125-річчю КПП ім. Ігоря Сікорського. – Київ, 26-29 вересня 2023 р. – С. 286-287
- Kotyk M.M., Ushchapovskyi D.Yu., Vorobyova V.I.Vasyliiev G.S. Mechanical and corrosion properties of electrochemically printed copper parts 6th ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry «Promising Materials and Processes in Applied Electrochemistry» (May 22, 2024, Kyiv). – P. 152-155.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0125U000705 0122U0001423

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Васильєв Георгій Степанович
2. Heorhii S. Vasyliiev

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.17.14**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4056-5551**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної 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**VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів****Офіційні опоненти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Поліщук Юлія Валеріївна
2. Yuliia V. Polishchuk

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.17.03**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1552-4117**Додаткова інформація:** [https://www.researchgate.net/profile/Yuliya-Polishchuk-2;](https://www.researchgate.net/profile/Yuliya-Polishchuk-2)
[https://scholar.google.ru/citations?hl=uk&user=zM5iRtQAAAAJ;](https://scholar.google.ru/citations?hl=uk&user=zM5iRtQAAAAJ)
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57195860696>**Повне найменування юридичної особи:** Український державний університет науки і технологій**Код за ЄДРПОУ:** 44165850**Місцезнаходження:** вул. Лазаряна, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна**Форма власності:****Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Штефан Вікторія Володимирівна
2. Viktoriia V. Shtefan

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.17.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0631-8717

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, 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. Бик Михайло Володимирович

2. Mykhailo V. Byk

Кваліфікація: к.х.н., доц., 02.00.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0322-167X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної 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

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Погребова Інна Сергіївна

2. Inna S. Pogrebova

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.17.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4247-3968

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної 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

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Миронюк Олексій Володимирович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Миронюк Олексій Володимирович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Котик Михайло Михайлович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна