

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0225U001576

Державний реєстраційний номер: 0123U101858

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-02-2025

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 2

Назва етапу: Вибір оптимального компонентного складу шихти порошкових стрічок системи легування та розроблення засобів і методів для визначення зносотривких покриттів за різних видів абразивного зношування

Початок етапу: 01.2024

Закінчення етапу: 12.2024

Вид звітного документа: Проміжний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, буд. 15, м. Івано-Франківськ, Івано-Франківська обл., 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380342547266, 380342547139

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, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 941.000
--

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Розроблення матеріалів для нанесення зносоударотривких покриттів системи «високомарганцева сталь – тугоплавкі сполуки» електродуговим наплавленням

Назва роботи англійською:

Development of the electric arc hardfacing materials of the «high-manganese steel – refractory compounds» system

Реферат українською:

У ході виконання звітнього етапу було розроблено нові матеріали для наплавлення зносотривких покриттів, які базуються на високомарганцевій сталі, легованій тугоплавкими сполуками. В межах роботи проведено моделювання фізико-хімічних властивостей матеріалів із використанням методів теорії функціоналу густини (DFT), що дозволило визначити вплив легуючих елементів на фазовий склад, стабільність і механічні характеристики покриттів. Основну увагу було приділено боридним і карбідним фазам, здатним значно підвищити твердість та зносотривкість покриттів. Розроблено нові порошкові електродні матеріали зі складу 360Г15М6Б6Т3С3Ф та 70М24Г13Р3, які забезпечують високу твердість, тріщиностійкість і здатність до роботи у складних умовах. Визначено оптимальні технологічні параметри наплавлення, що дозволяють отримати покриття з аустенітно-карбідною та аустенітно-боридною структурами. Було проведено експериментальні дослідження мікроструктури наплавлених шарів за допомогою сканувальної електронної мікроскопії (SEM) та енергетично-дисперсійної спектроскопії (EDS). Проведено аналіз термодинамічних властивостей системи та впливу легуючих компонентів на формування фазового складу. Оцінено зносотривкість покриттів за кількома методиками, зокрема ударно-абразивним зношуванням, тертям у середовищі кварцевого піску та тестами на мікрорізання за допомогою склерометра. Результати підтвердили високу ефективність матеріалів, що дає можливість їх використання для захисту деталей від зношування при значних навантаженнях. Розроблені технології впроваджено на підприємствах для відновлення та зміцнення робочих поверхонь деталей машин, бронепластин та інших виробів. Розраховані параметри покриттів дозволяють їх адаптацію до широкого спектра промислових умов експлуатації. Напрацювання є важливим внеском у розвиток матеріалознавства зносотривких покриттів, орієнтованих на тривалу роботу у важких умовах.

Реферат англійською:

During this reporting stage, new materials for wear-resistant coatings based on high-manganese steel alloyed with refractory compounds were developed. The research included modeling the physical and chemical properties of materials using Density Functional Theory (DFT) methods, which allowed determining the influence of alloying elements on phase composition, stability, and mechanical properties of the coatings. Particular attention was given to boride and carbide phases capable of significantly enhancing hardness and wear resistance. New powder electrode materials with compositions 360Г15М6Б6Т3С3Ф and 70М24Г13Р3 were designed, providing high hardness, fracture toughness, and suitability for operation under extreme conditions. Optimal surfacing parameters were identified to achieve coatings with austenitic-carbide and austenitic-boride structures. Experimental studies of the microstructure of the deposited layers were conducted using scanning electron microscopy (SEM) and energy-dispersive spectroscopy (EDS). The thermodynamic properties of the system and the influence of alloying components on phase formation were analyzed. Wear resistance was evaluated through several methodologies, including impact-abrasive wear, sliding in a quartz sand environment, and scratch hardness tests using a sclerometer. The results demonstrated the high efficiency of the developed materials, ensuring their application for protecting components under heavy loads. The developed technologies have been implemented in industrial enterprises for restoring and strengthening working surfaces of machinery parts, armor plates, and other products. The calculated parameters of the coatings allow their adaptation to a wide range of

industrial operating conditions. These developments represent a significant contribution to the advancement of high-strength coating materials designed for long-term operation in demanding environments.

Індекс УДК: 669.14.018.29:669.11;669.14.018.9:669.11, 621.791.92, 621.791.92

Коди тематичних рубрик: 53.49.13.05, 81.35.27, 81.35.27.05

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Присяжнюк Павло Миколайович

Науковий ступінь: к. т. н.

Вчене звання: доц.

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

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

Назва НТП українською: Розроблення матеріалів для нанесення зносоударотривких покриттів системи «високомарганцева сталь – тугоплавкі сполуки» електродуговим наплавленням

Назва НТП англійською: Development of the electric arc hardfacing materials of the «high-manganese steel – refractory compounds» system

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Матеріали, Методи, теорії, Нормативні документи

Галузь застосування: машинобудівна, нафтогазова, освітня

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Удосконалення методики визначення зносотривкості за умов абразивного зношування при терті по незакріпленому абразиву; Розроблення конструкції установки для ударно-абразивного зношування зразків із наплавленими покриттями; Виготовлення установки для випробувань наплавлених покриттів за умов ударно-абразивного зношування; Створення 3D фотограмметричних моделей нових та зношених типових деталей, що працюють за умов ударно-абразивного зношування; Розроблення конструкції лабораторного склерометру для скретч тестів зразків із наплавленими покриттями із використанням алмазних інденторів. Виготовлення пристрою та методики для склерометричних досліджень наплавлених покриттів із композиційною гетерофазовою структурою. Виготовлення зрізків дослідних матеріалів для наплавлення у вигляді порошкових електродів та стрічок. Встановлення взаємозв'язку між теоретично визначеними фізико-механічними характеристиками, фазовим складом, параметрів мікроструктури, властивостями вимірюваними методом склерометрії та зносотривкістю за умов ударно-абразивного та інших видів зношування. Вибір оптимального елементного складу сплавів для наплавлення на основі результатів аналізу зносотривкості за різних видів зношування. Складання програми і методики проведення стендових та попередніх промислових випробовувань деталей, зміцнених наплавленими покриттями. Розроблення заходів для зменшення екологічного сліду від використання розроблених покриттів та впливу електромагнітного випромінювання під час виконання операцій наплавлення порошковими стрічками, а також розроблення конструкції обладнання для очищення повітря на основі циклон-фільтра.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Економія енергоресурсів, Економія матеріалів, Зменшення зносу обладнання, Підвищення продуктивності праці

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 01.2024

Закінчення етапу: 12.2024

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

[1] "TDB7." [Online]. Available: <https://1drv.ms/u/s!Arqi7CR6KDdFgfJF8W9XAjg2-H3RBA?e=mLDAbP>

[2] Ю. В. Медвідь, В. С. Витвицький, Б. Р. Шуляр, В. І. Гавкалюк, and П. М. Присяжнюк, "Розроблення нових армівних фаз на основі потрійних боридів $\text{Mo}_2\text{Fe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{B}_2$ для зміцнення робочих поверхонь нафтогазового обладнання шляхом АВ INITIO моделювання," Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, no. 2(57), p. (в друці), Dec. 2024.

[3] P. Prysyazhnyuk, M. Bembenek, I. Drach, A. Korzhov, L. Romanyshyn, and L. Ropyak, "Restoration of the Impact Crusher Rotor Using FCAW with High-Manganese Steel Reinforced by Complex Carbides," *Management Systems in Production Engineering*, vol. 32, no. 2, pp. 294–302, 2024, doi: doi:10.2478/mspe-2024-0028.

[4] M. Panchuk, M. Szkodo, L. Shlapak, V. Sheketa, P. Prysyazhnyuk, and A. Stanisławska, "Manufacturing techniques of elastomeric nanocellulose composites," in *Elastomeric Nanocellulose Composites*, Elsevier, 2024, pp. 117–140. doi: 10.1016/b978-0-443-18608-0.00024-3.

[5] Т. Л. Романишин, П. М. Присяжнюк, Л. І. Романишин, and Т. П. Венгриянюк, "Дослідження впливу експлуатаційних чинників на ефективність роботи магнітних ловильних пристроїв," *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*, no. 1(56), pp. 15–23, Jun. 2024, doi: 10.31471/1993-9965-2024-1(56)-25-33.

[6] І. О. Шуляр, В. В. Кустов, Б. Р. Шуляр, Ю. Я. Присяжнюк, А. О. Молчанов, and Д. І. Бургарт, "Вплив технологічних факторів на міцність зчеплення газотермічних покриттів з основою," *Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas*, no. 2(55), pp. 16–24, Dec. 2023, doi: 10.31471/1993-9965-2023-2(55)-16-24.

[7] I. Shatskyi, M. Makoviichuk, and L. Ropyak, "Plane deformation of contrast layered coating under local load," *Procedia Structural Integrity*, vol. 59, pp. 407–412, 2024, doi: 10.1016/j.prostr.2024.04.058.

[8] I. Shatskyi and V. Perepichka, "Shock Torsion Wave in an Elastic Rod with Decreasing Function of Viscoplastic External Friction," in *Perspectives in Dynamical Systems II – Numerical and Analytical Approaches*, Springer International Publishing, 2024, pp. 585–592. doi: 10.1007/978-3-031-56496-3_37.

[9] T. Mandziy et al., "Evaluation of the Degree of Degradation of Brake Pad Friction Surfaces Using Image Processing," *Lubricants*, vol. 12, no. 5, p. 172, May 2024, doi: 10.3390/lubricants12050172.

[10] V. Lozynskyi et al., "Effect of Exothermic Additions in Core Filler on Arc Stability and Microstructure during Self-Shielded, Flux-Cored Arc Welding," *Crystals*, vol. 14, no. 4, p. 335, Mar. 2024, doi: 10.3390/cryst14040335.

[11] V. Lozynskyi et al., "Prediction of phase composition and mechanical properties Fe–Cr–C–B–Ti–Cu hardfacing alloys: Modeling and experimental Validations," *Heliyon*, vol. 10, no. 3, p. e25199, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25199.

[12] M. Bembenek et al., "An Analytical–Numerical Model for Determining 'Drill String–Wellbore' Frictional Interaction Forces," *Energies*, vol. 17, no. 2, 2024, doi: 10.3390/en17020301.

13. Роп'як Л. Я. Циклон-фільтр: пат. 128217 Україна. МПК B01D24/46, B01D29/62, B01D21/26, B01D46/30, B01D50/20, B04C9/00; заявл. 01.12.2021. Опубл. 08.05.2024, Бюл. №19/2024.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1798388/>
14. Роп'як Л. Я. Циклон-фільтр для комбінованого очищення газів або рідин: пат. 128217 Україна. МПК B01D24/46, B01D29/62, B01D21/26, B01D46/30, B01D50/20, B04C9/00; заявл. 08.12.2021. Опубл. 08.05.2024, Бюл. №19/2024. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1798373/>
15. Заявка на видачу патента на винахід України № a202406350, МПК B23K11/06, B23K37/02. Пристрій для комбінованого шовного зварювання кільцевих швів оболонкових виробів. Винахідники: Роп'як Любомир Ярославович, Витвицький Василь Степанович, Кустов Віктор Володимирович, Шуляр Богдан Романович. Заявник: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Заявлено 31.12.2024 р.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1835752/>
16. Заявка на видачу патента на винахід України № a202404586, МПК G01N 3/56. Пристрій для випробовування матеріалів на знос в абразивному середовищі з оболонковим засобом створення навантаження. Винахідники: Витвицький Василь Степанович, Бурда Мирославович Йосипович, Роп'як Любомир Ярославович, Шуляр Богдан Романович. Заявник: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Заявлено 23.09.2024 р. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1819384/>
17. Заявка на видачу патента на винахід України № a202404585, МПК G01N3/56. Пристрій для визначення коефіцієнта тертя спокою матеріалів і покриттів для трибологічних пар. Винахідники: Бурда Мирославович Йосипович, Роп'як Любомир Ярославович, Дем'янчук Ярослав Михайлович, Волинський Орест Ігорович. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. Заявлено 23.09.2024 р.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1819383/>
18. Заявка на видачу патента на винахід України № a202202544, МПК G01N3/56. Пристрій для випробовування матеріалів на гідро-/газоабразивний знос. Винахідники: Заміховський Леонід Михайлович, Бурда Мирослав Йосипович, Роп'як Любомир Ярославович, Заміховська Олена Леонідівна, Басова Євгенія Володимирівна, Малінін Володимир Юрійович. Заявник: Винахідники. Заявлено 15.07.2022. Висновок експертизи від 21.11.2024 про державну реєстрацію винаходу. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1698212/>
19. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 130738. Комп'ютерна програма «Оцінка граничного стану лопатевих доліт під час форсованих режимів буріння свердловин», Скорочена назва твору «DrillBitCalculation». Автори: Величкович Андрій Семенович, Винар Тарас Васильович, Роп'як Любомир Ярославович. Дата реєстрації авторського права 15.10.2024. Опубліковано 29.11.2024, бюл. № 84.
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1830870/>
20. Павло Присяжнюк, Міхал Бембенек, Любомир Роп'як, Андрій Коржов. Реставрація робочих поверхонь роторів розмольних агрегатів шляхом електродугового наплавлення. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології у машинобудуванні АТМЕ-2024»., Лютий 05-09, 2024, Івано-Франківськ – Яремче, 2024. С.121-123.
21. Павло Присяжнюк, Міхал Бембенек, Юлія Присяжнюк, Любомир Романишин, Любомир Роп'як. Підвищення зносотривкості сталевих бронепластин для захисту особового складу. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології у машинобудуванні АТМЕ-2024»., Лютий 05-09, 2024, Івано-Франківськ – Яремче, 2024. С.119-121.
22. Віталій Панчук, Павло Присяжнюк, Юлія Медвідь. Установка об'ємного наплавлення порошковим електродом. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології у машинобудуванні АТМЕ-2024»., Лютий 05-09, 2024, Івано-Франківськ – Яремче, 2024. С.114-115.
23. Олександр Іванов, Павло Присяжнюк, Сергій Мариненко, Людмила Бодрова, Галина Крамар, Ігор Коваль. Термодинамічне моделювання фазового складу багатокомпонентної системи на основі Fe-Me-C-B. Матеріали I-ї Міжнародної науково-технічної конференції «ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА» присвяченої 80-ти

річчю з дня народження професора Ч.В. Пульки, 2024»., Червень 06-07, 2024, Тернопіль, 2024. С.346-349.

24. Циклон-фільтр. Патент на винахід № 128217. Опубл. 08.05.2024. Бюл. № 48. Роп'як Л. Я. Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття: щорічний каталог найвагоміших винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій Галицьких Кмітливців. Довід. вид. / Редакційна колегія Б.І. Середюк та ін. – Івано-Франківськ, 2024. С. 61-63. ISBN 978-966-2549-14-0.

25. Циклон-фільтр для комбінованого очищення газів або рідин. Патент на винахід № 128218. Опубл. 08.05.2024. Бюл. № 48. Роп'як Л. Я. Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття: щорічний каталог найвагоміших винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій Галицьких Кмітливців. Довід. вид. / Редакційна колегія Б.І. Середюк та ін. – Івано-Франківськ, 2024. С. 64-67. ISBN 978-966-2549-14-0.

26 Захист дисертації на здобуття ступеня доктора технічних наук Присяжнюк П.М. (тема дисертації: Наукові основи формування зносоударотривких покриттів системи «високомарганцева сталь –тугоплавкі сполуки» електродуговим наплавленням), ДД013562, 2024р., Національний університет «Львівська політехніка», спеціальність, (05.02.01) Матеріалознавство.

27 Захист магістерської роботи Середюк О.Т. (група ПМКм-23-1) (тема: Дослідження впливу технологічних параметрів фрикційного поверхневого зміцнення на стан поверхні та точність нарізи), 2024р., Івано-Франківський національний університет нафти і газу, спеціальність, (131) Прикладна механіка. Керівник – професор кафедри КМВ Роп'як Л.Я.

28 Захист бакалаврської роботи Кернякевич Т.М. (група ПМ-20-1) (тема: Проектування установки для випробовування матеріалів на зношування по незакріпленому абразиву з розробленням технологічного процесу виготовлення вала), 2024р., Івано-Франківський національний університет нафти і газу, спеціальність, (131) Прикладна механіка. Керівник – професор кафедри КМВ Роп'як Л.Я.

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Чудик Ігор Іванович

д. т. н., 05.15.10

Перелік осіб-виконавців

Бандура Андрій Іванович

(д. ф.-м. н., професор, 01.01.01)

Бурда Мирослав Йосипович

Величкович Андрій Семенович

(к. т. н., доц., 05.05.12)

Вірстюк Андрій Богданович

Коржов Андрій Васильович

Криштопа Святослав Ігорович

(д. т. н., професор)

Медвідь Юлія Василівна

Назаренко Костянтин Миколайович

(02.00.03)

Пригоровська Тетяна Олексіївна

(к. т. н.)

Присяжнюк Павло Миколайович

(д. т. н., доц., 05.02.01)

Присяжнюк Юлія Яремівна

Прунько Ігор Богданович

(к. т. н., доц.)

Роп'як Любомир Ярославович

(д. т. н., професор, 05.02.08)

Рябко Галина Федорівна

Семисюк Олександра Георгіївна

Тирлич Максим Володимирович

Харлов Андрій Геннадійович

Шацький Іван Петрович

(д. ф.-м. н., професор, 01.02.04)

Шлапак Любомир Степанович

(д. т. н., професор)

Відповідальний за підготовку облікових документів

Рябко Галина Федорівна

Телефон

+38 (095) 041-46-83

Реєстратор

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна